

Uno sguardo all'aria 2019





Relazione annuale sui dati rilevati dalla rete metropolitana di monitoraggio della qualità dell'aria

Anno 2019

Testi ed elaborazioni a cura di:

Città metropolitana di Torino – Dipartimento Ambiente e Vigilanza ambientale:

A. Bertello.

ARPA Piemonte - Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest:

C. Bussi, A. Bruno, E. Calderaro, L. Gerosa, D. Marangon, L. Milizia, M. Sacco, V. Torchio.

ARPA Piemonte - Dipartimento Sistemi Previsionali:

F. Lollobrigida, M. Nicoletta, S. Bande, D. Gandini.

Hanno collaborato alla gestione della rete di monitoraggio, all'acquisizione dei dati ed alle attività analitiche:

ARPA Piemonte - Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest

F. F. Pitasi, S. Bertero, C. Bugnone, M. Carrera, S. Cerrato, I. Coretti, C. Duretti, G. Gallina, P. Giansanti, G. Prano, F. Romeo, P. Rosina, R. Sergi, D. Simondi, V. Zulian

CSI Piemonte

Il personale tecnico della Sala Ambiente della Regione Piemonte presso il CSI Piemonte.

Si ringrazia la Regione Piemonte per i dati di composizione del parco veicolare

O. Munafò.

Copertina

Martina Uccisella, "Garibaldi" 2019

INDICE

SOMMARIO	7
LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO	8
MONOSSIDO DI CARBONIO.....	11
DESCRIZIONE	11
ESAME DEI DATI	11
BIOSSIDO D'AZOTO.....	13
DESCRIZIONE	13
ESAME DEI DATI	13
BIOSSIDO DI ZOLFO	18
DESCRIZIONE	18
ESAME DEI DATI	18
OZONO	20
DESCRIZIONE	20
ESAME DEI DATI	21
BENZENE.....	29
DESCRIZIONE	29
ESAME DEI DATI	29
PARTICOLATO SOSPESO	31
DESCRIZIONE	31
ANALISI DELLE SERIE STORICHE DI PARTICOLATO IN DUE SITI URBANI DI TRAFFICO E DI BACKGROUND.	36
L'ANDAMENTO ORARIO DEL PARTICOLATO IN DUE SITI URBANI DI TRAFFICO E DI BACKGROUND.	38
PARTICELLE SOSPENSE TOTALI.....	42
IL BLACK CARBON IN PIEMONTE	45
INTRODUZIONE	45
LE MISURE	45
STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI	53
INTRODUZIONE	53
ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2019.....	53
ANALISI DELLA SERIE STORICA	59
CONCLUSIONI.....	61
MUTAGENICITÀ DEL PM2,5	62
DESCRIZIONE	62
ESAME DEI DATI	63
CONSIDERAZIONI FINALI	67
METALLI	68
DESCRIZIONE	68
ESAME DEI DATI	69
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	75
DESCRIZIONE	75
ESAME DEI DATI	76
DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE "BULK" DI IPA E METALLI NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO	80
DESCRIZIONE	80
ESAME DEI DATI	81
CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2019	92
IL CLIMA DEL 2019	93
I DATI METEO MISURATI NEL 2019.....	109
L'INDICE "NUMERO DI GIORNI FAVOREVOLI ALL'ACCUMULO DI PM10"	114
EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE	116
I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE	116
IL PARCO VEICOLARE NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO	117
IL PROTOCOLLO ANTISMOG NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO	122
I PROVVEDIMENTI SUL TRAFFICO VEICOLARE	122

SOMMARIO

I dati rilevati nel 2019, complice una meteorologia particolarmente favorevole, confermano il miglioramento della qualità dell'aria registrato nel 2018. Permangono però, in particolare nell'area urbana torinese, le note difficoltà a rispettare i limiti di legge più severi: il valore limite giornaliero per il PM10, il valore limite annuale per il biossido di azoto e il valore obiettivo per l'ozono.

Dei 12 inquinanti per i quali sono stabiliti valori di riferimento, 9 - monossido di carbonio (CO), biossido di zolfo (SO₂), benzene, metalli (Pb, As, Cd, Ni), benzo(a)pirene e PM_{2,5} - hanno rispettato nel 2019 i valori limite e obiettivo su tutto il territorio metropolitano.

Relativamente al PM10 nel 2019, come nel 2018, è stato rispettato il valore limite annuale (40 µg/m³) in tutte le stazioni della rete di monitoraggio. Per quanto riguarda il numero di superamenti del valore giornaliero (50 µg/m³ da non superare più di 35 volte all'anno), che è sicuramente un limite più severo, il mancato rispetto è avvenuto in 11 stazioni su 18. È importante rilevare che le stazioni fondo urbano della città di Torino hanno presentato un numero di superamenti prossimo al valore limite e che i siti di traffico presentano ovunque maggiori criticità.

Il valore limite annuo del biossido di azoto (NO₂) (40 µg/m³) è stato superato in 3 stazioni su 19 (erano 3 su 19 nel 2018 5 su 19 nel 2017). In nessuna stazione è stato raggiunto il valore limite di 18 superamenti della soglia oraria (200 µg/m³).

L'ozono (O₃) conferma la sua criticità nei mesi estivi su tutto il territorio metropolitano. Il valore obiettivo per la protezione della salute è stato superato in tutti i punti di misura con l'eccezione della stazione di Ceresole Reale.

I dati rilevati nel 2019, pur continuando a mostrare la difficoltà del nostro territorio a rispettare i valori limite più severi, sono stati fra i migliori mai osservati insieme a quelli del 2018, anche grazie a una climatologia particolarmente favorevole nei mesi di ottobre, novembre e dicembre.

Le serie storiche di tutti gli inquinanti per i quali non si rispettano ancora i valori limite e obiettivo (PM10, NO₂, BaP e O₃) mostrano continuità nei miglioramenti (FIGURA 1), quelle degli altri inquinanti confermano l'ampio rispetto dei valori limite e obiettivo.

La variabilità meteorologica, riassunta nell'indice "numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti" (FIGURA 94), giustifica in modo abbastanza evidente le basse concentrazioni osservate nel 2019. Il 2019 è stato infatti l'anno con il valore di questo indicatore più basso di tutta la serie storica a disposizione. I risultati ottenuti in termini di riduzione delle concentrazioni potrebbero pertanto essere accentuati da questo fenomeno.

Le serie storiche degli inquinanti certificano l'efficacia delle misure di riduzione delle emissioni adottate nel corso degli anni ma, contestualmente, evidenziano ancora problematiche irrisolte. Occorre ancora insistere con determinazione nelle azioni di risanamento della qualità dell'aria e adottare nuove misure per garantire il rispetto dei limiti nel più breve tempo possibile.

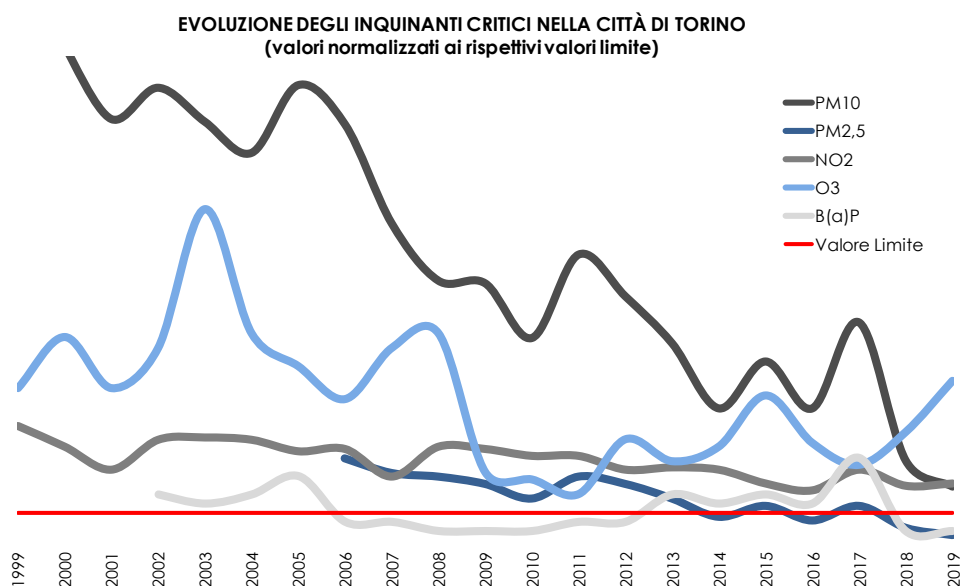


FIGURA 1: evoluzione degli inquinanti nella città di Torino.

LA RETE DI MONITORAGGIO DELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Sacco (Arpa Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest)

La rete di monitoraggio della qualità dell'aria, operante sul territorio della Città metropolitana di Torino e gestita da Arpa Piemonte, è composta da 18 postazioni fisse di proprietà pubblica, da 3 stazioni fisse di proprietà privata e da un mezzo mobile per la realizzazione di campagne di rilevamento della qualità dell'aria. Tutte le postazioni sono collegate attraverso linee telefoniche al centro di acquisizione dati e trasmettono con cadenza oraria i risultati delle misure effettuate, permettendo così un costante controllo dei principali fattori che influenzano la qualità dell'aria. L'elenco delle stazioni di misura, la loro ubicazione e i parametri misurati sono riportati in TABELLA 1.

Nella TABELLA 1 dopo PM10/PM2,5 si trova in alcuni casi l'indicazione "beta (β)" in relazione al metodo di misura utilizzato. Ciò sta a indicare che la misura è effettuata tramite un analizzatore automatico, per cui il dato di concentrazione media di PM10 o PM2,5 riferita a un determinato giorno dell'anno è disponibile nella giornata immediatamente successiva; con questo tipo di analizzatori non è però possibile determinare quei componenti del particolato, in particolare idrocarburi policiclici aromatici e metalli, per i quali la normativa, in relazione alla loro rilevanza tossicologica, prevede specifici valori limite.

Quando invece non vi è alcuna indicazione la misura è effettuata mediante il prelievo del particolato su appositi filtri e una successiva determinazione di laboratorio, per cui il dato è disponibile solo alcuni giorni dopo il termine del prelievo. Le procedure interne di Arpa Piemonte prevedono che il dato di PM10 o PM2,5 sia disponibile entro 12 giorni dal prelievo nel periodo novembre-aprile e entro 18 giorni dal prelievo negli altri mesi. Questo tipo di determinazione, a differenza della prima, permette l'analisi della composizione del particolato.

La collocazione sul territorio delle postazioni di misura (FIGURA 2) è un fattore fondamentale per effettuare un efficace monitoraggio della qualità dell'aria. I luoghi prescelti devono essere rappresentativi della tipologia di sito individuato. Una corretta collocazione dei punti di misura permette così di ottenere indicazioni estremamente rappresentative sulla qualità dell'aria. Un aumento dei punti di monitoraggio porterebbe quasi sicuramente all'effettuazione di misure ridondanti e, visti gli elevatissimi costi di acquisto e di gestione delle reti di monitoraggio, comporterebbe una spesa difficilmente sostenibile dalle amministrazioni pubbliche e sicuramente non giustificata in relazione ai risultati ottenuti.

La rete di monitoraggio è completata da una stazione mobile di rilevamento, la cui peculiarità risiede nella possibilità di poter essere collocata ovunque si ritenga necessario realizzare brevi campagne di monitoraggio, permettendo di effettuare valutazioni sulla qualità dell'aria in tutte quelle zone non direttamente interessate dalla rete fissa. Il laboratorio mobile fornisce, in questo senso, un valido supporto nella valutazione dello stato ambientale, in previsione della costruzione di nuovi insediamenti produttivi o di modifiche della rete viaria, offrendo significativi elementi per una corretta pianificazione delle opere strutturali o per la definizione di interventi volti alla riduzione dell'intensità dei fenomeni di inquinamento.

Tutti i siti monitorati sono oggetto di specifiche relazioni tecniche curate dal Dipartimento ARPA di Torino; copia delle relazioni è disponibile sia presso tale Dipartimento che presso l'Area Risorse Idriche e Qualità dell'Aria della Città Metropolitana di Torino e sono scaricabili via internet agli indirizzi:

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/rete-monitoraggio/relazioni-campagne-rilevamento>

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/aria/relazioni-mezzo-mobile/elenco-relazioni-qualita-aria>

STAZIONE	INDIRIZZO	PARAMETRI	TIPOLOGIA
Baldissero (GDF)(1)	Str. Pino Torinese, 1 – Baldissero	NO _x , O ₃ , CO, PM10 _β , Deposimetro IPA	Fondo-rurale
Beinasco (TRM) (1)	Via San Giacomo c/o giardino pubblico Aldo Mei - Beinasco	NO _x , PM10, PM10 _β , PM2,5 _β , BTX, Campionatore PCDD/DF, Deposimetro Metalli/IPA, Deposimetro Hg, Deposimetro PCDD/DF, Misuratore mercurio gassoso	Fondo-suburbano
Borgaro	Via Italia c/o Giardini dei Caduti Borgaresi – Borgaro	NO _x , O ₃ , PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	Fondo-suburbano
Carmagnola	P.zza I Maggio– Carmagnola	NO _x , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-urbano
Ceresole Reale	c/o cent. Idroelettrica - Ceresole	NO _x , O ₃ , PM10 _β , PM2,5 _β , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-rurale
Chieri	c/o Scuola Infanzia B.go Venezia Via Bersezio– Chieri	NO _x , O ₃ , PM10 _β , PM2,5 _β , PM2,5	Fondo-suburbano
Collegno	C.so Francia, 137 - Collegno	NO _x , PM10	Traffico-urbano
Druento	parco La Mandria c/o cascina Peppinella – Druento	NO _x , O ₃ , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo rurale
Ivrea	Viale della Liberazione, 1 – Ivrea	NO _x , O ₃ , PM10, PM10 _β , PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-suburbano
Leinì (GDF) (1)	Via Vittime di Bologna, 12 - c/o Grande Torino - Leinì	NO _x , O ₃ , CO, PM10 _β , PM2,5 _β	Fondo-suburbano
Mezzo Mobile		NO _x , O ₃ , CO, PM10, PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX	
Orbassano	Via Riesi c/o Complesso Sportivo Comunale – Orbassano	NO _x , O ₃	Fondo-suburbano
Oulx	Via Roma angolo via Des Moines – Oulx	NO _x , CO, PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-suburbano
Pinerolo	P.zza III Alpini, 1 – Pinerolo	PM10 _β	Fondo-urbano
Settimo T.se	Via Milano, 31 – Settimo	NO _x , PM10, PM2,5, BTX, B(a)P	Traffico-urbano
Susa	P.zza della Repubblica – Susa	NO _x , O ₃ , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Fondo-suburbano
To-Consolata	Via Consolata, 10 – Torino	NO _x , CO, SO ₂ , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PTS	Traffico-urbano
To-Grassi	Via P.Veronese ang. via Reiss Romoli c/o ITIS Grassi – Torino	PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P	Traffico-urbano
To-Lingotto	Viale Augusto Monti, 21 zona Lingotto – Torino	NO _x , O ₃ , PM10-PM10 _β , PM2,5, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, BC, NH ₃	Fondo-urbano
To-Rebaudengo	P.zza Rebaudengo, 23 - Torino	NO _x , CO, SO ₂ , (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PM10 _β , PM2,5 _β	Traffico-urbano
To-Rubino	Via Edoardo Rubino c/o giardini Rubino - Torino	NO _x , O ₃ , PM10, (As-Cd-Ni-Pb), B(a)P, BTX, PM10 _β orario, PM2,5 _β orario	Fondo-urbano
Vinovo	via Garibaldi ang. via Volontari Italiani – Vinovo	NO _x , O ₃ , BTX	Fondo-suburbano

(1) stazione di proprietà di Ente privato gestita da Arpa Piemonte

TABELLA 1: elenco delle stazioni di monitoraggio, ubicazione e parametri misurati.

CODICE PARAMETRO	DESCRIZIONE
As-Cd-Ni-Pb	Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo
B(a)P	Benzo(a)pirene
BC	Black Carbon
BTX	Benzene, toluene, xilene
CO	Monossido di carbonio
NH ₃	Ammoniaca
NO _x	Ossidi di azoto
O ₃	Ozono
PM10	Particolato sospeso < 10 μm
PM10 _β	Particolato sospeso < 10 μm metodo automatico a radiazione β
PM2,5	Particolato sospeso < 2,5 μm
PM2,5 _β	Particolato sospeso < 2,5 μm metodo automatico a radiazione β
PTS	Polveri totali sospese
SO ₂	Biossido di zolfo

TABELLA 2: descrizione dei codici dei parametri.

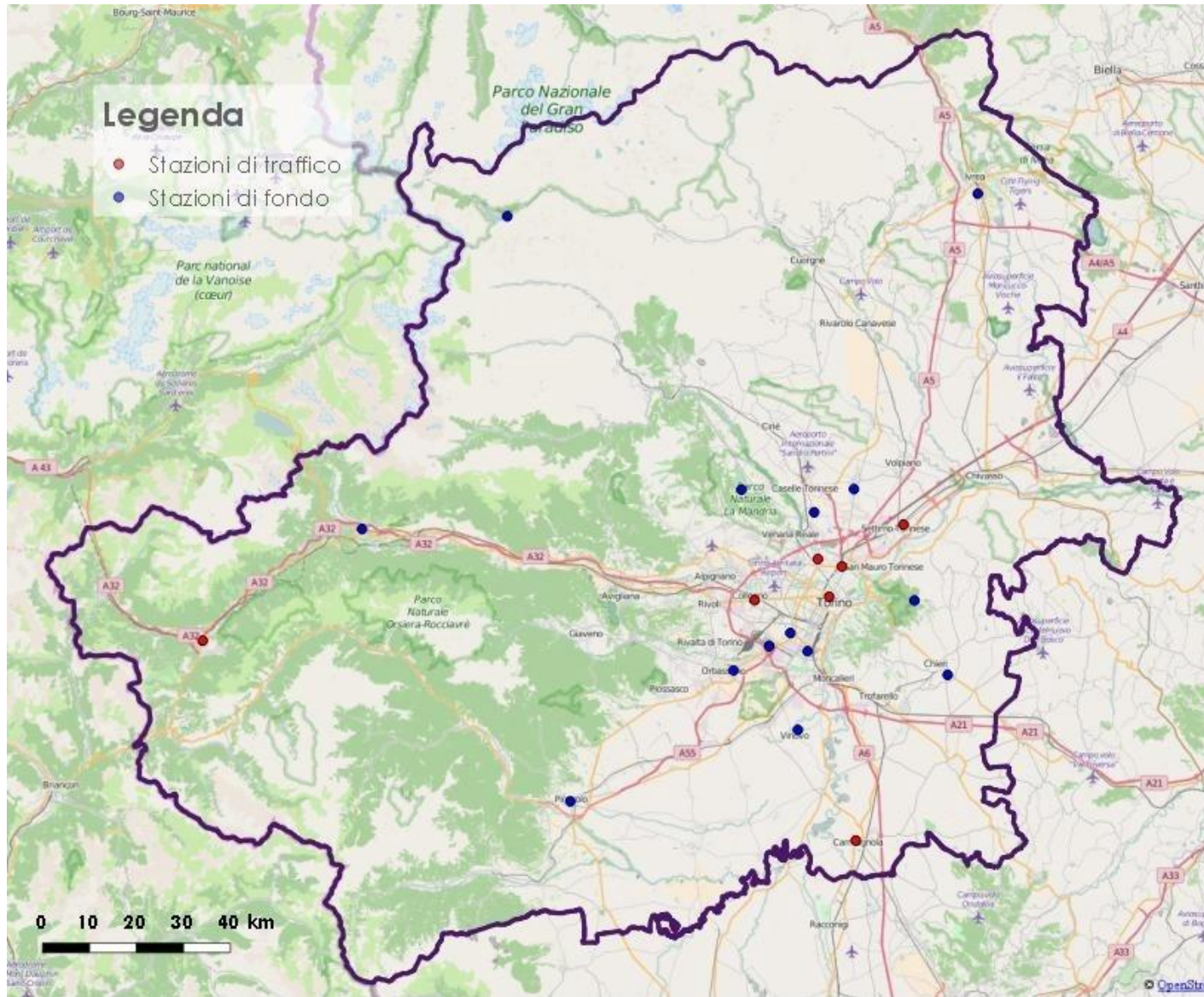


FIGURA 2: disposizione delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria.

MONOSSIDO DI CARBONIO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

DESCRIZIONE

Il carbonio, legandosi all'ossigeno, forma due composti (ossidi): il monossido di carbonio (CO) ed il biossido di carbonio (CO₂).

E' un elemento molto comune in natura, sia allo stato elementare sia allo stato combinato negli idrocarburi, nel calcare, nella dolomite e nei carboni fossili.

Il CO è l'unico inquinante gassoso per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m³), a differenza degli altri parametri inquinanti misurati in µg/m³ o in ng/m³ in quanto presenti in minore concentrazione in aria ambiente.

Il monossido di carbonio è un gas inodore ed incolore ed è prodotto principalmente dalla combustione incompleta dei combustibili organici (carbone, olio, legno, carburanti).

La principale sorgente di CO è rappresentata dai gas di scarico dei veicoli a benzina funzionanti a regimi di motore al minimo ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato.

Il CO ha la proprietà di fissarsi all'emoglobina del sangue impedendo il normale trasporto dell'ossigeno nelle varie parti del corpo ed ha nei confronti dell'emoglobina un'affinità 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno. Il composto che si genera (carbossi-emoglobina) è estremamente stabile. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale ed il sistema cardiovascolare, soprattutto nelle persone affette da cardiopatie.

Concentrazioni elevatissime di CO possono anche condurre alla morte per asfissia.

I valori limite definiti dalla normativa vigente sono riportati nella TABELLA 3.

VALORE LIMITE ¹		
Periodo di mediazione	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	1 gennaio 2005

TABELLA 3: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il monossido di carbonio.

ESAME DEI DATI

I dati relativi al 2019 evidenziano concentrazioni medie annuali comprese fra 0,4 e 0,7 mg/m³.

Viene confermato il rispetto del limite di protezione della salute umana di 10 mg/m³, calcolato come media mobile trascinata su otto ore (D.Lgs. 155/2010). Il valore massimo della media calcolata su 8 ore è di 2,8 mg/m³ e si attesta ben al di sotto del valore limite.

A partire dai primi anni '80 fino al 2008 le misurazioni di CO evidenziano concentrazioni medie nella stazione di To-Rebaudengo, che rappresenta un hot spot di traffico, in nettissimo calo (FIGURA 3). Questa riduzione è dovuta allo sviluppo della tecnologia dei motori per autotrazione ad accensione comandata e all'introduzione del trattamento dei gas esausti tramite i convertitori catalitici.

Dal 2005 (TABELLA 4) le concentrazioni medie annuali misurate nella stazione di To-Rebaudengo sono sostanzialmente stabili e si attestano su valori di circa 1,3 mg/m³. Negli ultimi due anni le concentrazioni sono ulteriormente diminuite fino a raggiungere il valore di 0,7 mg/m³ nel 2019. Non si sono registrati negli ultimi 10 anni superamenti del valore limite per la protezione della salute umana.

¹ Valore limite: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, incluse quelle relative alle migliori tecnologie disponibili, al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato (D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 - Art.2, comma 1, lett. h)

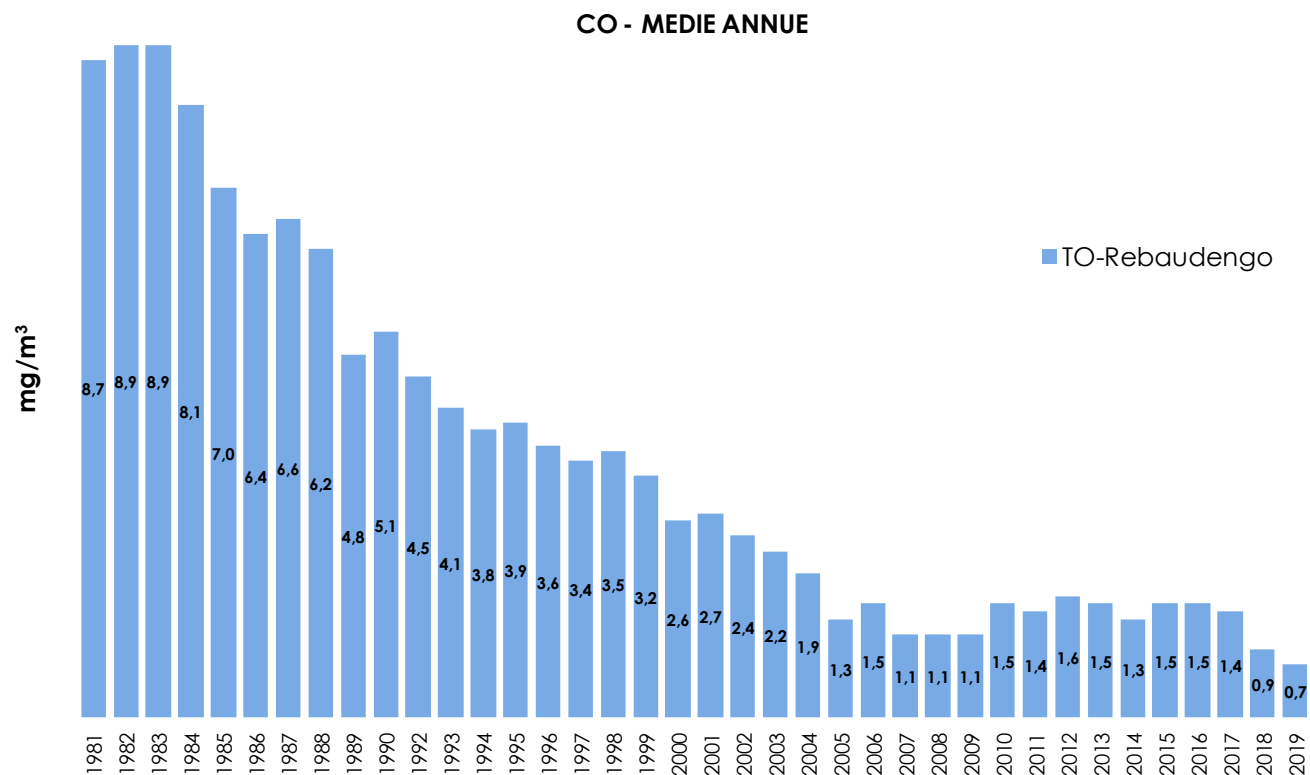


FIGURA 3: parametro CO, concentrazioni medie annuali rilevate presso la stazione di To-Rebaudengo dal 1981 al 2019.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2019 (% dati validi)	Media Annuale mg/m³									Valore limite Numero di giorni con la media massima calcolata su 8 ore superiore a 10 mg/m³									Valore massimo delle medie calcolate su 8 ore mg/m³											
		'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19
Baldissero	93%	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	1,4	1,3	1,1	1	1,2	1,1	1,1	1,0	1,2
Leini	95%	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	0,4	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	2,4	2,5	2,3	2,1	2	1,9	1,7	1,6	2,1
Oulx	88%	0,5*	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5*	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	1,5*	1,7	1,7	1,9	1,8	1,8	1,5	2,3	1,5	1,8*
To-Consolata	83%	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,5	1,2	1,1	0,7	0,5*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	3,6	5,1	4,4	3	3,4	3,8	3,3	4,5	2,9	2,8*
To-Rebaudengo	99%	1,5	1,4	1,6	1,5	1,3	1,5	1,5	1,4	0,9	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,6	4,8	4,4	4	3,2	3,1	3,6	4,0	2,4	2,1

*La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal D.Lgs. 155/2010 (90%)

TABELLA 4: dati relativi alle stazioni di monitoraggio del monossido di carbonio.

BIOSSIDO D'AZOTO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

DESCRIZIONE

Gli ossidi di azoto (N₂O, NO, NO₂ ed altri) sono generati in tutti i processi di combustione (veicoli, centrali termiche, riscaldamento domestico...) quando viene utilizzata aria come comburente (in relazione alla reazione tra ossigeno e azoto ad alta temperatura) e quando i combustibili contengono azoto come nel caso delle biomasse.

Il biossido di azoto (NO₂) è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche che portano alla formazione di sostanze inquinanti (ad esempio l'ozono), complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico".

Un contributo fondamentale all'inquinamento da biossido di azoto e derivati fotochimici è dovuto, nelle città, ai fumi di scarico degli autoveicoli.

Il biossido di azoto è un gas tossico, irritante per le mucose, ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzioni delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni). Recenti studi effettuati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità hanno associato eventi quali mortalità, ricoveri ospedalieri e sintomi respiratori, con l'esposizione a breve e lungo termine al biossido di azoto in concentrazioni pari o al di sotto degli attuali valori limite UE.

Gli ossidi di azoto contribuiscono alla formazione delle piogge acide e favoriscono l'accumulo di nitrati nel suolo che possono provocare alterazione di equilibri ecologici ambientali.

I valori limite, il livello critico e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente per NO₂ e NO_x sono riportati nella TABELLA 5.

VALORE LIMITE		
Periodo di mediazione	(293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore limite
1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per anno civile	1 gennaio 2010
Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂	1 gennaio 2010
LIVELLO CRITICO ²		
Periodo di mediazione	(293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del livello critico
Anno civile	30 µg/m ³ NO _x	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME ³		
400 µg/m ³ (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km ² oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi.		

TABELLA 5: D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155, valori limite per gli ossidi di azoto.

ESAME DEI DATI

I dati misurati nel corso del 2019 mostrano, come avvenuto l'anno precedente, che il valore limite annuale per la protezione della salute è stato superato in 3 stazioni su 19. Le 3 stazioni che non rispettano il limite annuale sono collocate nell'area urbana torinese in siti di traffico con flussi veicolari significativi o in situazioni di canyon urbano. Relativamente alla verifica del rispetto del valore limite orario, i risultati dei monitoraggi evidenziano che tale limite è stato rispettato in tutte le stazioni operative sul territorio metropolitano.

La FIGURA 4 presenta l'andamento storico delle concentrazioni a Torino nel periodo 1991 al 2019, sono riportate le medie annuali misurate in due stazioni del capoluogo, To-Lingotto, stazione di fondo urbano, e To-Rebaudengo, caratterizzata da intenso traffico veicolare. Si rileva sul lungo periodo una generale tendenza alla diminuzione della concentrazione di NO₂ che però sembrava essersi arrestata nel corso degli ultimi anni con concentrazioni medie annue che oscillano intorno al valore di 70 µg/m³ nella stazione di traffico e in prossimità del valore limite (40 µg/m³) nella stazione di fondo. Il 2018 e il 2019 presentano invece un significativo miglioramento per la stazione di traffico

² Livello critico: livello fissato in base alle conoscenze scientifiche, oltre il quale possono sussistere effetti negativi diretti su recettori quali gli alberi, le altre piante o gli ecosistemi naturali, esclusi gli esseri umani (D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 - Art.2, comma 1, lett. i);

³ Soglia di allarme: livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati (D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155 - Art.2, comma 1, lett. n);

e, anche se in misura minore, per la stazione di fondo rispetto alla media del quinquennio 2013-2017. Questo accentuato miglioramento, riscontrabile anche negli altri punti di misura del territorio metropolitano, si ritiene sia però in parte attribuibile alle condizioni meteorologiche degli ultimi 2 anni che presentano un numero minimo di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti (FIGURA 94 e FIGURA 95). Si osserva che solo mese di gennaio 2019 è stato particolarmente severo, con un numero di giorni critici particolarmente elevato. I mesi di ottobre novembre e dicembre hanno invece avuto un numero di giorni favorevoli all'accumulo degli inquinanti particolarmente basso, inferiore al minimo degli ultimi 12 anni, con precipitazioni superiori alla media del periodo storico di riferimento sia in termini di intensità che di frequenza. Non si è pertanto verificata negli ultimi mesi del 2019 quella condizione di prolungata stabilità meteorologica, tipica dell'inverno padano, che è responsabile delle elevate concentrazioni di inquinanti.

In generale il decremento del NO₂ non è equivalente a quello registrato per altri inquinanti quali, CO, benzene, piombo e in misura minore PM10, per i quali la riduzione è stata molto più consistente. La diffusione dei veicoli diesel e i problemi emissivi di questa motorizzazione, che non è stata in grado di rispettare gli standard di omologazione nelle condizioni di guida reali, è sicuramente la causa principale del perdurare della situazione di criticità di questo inquinante.

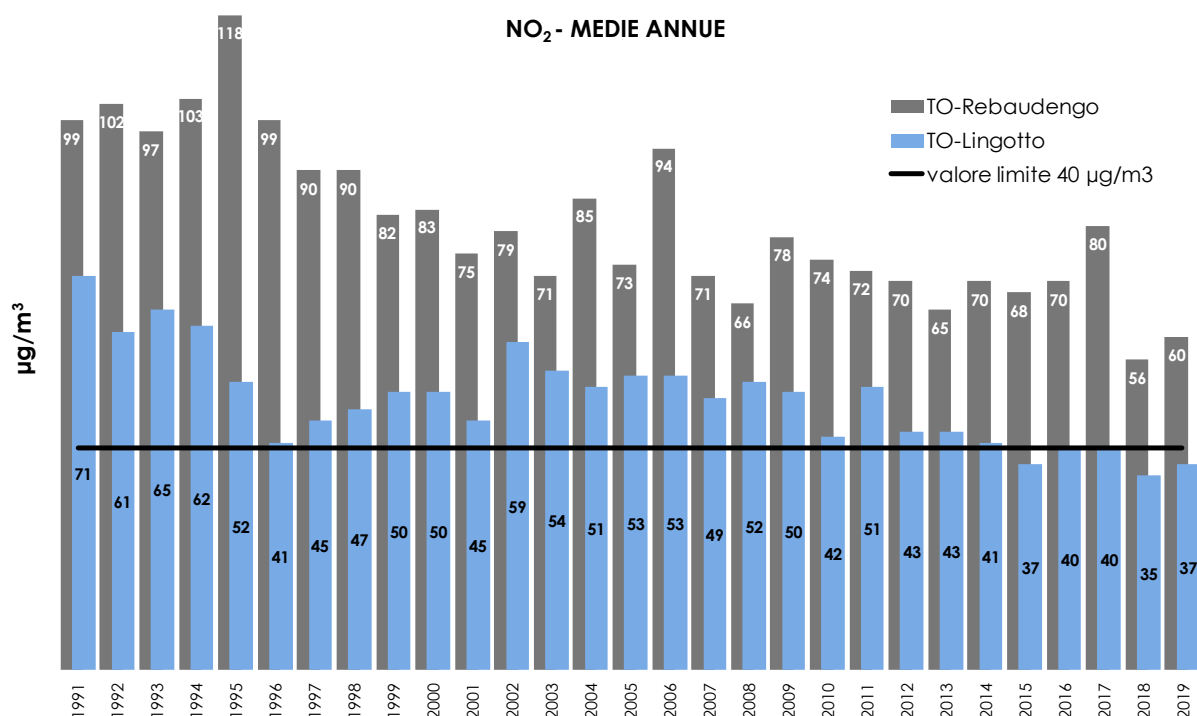


FIGURA 4: parametro NO₂, andamento storico delle medie annuali, stazioni di To-Lingotto e To-Rebaudengo.

Quello che inoltre si osserva dal grafico in FIGURA 4 è una significativa differenza fra le concentrazioni medie annue misurate all'interno della città capoluogo, che di fatto possono quasi raddoppiare fra quanto misurato in un parco urbano e quanto misurato in prossimità di una strada molto trafficata. Per fornire una rappresentazione più approfondita di questa variabilità nelle figure successive (FIGURA 5, FIGURA 6 e FIGURA 7 si riportano gli andamenti storici dei valori massimi, minimi e medi misurati rispettivamente in tutte le stazioni operanti nella città metropolitana di Torino, in quelle dell'agglomerato urbano (Torino e prima cintura), e in quelle esterne all'area urbana torinese.

La variabilità sul territorio provinciale è assolutamente evidente con concentrazioni medie annue che nel 2019 oscillano fra il valore minimo di 6 µg/m³ e il valore massimo di 60 µg/m³. La stessa tipologia di grafico suddivisa fra stazioni dell'agglomerato urbano e stazioni esterne ci consegna una rappresentazione molto diversa, un agglomerato con valori alti e mediamente prossimi o al di sopra del valore limite di 40 µg/m³ e un'area esterna che, con poche eccezioni riconducibili a siti di traffico intenso, rispetta invece i limiti normativi negli ultimi 10 anni.

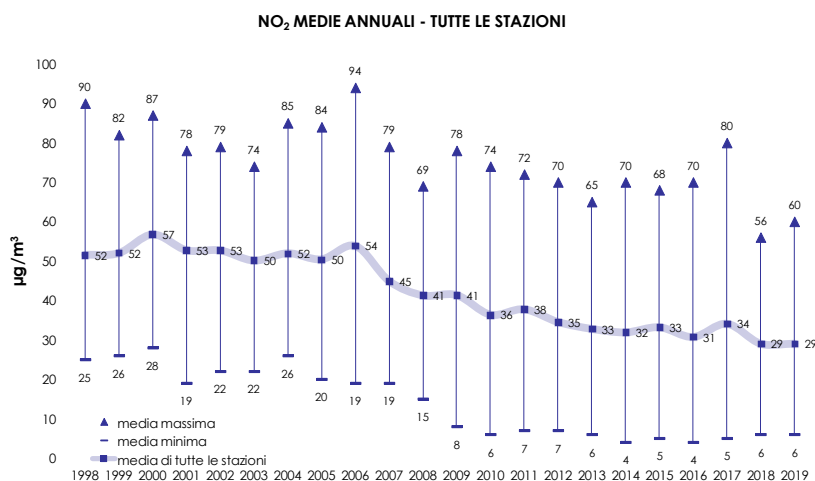


FIGURA 5: parametro NO₂, andamento storico dei valori massimi, minimi e medi di tutte le stazioni operanti nella città metropolitana di Torino.

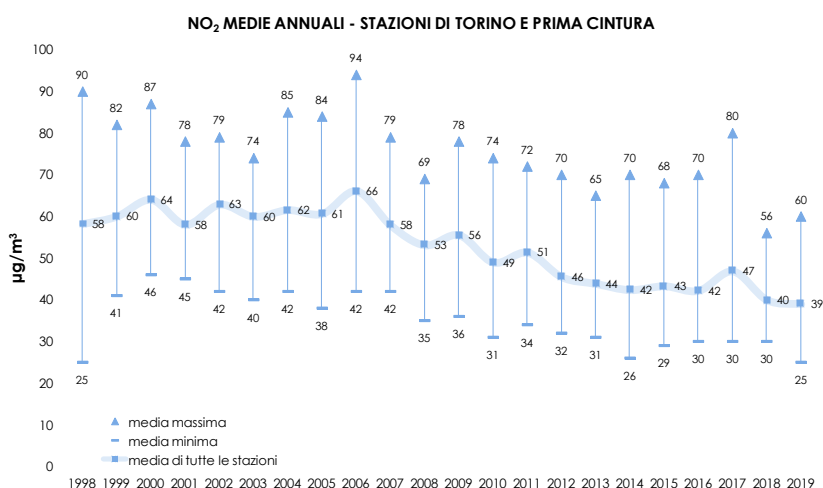


FIGURA 6: parametro NO₂, andamento storico dei valori massimi, minimi e medi di tutte le stazioni operanti nella città di Torino e nella prima Cintura.

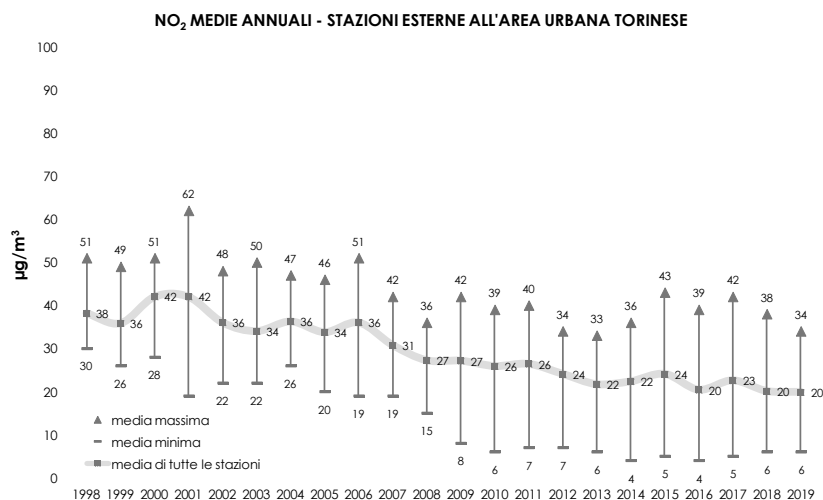


FIGURA 7: parametro NO₂, andamento storico dei valori massimi, minimi e medi di tutte le stazioni esterne all'area urbana Torinese.

Un'ulteriore ripartizione fra stazioni di traffico FIGURA 8 e stazioni di fondo FIGURA 9 del capoluogo evidenzia in modo ancora più chiaro la situazione. Le aree direttamente interessate da traffico veicolare sono stabilmente posizionate al di sopra del valore limite, le aree residenziali e di fondo presentano valori molto omogenei e con medie ovunque inferiori al valore limite negli ultimi 2 anni. Quest'ultimo aspetto evidenzia che l'inquinamento da biossido di azoto è intenso nelle aree prossime alle maggiori arterie viarie con elementi di forte criticità all'interno della conurbazione torinese. In relazione all'elevato numero di popolazione esposta è pertanto necessario che le misure di risanamento previste dalla pianificazione nazionale e regionale, in particolare la limitazione della circolazione dei veicoli più inquinanti e l'installazione di generatori di calore a basse emissioni, siano adottate tempestivamente e in modo omogeneo e diffuso su tutta l'area urbana torinese.

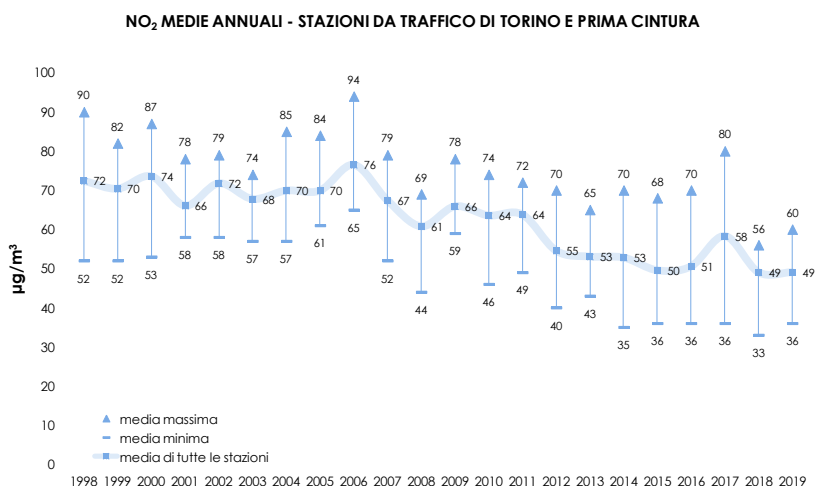


FIGURA 8: parametro NO₂, andamento storico dei valori massimi, minimi e medi di tutte le di traffico della conurbazione torinese.

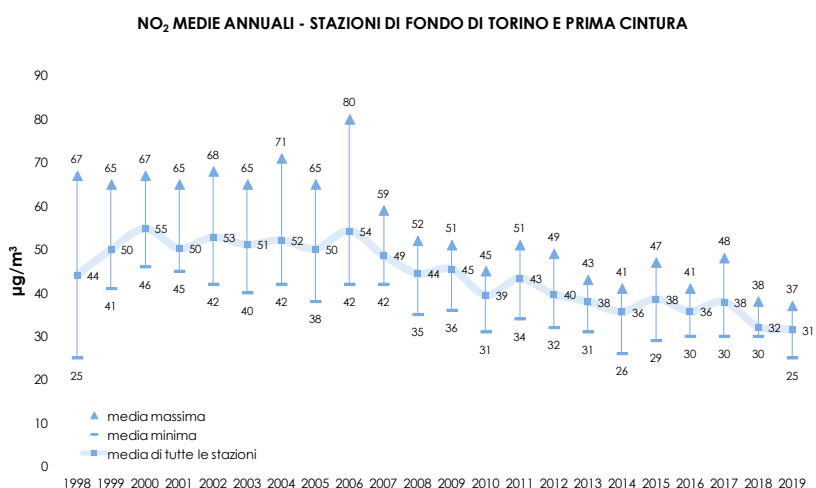


FIGURA 9: parametro NO₂, andamento storico dei valori massimi, minimi e medi di tutte le di traffico della conurbazione torinese.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2018 (% dati validi)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana (40 µg/m³)										Valore limite orario per la protezione della salute (Numero di superamenti del valore di 200 µg/m³ come media oraria)									
		Media Annuale (µg/m³)																			
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Baldissero	97%	20	20	16	12	14	14	12	15	11	15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Beinasco TRM(6)	100%				41	38	47	41	48	38	31				0	0	0	0	0	0	1
Borgaro	99%	31	34	32	31	26	29	30	30	30	25	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Carmagnola	92%			79		36	38	39	42	38	34			7		0	0	1	0	0	0
Ceresole reale	93%	6	7	7	6	4	5	4	5	6	6	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0
Chieri(1)	96%	39	39	33	28	23	25	19	23	20	21	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Collegno	99%			40*	44	47	36	46	58	53	46			0*	5	0	0	4	6	0	0
Druento	97%	16	18	18	12	14	16	11	12	12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ivrea	94%	26	29	25	25	24	26	23	25	22	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leini	93%	32	30	28	33	31	31	24	32	25	23	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Orbassano	99%	37	39	35	32	32	35	32	34	30	31	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Oulx	99%	21	20	21	21	21	20	18	17	19	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Settimo	99%	46	49	49*	43	35	41	36	36	33	36	2	3*	12*	0	0	0	0	0	0	0
Susa	98%	24	23	22	19	20	22	20	19	16	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
To-Consolata	98%	65	65	59	60	59	53	50	59	52	53	5	5	3	5	1	1	0	1	0	0
To-Lingotto	90%	42	51	43*	43	41	37	40	40	35	37	0	4	0*	0	0	0	5	0	0	0
To-Rebaudengo	77%	74	72	70	65	70*	68	70	80	56	60*	15	10	13	31	0*	21	28	25	1	11*
To-Rubino	99%	44	50	49	42	39	44	35	37*	31	33	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0
Vinovo	98%	35	40	34	31	30	43	33	35	26*	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0

(1) stazione spostata da corso Buozzi a via Bersezio il 21/12/2011

* La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 6: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di azoto.

BIOSSIDO DI ZOLFO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

DESCRIZIONE

Il biossido di zolfo (SO_2) è il naturale prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto. È un gas incolore, di odore pungente ed è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie; per inalazione può causare edema polmonare ed una prolungata esposizione può portare alla morte.

La principale fonte di inquinamento è costituita dall'utilizzo di combustibili fossili (carbone e derivati del petrolio) in cui lo zolfo è presente come impurezza. Viene inoltre emesso in atmosfera durante le eruzioni vulcaniche e quando raggiunge la stratosfera si trasforma in acido solforico.

L'acido solforico contribuisce all'acidificazione delle precipitazioni con effetti fitotossici sui vegetali e corrosivi sui materiali da costruzione.

La concentrazione di biossido di zolfo presenta valori massimi nella stagione invernale in concomitanza con le peggiori condizioni dispersive (es.: fenomeni di inversione termica) ed il funzionamento degli impianti termici industriali e domestici.

Tuttavia, a partire dal 1980, le emissioni antropiche (produzione di energia e traffico) sono notevolmente diminuite grazie al crescente utilizzo del metano e alla diminuzione del tenore di zolfo contenuto nel gasolio ed in altri combustibili liquidi.

I valori limite, il livello critico e la soglia di allarme definiti dalla normativa vigente sono riportati in TABELLA 7.

VALORE LIMITE		
Periodo di mediazione	(293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore limite
1 ora	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile	1 gennaio 2005
24 ore	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile	1 gennaio 2005
LIVELLO CRITICO		
Periodo di mediazione	(293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del livello critico
anno civile e inverno (1° ottobre – 31 marzo)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	19 luglio 2001
SOGLIA DI ALLARME		
500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (293°K e 101,3 kPa) misurati su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 km^2 oppure una zona o un agglomerato completi, se tale zona o agglomerati sono meno estesi		

TABELLA 7: D.Lgs. 155/2010, valori limite per il biossido di zolfo.

ESAME DEI DATI

I due siti oggetto di monitoraggio (To-Consolata e To-Rebaudengo) presentano valori che rispettano ampiamente i limiti previsti dalla normativa.

Sia i massimi valori orari che le medie giornaliere sono notevolmente inferiori rispetto ai limiti stabiliti sulle rispettive basi temporali.

Il livello critico per la protezione degli ecosistemi, 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolato come valore medio nei mesi freddi dell'anno, è ampiamente rispettato anche nelle stazioni che sono posizionate in siti di traffico urbano.

Anche se nel corso dei prossimi anni è consigliabile mantenere attivo il monitoraggio per controllare il conseguimento dei risultati raggiunti, si può affermare che il parametro SO_2 non rappresenti più una criticità per il territorio della città metropolitana di Torino.

Va comunque considerato che le emissioni di ossidi di zolfo contribuiscono alla formazione di particolato, attraverso il processo secondario di trasformazione del biossido di zolfo in solfati. Tali composti nel territorio metropolitano costituiscono in media tra il 5 e il 10% della massa totale di PM_{10} . Per tale ragione occorre continuare a garantire un adeguato monitoraggio delle concentrazioni di SO_2 e mantenere in vigore le misure che ne hanno ridotto la presenza in atmosfera.

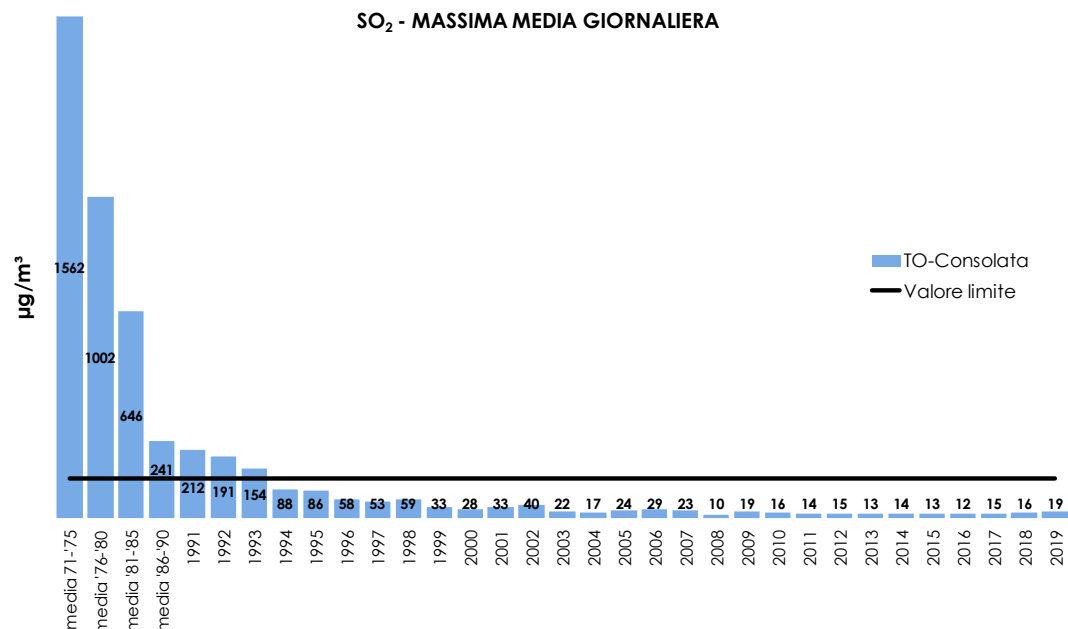


FIGURA 10: parametro SO₂, massima media giornaliera su base annuale rilevata nella stazione di To-Consolata.

STAZIONE	Rendimento strumentale 2018 (% dati validi)	Media Annuale µg/m ³										Valore limite orario per la protezione della salute umana 350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte nell'anno civile Numero di superamenti										Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana 125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte nell'anno civile Numero di superamenti									
		'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19'	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19'	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19'
To-Consolata	100%	6	6	6	6	7	7	6	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
To-Rebaudengo	72%	8*	7	7	6	7	6	7	8	11	11	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STAZIONE	Rendimento Strumentale 2018 (% dati validi)	Valore limite per la protezione degli ecosistemi 20 µg/m ³ Media calcolata sul periodo di riferimento 1 gen - 31 mar e 1 ott - 31 dic										Soglia di allarme 500 µg/m ³ Numero di superamenti										Massimo orario µg/m ³									
		'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19'	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19'	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19'
To-Consolata	100%	7	10	7	7	9	7	7	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	19	23	15	19	19	19	21	23	26
To-Rebaudengo	72%	10*	14	9	7	9	5	8	10	13	12	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48*	34	33	26	24	17	25	39	21	21

*La percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal D.Lgs. 155/2010 (90%)

TABELLA 8: dati delle stazioni di monitoraggio che rilevano il biossido di zolfo.

OZONO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

Annalisa Bruno, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

L'ozono è un gas altamente reattivo dotato di un elevato potere ossidante, di odore pungente e ad elevate concentrazioni di colore blu.

Negli strati alti dell'atmosfera terrestre (stratosfera) è di origine naturale e aiuta a proteggere la vita sulla Terra, creando uno scudo che filtra i raggi ultravioletti del Sole. L'ozono presente nella troposfera (lo strato atmosferico compreso fra il livello del mare e i 10 km di quota), ed in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, è invece un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura.

VALORE OBIETTIVO PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore obiettivo
Media massima giornaliera su 8 ore (a)	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni (b)	Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2013, con riferimento al triennio 2010-2012.
VALORE OBIETTIVO PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore obiettivo
AOT 40(c), calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ ·h come media su 5 anni (b)	Il raggiungimento del valore obiettivo è valutato nel 2015, con riferimento al triennio 2010-2014.
OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore obiettivo
Media massima giornaliera su 8 ore (a)	120 µg/m ³ per anno civile	Non definita
OBIETTIVO A LUNGO TERMINE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore obiettivo (293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore obiettivo
AOT 40(c), calcolato sulla base dei valori di 1 ora da maggio a luglio	6000 µg/m ³ ·h	Non definita
SOGLIA DI INFORMAZIONE		
Periodo di mediazione	Valore soglia (293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore soglia
1 ora	180 µg/m ³	9 marzo 2002
SOGLIA DI ALLARME		
Periodo di mediazione	Valore soglia (293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore soglia
1 ora (d)	240 µg/m ³	9 marzo 2002

(a) La massima concentrazione media giornaliera su 8 ore sarà determinata analizzando le medie consecutive su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media su 8 ore così calcolata sarà assegnata al giorno nel quale finisce; in pratica la prima fascia di calcolo per ogni singolo giorno sarà quella compresa fra le ore 17:00 del giorno precedente e le ore 01:00 del giorno stesso; l'ultima fascia di calcolo per ogni giorno sarà quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00 del giorno stesso.

(b) Se non è possibile calcolare la media su 3 o 5 anni in base ad una serie intera e consecutiva di dati annui, la valutazione della conformità ai valori obiettivo si può riferire, come minimo, ai dati relativi a:

- per il valore obiettivo per la protezione della salute umana: dati validi relativi ad un anno
- per il valore obiettivo per la protezione della vegetazione: dati relativi a tre anni

(c) Per AOT40 (espresso in µg/m³·h) s'intende la somma della differenza fra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (=40 ppb) e 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari medi rilevati ogni giorno tra le 08:00 e 20:00, ora dell'Europa centrale.

(d) Per l'attuazione dei piani di azione a breve termine, previsti all'art. 10 comma 1 del D.Lgs 155/2010, il superamento della soglia deve essere misurato o previsto per tre ore consecutive.

TABELLA 9: D. Lgs. 13/08/10 n. 155 – ozono - valori obiettivo, obiettivo a lungo termine, e soglie di informazione ed allarme.

L'ozono troposferico non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono composti, quali ossidi di azoto e composti organici volatili, immessi in atmosfera dalle attività umane.

L'ozono è un inquinante sostanzialmente ubiquitario e, a differenza di quanto avviene per gli inquinanti di tipo primario, situazioni critiche possono riscontrarsi anche in zone distanti dai grossi centri urbani e in aree ad altitudini elevate.

Concentrazioni relativamente basse di ozono provocano effetti quali irritazioni alla gola, alle vie respiratorie e bruciore agli occhi; concentrazioni superiori possono portare alterazioni delle funzioni respiratorie. L'ozono è responsabile anche di danni alla vegetazione, con relativa scomparsa di alcune specie arboree dalle aree urbane.

I valori obiettivo e le soglie di informazione e di allarme in vigore nella UE e in Italia sono riportati nella TABELLA 9.

Le soglie di informazione e di allarme indicano il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata da parte dei gruppi più sensibili della popolazione (informazione) e di tutta la popolazione (allarme). I valori obiettivo, invece, indicano i livelli di concentrazione al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente. Gli obiettivi a lungo termine stabiliscono il livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

Si ricorda infine che l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nell'ultimo aggiornamento delle linee guida sulla qualità dell'aria⁴ ha ridotto il valore guida per l'ozono da 120 a 100 µg/m³, come media massima su 8 ore. Nonostante alcune evidenze sperimentali dimostrino che anche l'esposizione a lungo termine può avere effetti cronici sulla salute, l'OMS non ha per ora ritenuto di raccomandare un valore limite annuale per l'ozono.

ESAME DEI DATI

L'ozono, insieme al PM10 e al biossido di azoto, è uno degli inquinanti di maggiore rilevanza in Europa, con un gradiente che aumenta da nord a sud del continente e le cui concentrazioni più elevate si registrano nelle stazioni di monitoraggio dell'area mediterranea. In contrasto con gli altri parametri, le concentrazioni di ozono sono generalmente maggiori d'estate e nelle località rurali, minori d'inverno e nelle stazioni urbane, soprattutto di traffico⁵. Ciò dipende principalmente dalle modalità di formazione dell'ozono, influenzata positivamente da alcune variabili meteorologiche, elevata radiazione solare e alte temperature, e dalla concentrazione dei precursori di origine antropica (es. benzene e toluene) o naturale (terpeni, alcani, alcheni etc.). Nelle stazioni di traffico il processo dominante è invece rappresentato dall'interazione tra ozono e ossidi di azoto; in particolare la reazione tra NO e ozono con formazione di NO₂ – la cosiddetta “NOx titration” – contribuisce a diminuire la concentrazione di ozono nei siti urbani influenzati dal traffico veicolare.

Il rapporto dell'EEA (European Environmental Agency - Agenzia Europea dell'Ambiente) uscito nel 2019⁶ - riferito tuttavia agli anni fino al 2017 – riconosce che ancora 17 stati membri dell'UE presentano concentrazioni giornaliere mediate su 8 ore superiori al valore obiettivo di 120 µg/m³, da non superare più di 25 volte in un anno civile come media su 3 anni. L'Italia non solo appartiene a questo gruppo di stati, ma è la nazione in cui la concentrazione media del 26esimo superamento annuale del limite è la più alta d'Europa. Inoltre, in Italia praticamente i tre quarti delle stazioni di monitoraggio dell'ozono superano il valore obiettivo stabilito dalla legislazione dell'Unione Europea. Se si fa riferimento al valore guida dell'OMS, invece, solamente il 5% delle stazioni di misura in Europa rispetta il limite di 100 µg/m³ e almeno il 95% della popolazione urbana europea continua ad essere esposta a valori di ozono superiori al limite consigliato da OMS.

Come si può osservare dalla mappa di pagina 36 del report dell'EEA 2019, l'area del Mediterraneo rimane quella più sensibile all'inquinamento da ozono, a causa della grande produzione di precursori antropici, dell'alto numero di ore di sole all'anno e del particolare tipo di circolazione delle masse d'aria con frequenti condizioni di alta pressione soprattutto nel periodo estivo. I valori di concentrazione media più elevati si evidenziano in particolare tra le stazioni di misura della Pianura Padana, e la Città metropolitana di Torino (CmT) non fa eccezione.

⁴ WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide - Global update 2005

⁵ EEA Air quality in Europe – 2017 report, 38-40

⁶ EEA Air quality in Europe – 2019 report, 35-38 e 71-74

In TABELLA 10 sono riportati i superamenti della soglia di informazione - concentrazione oraria di 180 µg/m³ - degli ultimi 10 anni nell'area provinciale torinese. Dall'analisi dei dati si rileva che nel 2019 torna a salire il numero di superamenti annui, che erano stati particolarmente bassi nel 2018. Complessivamente nell'area della Città Metropolitana nel 2019 ci sono stati 122 superamenti della soglia di informazione. Se si esclude il 2018, per cui nella maggior parte delle stazioni di misura erano state riscontrate evidenti sottostime dei dati a causa dello scarso rendimento strumentale nel periodo estivo, il dato del 2019 risulta in linea con il periodo 2013-2017, dove in media si sono registrati 136 superamenti annui. Il numero di superamenti maggiore si è avuto per le stazioni di fondo: To-Lingotto e To-Rubino hanno registrato rispettivamente 18 e 29 superamenti, Orbassano e Druento, 34 e 17. Dalla TABELLA 10 si osserva anche che il rendimento strumentale nel 2019 è stato ottimo per tutte le stazioni di misura. Unica eccezione è rappresentata dalla stazione di Vinovo, il cui analizzatore di ozono ha avuto una percentuale di dati validi pari all'87%, comunque molto vicina alla soglia minima richiesta dalla normativa (90%).

La diminuzione dei superamenti tra il 2017 e il 2019 è evidente (da 175 a 122), in particolare per le stazioni di fondo rurale o suburbano. Le stazioni di fondo urbano, invece, hanno visto incrementare i superamenti della soglia di 180 µg/m³ nel 2019 rispetto al quinquennio 2013-2017. Si può ipotizzare che nelle stazioni torinesi una maggiore presenza di precursori antropici, alla base, insieme a radiazione solare e temperatura, dei processi di formazione dell'ozono, abbia portato ad un aumento dei picchi di concentrazione. Spiccano, infine, il numero di superamenti molto basso delle stazioni remote, Ceresole Reale e Baldissero, confermando che il trend in diminuzione delle concentrazioni più elevate di ozono sul territorio europeo è valido soprattutto per le stazioni rurali⁷.

Un'ulteriore dimostrazione della diminuzione negli anni delle concentrazioni di picco di ozono, è rappresentato dall'analisi dei dati sui superamenti della soglia di allarme. Nel 2019 la soglia di allarme di 240 µg/m³ come media oraria su tre ore consecutive non è stata superata in nessuna stazione di rilevamento del territorio della città metropolitana di Torino, come già avvenuto nel quinquennio 2014-2018. Viene confermato quindi il trend positivo in atto dal 2008.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2019 (% dati validi)	Soglia di informazione 180 µg/m ³ come media oraria Numero di superamenti									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Baldissero	95%	4	4	12	16	14	26	1	3	0*	3
Borgaro	94%	0	0	2	0	2	32	15*	6	2	5
Ceresole	94%	8 ⁽¹⁾	4	5	6	0	0	1	1	0*	0
Chieri	90%	0		0 ^{(3)*}	0	9*	0	1	4*	0*	1
Druento	99%	22	19	63	42	26	69	36	46	3	17
Ivrea	98%	0 ⁽²⁾	1	0	0*	1	4	0	7	0	1
Leini	94%	1	4	0	0	2	3	4	1	0*	5
Orbassano	95%	0	6	14	4	7	68	39	79	9	34
Susa	97%	0	0	0	0	0	0	12	5	0	0
To-Lingotto	99%	0	1	3	0*	18	8	8	7	3*	18
To-Rubino	99%					6 ⁽⁴⁾	3	12	6	4*	29
Vinovo	87%	0	5	0	0	4	1	4*	12	9*	8*

(1) serie storica disponibile a partire dal 2010 (2) strumento operativo dal 25/01/10
(3) strumento operativo dal 17/02/12 (4) strumento operativo dal 23/05/2013
* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 10: ozono, confronto con le soglie di informazione come da D.Lgs. n. 155/2010.

Un fattore di influenza importante per le concentrazioni annuali e stagionali di ozono è rappresentato certamente dalla meteorologia. In Piemonte, il 2019 è stato ancora un anno molto caldo, come i precedenti 2017 e 2018. Si è trattato del quinto anno più caldo dal 1958, con un'anomalia termica complessiva di +1,5 °C rispetto alla climatologia del periodo di riferimento (1971-2000). L'anomalia termica ha interessato quasi tutta l'annata con l'eccezione del mese di maggio, che è invece stato uno dei più freddi degli ultimi 62 anni. Giugno e luglio sono stati molto caldi, con una temperatura media mensile rispettivamente di 3,2 °C e 1,9 °C superiore alla media del periodo 1971-2000. Anche agosto e settembre hanno avuto una temperatura media più alta del periodo di riferimento, ma l'aumento è stato più contenuto, rispetto ai due mesi precedenti. La maggior parte dei superamenti del valore obiettivo di 120 µg/m³ della città metropolitana di Torino, infatti, si è concentrata a giugno e luglio (circa il 70% del totale).

⁷ EEA Air quality in Europe – 2018 report, 35-45

C'è stata un'unica, ma eccezionale "ondata di calore" nel 2019: dal 26 al 29 giugno. Si è trattato di giorni di caldo record per tutto il territorio piemontese, a causa di un'area di alta pressione di matrice africana, con temperature massime di oltre 35 °C in pianura. Il 27 giugno è stato il giorno più caldo degli ultimi 62 anni in Piemonte; nella stazione meteo di Torino-Vallere il 28 giugno si è registrata la temperatura record di 40,4 °C.

Il 2018 e il 2019 sono stati anni simili anche dal punto di vista delle precipitazioni. Sono stati entrambi molto piovosi, rispettivamente il 5° e il 7° più umido della serie storica, con un surplus millimetrico del 33% nel 2018 e del 23% nel 2019. A differenza del 2018, tuttavia, quando le precipitazioni si sono concentrate soprattutto da marzo a maggio, nel 2019 le piogge hanno interessato in particolare gli ultimi mesi dell'anno, con fenomeni di precipitazioni persistenti ad ottobre e novembre, quando le concentrazioni di ozono sono normalmente molto basse.

In TABELLA 11 e in TABELLA 12 sono riportate rispettivamente le elaborazioni necessarie per la verifica del conseguimento del valore obiettivo per la protezione della salute umana e del valore obiettivo per la protezione della vegetazione. Entrambi gli obiettivi non sono rispettati.

In tutte le stazioni di monitoraggio il numero di giorni di superamento del valore obiettivo per la protezione della salute umana, mediato negli ultimi tre anni di misurazioni, è superiore ai 25 consentiti. Il numero dei giorni di superamento va dai 31 della stazione di Ceresole Reale ai 73 della stazione di Orbassano, con una media della città metropolitana di Torino di 47 superamenti, quasi il doppio di quelli ammessi dalla normativa, ma numero inferiore a quello del triennio 2016-2018 (49) e del triennio 2015-2017 (52 superamenti). Nel complesso si può quindi evidenziare un lieve miglioramento delle concentrazioni di ozono nella città metropolitana di Torino.

Se si prendesse in considerazione, a scopo puramente descrittivo, il parametro "soglia del valore obiettivo" e cioè che il numero di superamenti del limite di 120 µg/m³ non debba essere superato più di 25 giorni nel corso di un unico anno solare, nel 2019 solamente due stazioni della CMT, Ceresole e Susa, lo rispetterebbero. Dal grafico di FIGURA 11 spiccano i dati di Baldissero e To-Lingotto, con più di 60 giorni di superamento del limite di 120 µg/m³, mentre la media provinciale è leggermente inferiore (43 superamenti) a quella mediata sugli ultimi tre anni di misure (47 superamenti). Di fatto alle nostre latitudini, spesso caratterizzate da estati calde e lunghi periodi di alta pressione, il limite normativo per la protezione della salute umana rappresenta ancora una sfida importante con cui le amministrazioni locali e nazionali devono confrontarsi.

STAZIONE	Valore obiettivo per la protezione della salute umana										MEDIA 2017-2019 (5)
	Numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m ³										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Baldissero	97	94	74	88	51	62	60	72	61*	67	70
Borgaro	52	46	41	27	10	71	51*	40	39	31	37
Ceresole	82 ⁽¹⁾	70	77	58	26	57	40	38	10*	24	31
Chieri	0		53 ⁽³⁾	36	41	73	52	56*	58*	42	42
Druento	59	93	87	72	21	59	59	54	49	41	48
Ivrea	53 ⁽²⁾	39	42	31*	19	61	24	48	44	33	42
Leini	62	70	37	34	8	39	45	34	23*	40	37
Orbassano	36	60	65	66	34	74	78	83	76	59	73
Susa	31	36	45	38	5	20	46	56	31	23	37
To-Lingotto	34	30	45	39*	43	57	44	38	47*	61	50
To-Rubino					18 ⁽⁴⁾	53	52	43	47*	51	47
Vinovo	37	71	64	47	13	31	42*	52	64*	46*	52

(1) serie storica disponibile a partire dal 2010 (2) strumento operativo dal 25/01/2010
(3) strumento operativo dal 17/02/2012 (4) strumento operativo dal 23/05/2013
* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)
(5) i valori degli anni con insufficiente rendimento strumentale non sono stati considerati nel calcolo della media

TABELLA 11: ozono, confronto con i valori bersaglio per la protezione della salute umana.

Come è noto, l'inquinamento da ozono ha effetti anche sugli ecosistemi naturali e sulla biodiversità, danneggiando la crescita e la riproduzione delle piante nei campi e nelle foreste. Le legislazioni europea ed italiana, hanno quindi stabilito un valore bersaglio per la protezione della vegetazione, l'AOT40, pari a 18.000 µg/m³h. Si tratta dello standard di qualità dell'aria - espresso come concentrazione oraria - che definisce un parametro legato all'esposizione accumulata all'ozono nella fascia oraria 8.00 - 20.00 da maggio a luglio di ogni anno.

Si specifica che l'Allegato VIII del D.Lgs. 155/2010 stabilisce che le stazioni per la misura dell'ozono, per ciò che concerne la verifica del rispetto del valore obiettivo per la protezione della vegetazione, siano ubicate in siti suburbani e rurali e ne stabilisce la rappresentatività spaziale; tra le stazioni in cui viene effettuata la misura dell'ozono, in questo capitolo sono state selezionate per il calcolo dell'AOT40 quelle classificate come fondo rurale, ubicate in aree con presenza significativa di ecosistemi naturali. Si specifica tuttavia che la Regione Piemonte con la D.G.R. 41-855 del 29 dicembre 2014 ha individuato come stazione di fondo in sito rurale per la misurazione dell'ozono la sola stazione di Dernice, in Provincia di Alessandria. Le considerazioni successive relative alle stazioni di Baldissero, Ceresole e Druento hanno quindi un puro valore indicativo.

La media degli ultimi cinque anni del calcolo dell'AOT40 diminuisce rispetto al quinquennio 2014-2018 per la stazione di Druento (27832 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$), che presenta un trend in diminuzione ormai dal 2011. Per la stazione di Ceresole il valore del quinquennio 2015-2019 è leggermente superiore alla media quinquennale ricavata l'anno scorso (che in realtà aggregava solo quattro anni di misura in quanto il dato del 2018 andava scartato per insufficiente rendimento strumentale). È comunque evidente il trend positivo per la stazione più remota della Città Metropolitana a partire dal primo anno di misurazioni. La stazione di Baldissero torinese è l'unica per la quale la media degli ultimi 5 anni è significativamente superiore a quella calcolata nel 2018 (31763 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ ora, 30081 l'anno passato).

In ogni caso, nonostante la diminuzione più o meno costante negli anni, le stazioni di misura presentano medie quinquennali dell'AOT40 ancora superiori al limite stabilito dalla normativa italiana ed europea di 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$. Se consideriamo, poi, che la legislazione europea ha fissato un obiettivo a lungo termine di 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ per questo parametro, si capisce che anche nell'ambito della protezione della vegetazione e delle foreste c'è ancora molta strada da fare.

STAZIONE	DECRETO LEGISLATIVO n. 155/ del 13/08/2010 Valore obiettivo per la protezione della vegetazione AOT 40 (18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$)										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	MEDIA 2015-2019
Baldissero	40260	30317	30256	38576	28525	36285	23327	32186	24211*	35254	31763
Druento	32365	31022	38098	32780	23341	36839	27031	33531	19952	21808	27832
Ceresole	43125	27976	35311	30089	23159	32688	23285	25714	15148*	23358	26261

* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 12: ozono, confronto degli ultimi 5 anni con i valori bersaglio per la protezione della vegetazione.

**"soglia del valore obiettivo" ovvero superamenti annuali del valore obiettivo per la protezione della salute umana
(numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m³)
anno 2019**

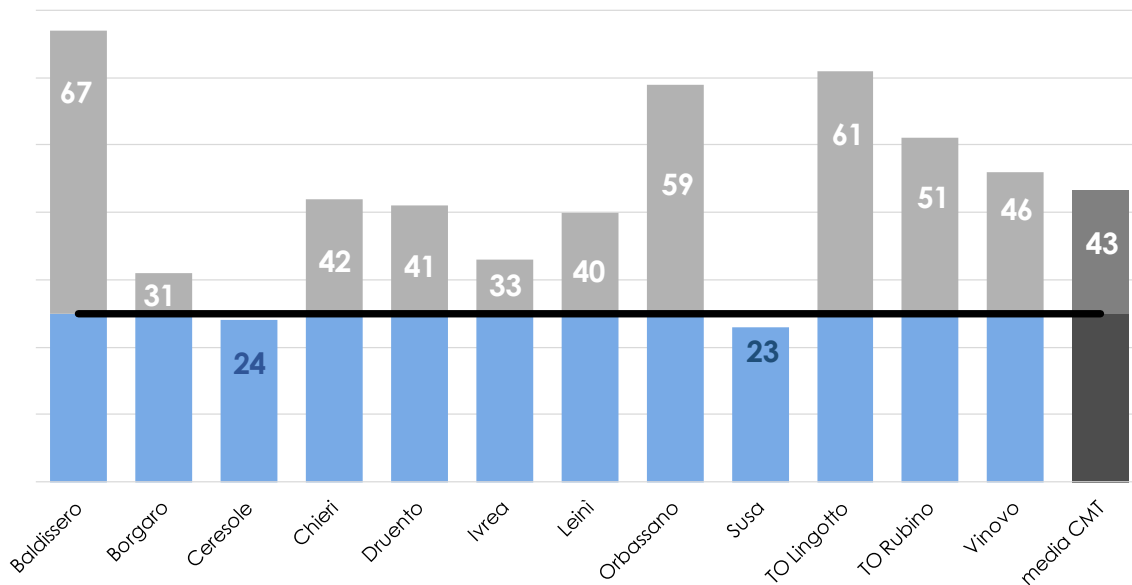


FIGURA 11: superamenti annuali del valore obiettivo di protezione della salute umana (CmT) – 2019.

In FIGURA 12 è riportata, per l'anno 2019, la distribuzione mensile dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per tre stazioni: To-Lingotto, rappresentativa del fondo urbano, Baldissero Torinese e Ceresole, poste più in quota e rappresentative del fondo rurale⁸. Per tutte le stazioni il numero di giorni di superamenti del limite di 120 µg/m³ mediato su 8 ore segue l'andamento della temperatura media mensile registrata nella stazione di To-Consolata. I primi superamenti del limite compaiono a marzo, mese più caldo rispetto alla media del periodo di riferimento (+2,2 °C), come si può osservare anche dal leggero picco anomalo nell'andamento della temperatura. I superamenti del limite di 120 µg/m³ continuano ad aumentare ad aprile per tutte e tre le stazioni prese in considerazione, per poi diminuire bruscamente nel mese di maggio, che, come detto precedentemente, è stato uno dei più freddi della serie storica di riferimento (-1,5 °C).

Per le stazioni di To-Lingotto, Baldissero e Ceresole, la maggior parte dei superamenti del limite si registrano nei mesi di giugno e luglio, dove complessivamente si concentra quasi il 70% dei superamenti annuali sul territorio provinciale. A giugno ci sono stati ben 20 superamenti a To-Lingotto e 21 a Baldissero, quindi in entrambe le località le concentrazioni giornaliere di ozono sono state molto alte per quasi i 2/3 del mese considerato. Di poco inferiori i superamenti di luglio, rispettivamente 20 e 19. Va evidenziato che l'analizzatore della stazione di Ceresole Reale ha avuto un fermo strumentale dal 26 giugno al 7 luglio, proprio in corrispondenza dell'ondata di calore del 26-29 giugno 2019. Con ogni probabilità, quindi, il numero complessivo dei superamenti di giugno a Ceresole è sottostimato di almeno 4 unità e anche quello di luglio, mancando i valori dei primi 7 giorni del mese, si suppone sottostimato di qualche unità. Ad agosto e settembre, in corrispondenza della graduale diminuzione della temperatura media, il numero di superamenti per tutte le stazioni si dimezza fino a scomparire del tutto nel mese di ottobre. Anche il report EEA del 2019 evidenzia come le concentrazioni di picco nel corso degli anni in Europa si siano spostate sempre più presto nella stagione estiva, diminuendo soprattutto dal mese di agosto.

Dal grafico di FIGURA 12 è ben evidente ancora una volta l'influenza della temperatura e quindi della radiazione solare sulla formazione di ozono troposferico. In generale le alte temperature dei mesi da giugno ad agosto hanno portato alla formazione di ozono troposferico e quindi ad un elevato numero di superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana

⁸ Per correttezza si evidenzia che: ad aprile e settembre per Baldissero T.se e a giugno e luglio per Ceresole, non è stato raggiunto l'obiettivo di qualità relativo alla percentuale dati validi (90%).

soprattutto nella stazione rurale di Baldissero e di fondo urbano di To-Lingotto. In particolare, sono state soprattutto le temperature massime registrate a giugno e luglio ad incidere sulla formazione di ozono, che hanno contribuito a rendere l'estate 2019 la 4° più calda della serie storica di riferimento.

La primavera 2019 invece è stata più fredda rispetto agli anni precedenti, con un'anomalia termica negativa soprattutto nel mese di maggio. Di conseguenza la temperatura media del periodo aprile-settembre 2019 è stata inferiore alla media degli ultimi dieci anni di misurazioni, soprattutto rispetto al 2018, quando tutti i mesi del semestre caldo avevano fatto registrare una media termica superiore al periodo 2008-2017. Anche le precipitazioni sono state abbondanti nel 2019, con un surplus del 22% rispetto alla media del periodo 2009-2018, concentrandosi soprattutto nei mesi di aprile, maggio e luglio. (FIGURA 13).

Veniamo infine alla serie storica delle concentrazioni medie di ozono durante il semestre caldo (aprile-settembre) per le stazioni di To-Lingotto, Baldissero e Ceresole. Nel grafico di FIGURA 14 si possono osservare i dati a partire dal 1993, quando è iniziata la misurazione dell'ozono nella stazione di To-Lingotto.

Al di là delle singole variazioni annuali, per le stazioni rurali, Baldissero e Ceresole, è ben evidente un trend in diminuzione delle concentrazioni medie di ozono da quando sono iniziate le misurazioni. Baldissero passa da 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 1995 a 96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2019; le concentrazioni medie di Ceresole sono diminuite da 102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2010 a 89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2019. Per entrambe le stazioni il decremento fin qui registrato è stato del 13%. I dati esposti confermano quanto già rilevato dall'EEA nei suoi report: nel corso degli anni è stato possibile individuare in tutto il territorio europeo un leggero e generalizzato calo nelle concentrazioni di ozono in particolare presso le stazioni rurali.

Altrettanto non è possibile dire per le stazioni urbane, benché di fondo. Dal grafico di FIGURA 14 si osserva che le concentrazioni medie di ozono di To-Lingotto, stazione di fondo della città di Torino, non solo non diminuiscono dal 1993 al 2019 ma aumentano leggermente, passando da 67 a 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (+9%). Non è semplice dare una spiegazione a questo fenomeno che appare in controtendenza rispetto alle altre stazioni di misura e agli altri inquinanti che con varie pendenze hanno visto diminuire le proprie concentrazioni negli ultimi 30 anni di misurazioni. Il fenomeno non riguarda ovviamente solo la città di Torino, ma accomuna molti ambienti urbani del territorio europeo. È probabile che concorrano più fattori a mantenere alte le concentrazioni medie di ozono nelle stazioni urbane, non solo la maggiore presenza di precursori sia di origine antropica sia naturale, ma anche l'instaurarsi in città, rispetto alle circostanti zone periferiche e rurali, di un microclima più caldo, la cosiddetta "isola di calore", che finisce per favorire la formazione di ozono troposferico.

La criticità per l'ozono, inquinante ubiquitario e dalla genesi complessa, rimane dunque alta per la Città metropolitana di Torino e per tutto il Nord Italia in generale, come riconosciuto dalla stessa Agenzia Europea dell'Ambiente. Purtroppo, come detto, a differenza di altri inquinanti, per i quali le politiche ambientali mirate hanno portato ad una diminuzione delle concentrazioni nel corso degli anni, nel caso dell'ozono gli effetti delle politiche volte alla riduzione dei precursori sono ancora poco evidenti. Il report EEA del 2018 in particolare riconosce che la migliore misura per ridurre l'inquinamento da ozono nelle aree urbane del territorio europeo è quella di effettuare interventi strutturali a lungo termine sulla riduzione permanente di VOC e NO_x , quali ad esempio la riduzione del consumo di energia, la produzione di motori migliori a più bassa emissione di ossidi di azoto per gli autoveicoli e l'introduzione di tariffe di ingresso nelle grandi aree metropolitane.

O₃ - Confronto temperatura e distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana (numero di giorni con la media massima, calcolata su 8 ore, superiore a 120 µg/m³) - anno 2019

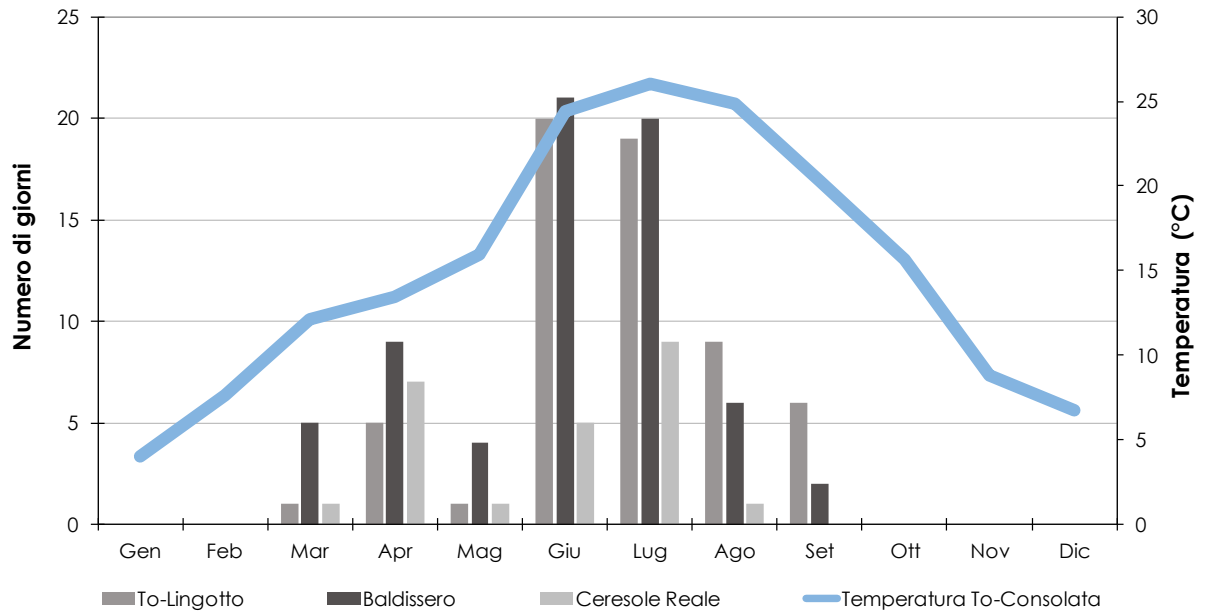


FIGURA 12: ozono, distribuzione temporale dei superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana per le stazioni di Torino-Lingotto, Baldissero Torinese e Ceresole, anno 2019.

TEMPERATURA MEDIA E SOMMA DELLE PRECIPITAZIONI ATMOSFERICHE (periodo aprile-settembre) ANNI 2009-2019

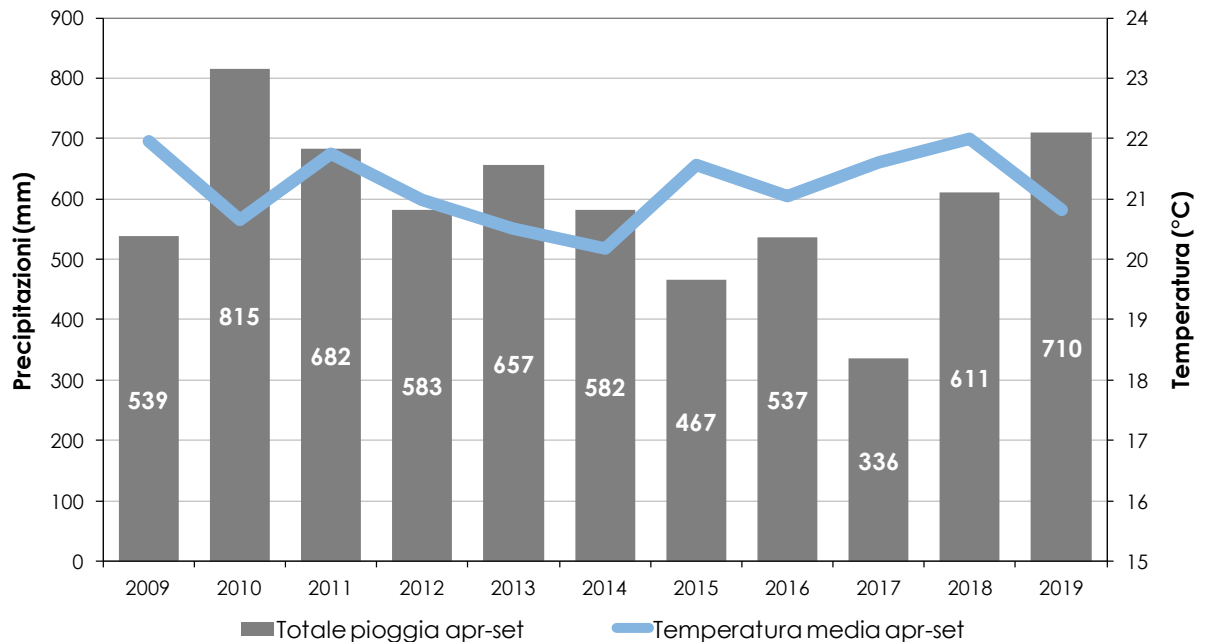


FIGURA 13: temperatura media e somma delle precipitazioni atmosferiche, nel periodo aprile-settembre, anni 2009-2019, stazione di To-Consolata.

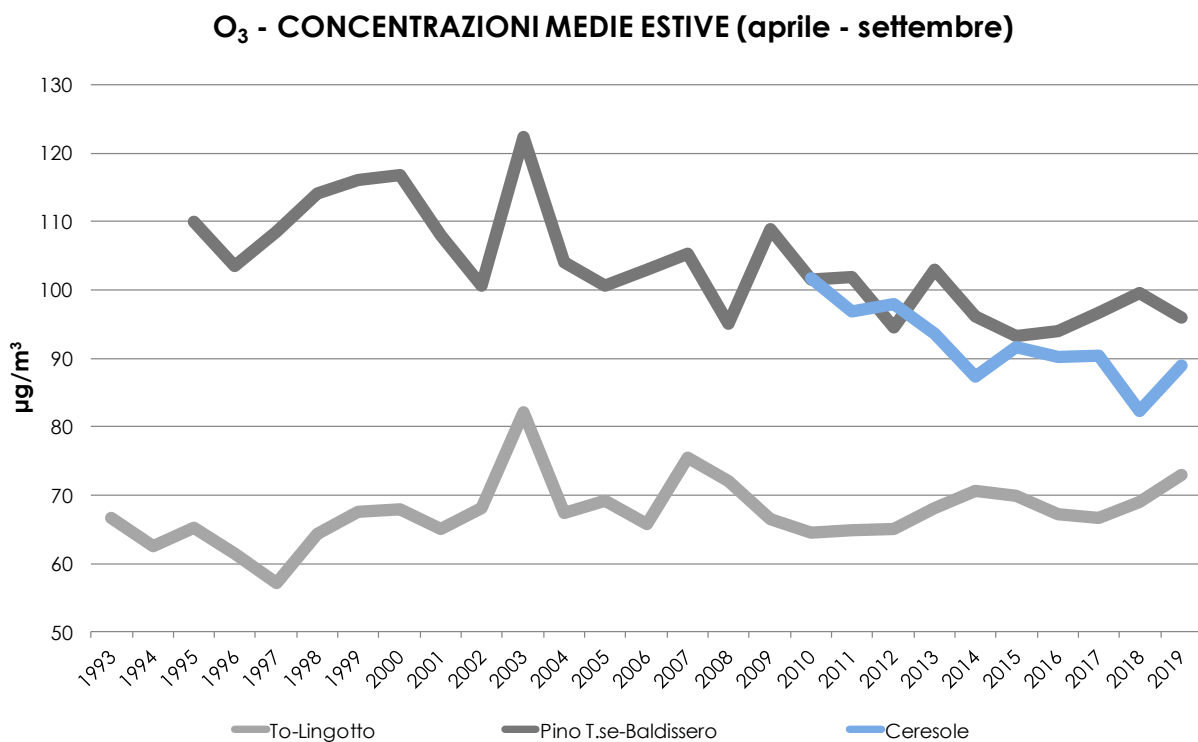


FIGURA 14: ozono, medie del periodo aprile-settembre dal 1993 al 2019.

BENZENE

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

DESCRIZIONE

Il benzene (C₆H₆) è un composto chimico che a temperatura ambiente e pressione atmosferica si presenta allo stato liquido.

Viene sintetizzato a partire da diversi composti chimici presenti nel petrolio ed impiegato come antidetonante nella benzina. Si produce inoltre durante la combustione a partire soprattutto da altri idrocarburi aromatici. Stime effettuate dall'Unione Europea attribuiscono alle emissioni dei veicoli a benzina più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva pertanto dai gas di scarico dei suddetti autoveicoli.

La normativa italiana in vigore fissa, a partire dal 1 luglio 1998, il tenore massimo di benzene nelle benzine all'1%.

Il benzene è una sostanza classificata:

- dalla Comunità Europea come cancerogeno di categoria 1, R45;
- dalla I.A.R.C. (International Agency for Research on Cancer) nel gruppo 1 (sostanze per le quali esiste un'accertata evidenza in relazione all'induzione di tumori nell'uomo);
- dalla A.C.G.I.H. (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) in classe A1 (cancerogeno accertato per l'uomo).

Studi di mutagenesi evidenziano inoltre che il benzene agisce sul bagaglio genetico delle cellule.

Con esposizione a concentrazioni elevate, superiori a milioni di ppb, si osservano danni acuti al midollo osseo. Un'esposizione cronica può provocare la leucemia (casi di questo genere sono stati riscontrati in lavoratori dell'industria manifatturiera, dell'industria della gomma e dell'industria petrolifera).

Stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità indicano che, a fronte di un'esposizione a 1 µg/m³ di benzene per l'intera vita, quattro persone ogni milione sono sottoposte al rischio di contrarre la leucemia.

VALORE LIMITE		
Periodo medio	Valore limite (293°K e 101,3 kPa)	Data di entrata in vigore del valore limite
Anno civile	5 µg/m ³	1 gennaio 2010

TABELLA 13: D.lgs. 155/2010, valori limite per il benzene.

ESAME DEI DATI

La FIGURA 15 mostra i valori medi annui di Benzene misurati nella stazione di To-Consolata a partire dal 1996. Dal 2004 in poi il valore limite (pari a 5 µg/m³ come media annuale) è rispettato, anche grazie all'introduzione, da luglio 1998, del limite dell'1% del tenore di benzene nelle benzine ed al progressivo aumento del numero di auto con catalizzatore ossidante sul totale degli autoveicoli circolanti.

La TABELLA 14 evidenzia che le medie annuali misurate nel 2019 in tutte le centraline della rete di monitoraggio sono ampiamente sotto il limite di legge. I valori misurati negli ultimi anni sono sostanzialmente stabili e si attestano su concentrazioni inferiori alla metà del valore limite. Il 2019 conferma la significativa riduzione delle concentrazioni osservata nel 2018 in tutti i siti di monitoraggio. Tutte le misure sembrano assestarsi su un valore di fondo pari a circa 1 µg/m³ di media annuale. Solo il sito di traffico di To-Rebaudengo presenta una concentrazione media annuale lievemente più alta, pari a 1,9 µg/m³. I dati misurati confermano che il parametro benzene sia efficacemente sotto controllo.

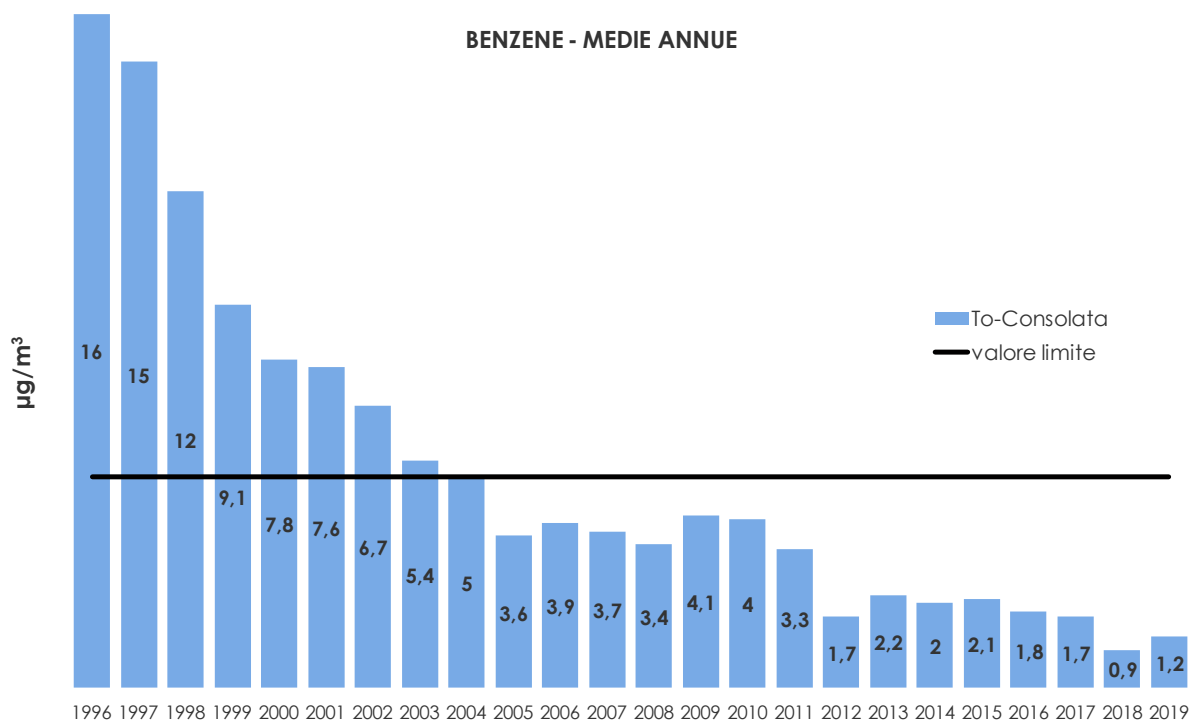


FIGURA 15: concentrazioni medie annue di benzene rilevate negli anni 1996-2018.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% dati validi)	VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 5 µg/m³									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beinasco (TRM)	86%				2,2*	2,1*	1,3	1,3	1,3	1	1*
Borgaro T.se	97%				1,5	1,4	1,3	1,2	1,3	1,1	1
Settimo T.se	91%				2,0	2,1	2,3	2,1*	1,6*	0,9	1,1
To-Consolata	89%	4	3,3	1,7	2,2	2,0	2,1	1,8	1,7	0,9	1,2*
To-Lingotto	88%			1,3	1,2*	1,0	1,1*	1,1*	1,1*	1*	0,9*
To-Rebaudengo	70%			2,0	2,0	2,4*	2,6	2,1	2,3	1,5	1,8*
To-Rubino	97%	3,3	2,7	2,6	2,5	2,2	2,1*	1,6	1,3	1,1	1
Vinovo	93%			1,2	1,7*	1,2*	1,6	1,4	1,5	1,1	1

* la percentuale di dati validi è inferiore all'indice fissato dal DLgs 155/2010 (90%)

TABELLA 14: dati relativi alle stazioni di monitoraggio che rilevano il benzene.

PARTICOLATO SOSPESO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

Il particolato sospeso è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso, generalmente solido, in sospensione nell'aria. La natura delle particelle aerodisperse è molto varia: ne fanno parte le polveri sospese, il materiale organico disperso dai vegetali (pollini e frammenti di piante), il materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), dall'erosione del suolo o dei manufatti (frazione più grossolana), etc. Nelle aree urbane il materiale particolato di natura primaria può avere origine da lavorazioni industriali (cantieri edili, fonderie, cementifici), dagli impianti di riscaldamento (soprattutto a combustibili solidi), dall'usura dell'asfalto, degli pneumatici, dei freni, delle frizioni e dalle emissioni di scarico degli autoveicoli, in particolare quelli dotati di motore a ciclo diesel. Una componente significativa del particolato di minori dimensioni ha inoltre origine da processi secondari, che comportano la trasformazione in particelle di inquinanti originariamente emessi in forma gassosa.

Gli studi epidemiologici hanno mostrato una correlazione tra le concentrazioni di polveri in aria e la manifestazione di malattie croniche alle vie respiratorie, in particolare asma, bronchiti ed enfisemi. A livello di effetti indiretti, inoltre, il particolato fine agisce da veicolo di sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici e i metalli.

Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle di dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. In prima approssimazione:

- le particelle con diametro superiore ai 10 µm si fermano nelle prime vie respiratorie;
- le particelle con diametro tra i 5 e i 10 µm raggiungono la trachea e i bronchi;
- le particelle con diametro inferiore ai 5 µm possono raggiungere gli alveoli polmonari.

I valori limite sono riportati nella TABELLA 15.

PM10 VALORE LIMITE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data di entrata in vigore del valore limite
24 ore	50 µg/m ³ PM10 non superare più di 35 volte per anno civile	1 gennaio 2005
Anno civile	40 µg/m ³ PM10	1 gennaio 2005
PM2,5 FASE 1 ⁹ - VALORE LIMITE		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data di entrata in vigore del valore limite
Anno civile	25 µg/m ³ PM2,5	1 gennaio 2015

TABELLA 15: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite per il PM10 e il PM2,5.

FRAZIONE PM10 E PM2,5

I dati di particolato nel 2019 continuano a mostrare valori in diminuzione, sia per i valori medi annuali, sia per il numero di superamenti del valore limite di 24 ore. Il valore limite annuale è stato rispettato in tutte le stazioni del territorio della città metropolitana e nel restante territorio regionale, come avvenuto nel 2018. Nel modulare le concentrazioni del particolato atmosferico la meteorologia gioca un ruolo fondamentale, ed anche il 2019, come il 2018, è stato un anno favorevole alla dispersione atmosferica degli inquinanti. Dal punto di vista climatico l'anno 2019 in Piemonte è stato il 5° più caldo degli ultimi 62 anni, con un'anomalia termica media attorno a +1,5 °C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000. L'apporto delle precipitazioni totali annue è stato pari a 1295,5 mm, con un surplus di 245 mm (pari al 23%) portando il 2019 ad essere il nono anno più piovoso. Da metà ottobre a fine novembre, l'anomalia di precipitazione è passata da

⁹ Il Decreto Legislativo 155/2010, che ha sostituito il DM 60/2002, ha poi previsto una fase 2 per il PM2,5, da raggiungere entro il 2020, con un valore limite più restrittivo che sarà stabilito con successivo decreto, tenuto conto del valore indicativo di 20 µg/m³ e delle verifiche effettuate dalla Commissione Europea alla luce di ulteriori informazioni circa le conseguenze sulla salute e sull'ambiente, la fattibilità tecnica e l'esperienza circa il perseguimento del valore obiettivo negli Stati membri.

-25% a+20% grazie a due eventi pluviometrici intensi, tra cui spicca quello dei giorni 19-24 Ottobre 2019.¹⁰

Il numero di occorrenze di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 nel 2019 è stato pari a 96 giorni, (FIGURA 94) valore più basso della serie storica disponibile. L'andamento mensile dell'indice (FIGURA 95) evidenzia che i mesi da maggio a dicembre si collocano sui valori inferiori della distribuzione del periodo 2006-2018. Il mese di gennaio è l'unico a presentare una criticità accentuata, con un numero di occorrenze superiori al massimo del periodo 2006-2018.

In FIGURA 16 si osserva che il valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ è stato rispettato in tutte le stazioni del territorio della città Metropolitana. Considerando l'insieme delle stazioni metropolitane esistenti e con dati validi in entrambi gli anni 2018-2019, si osserva un decremento delle concentrazioni medie del 7% rispetto al 2018.

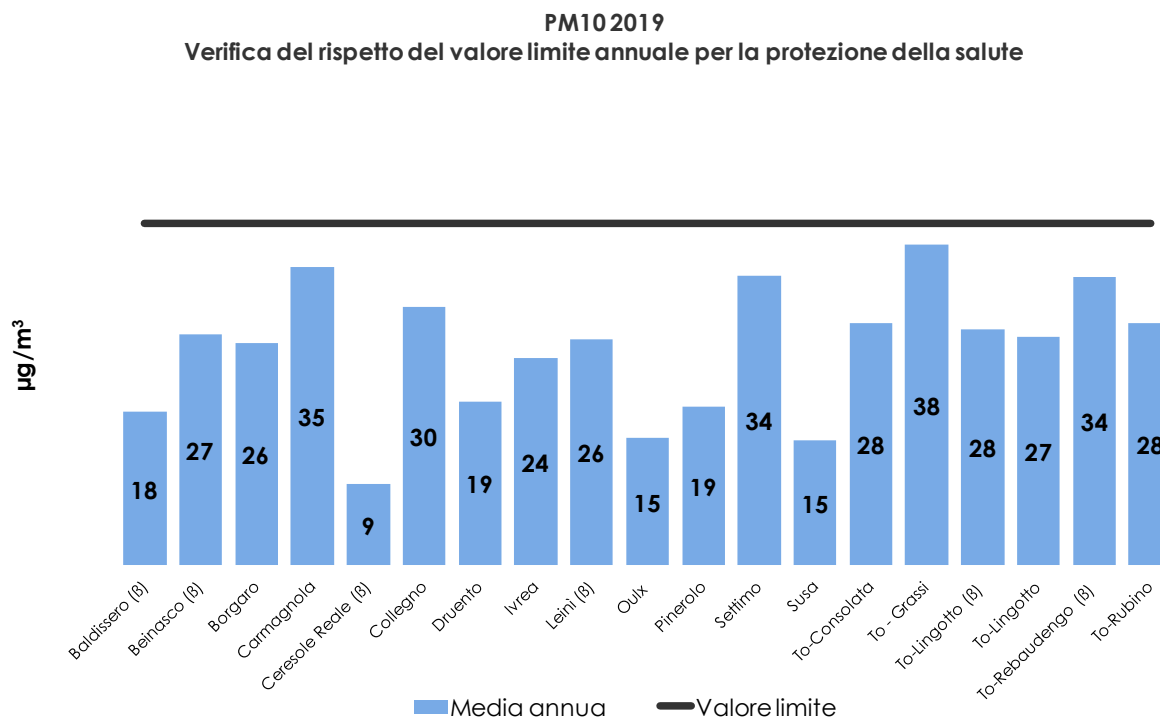


FIGURA 16: valore medio annuale misurato presso le stazioni di monitoraggio metropolitane.

In FIGURA 17 sono riportate le medie mensili per tre stazioni rappresentative della rete metropolitana; le concentrazioni maggiori si misurano in inverno, periodo in cui si aggiungono le emissioni degli impianti di riscaldamento e contemporaneamente si verificano le condizioni meteorologiche più sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti. Nel 2019 i mesi più critici sono stati il molto siccitoso gennaio e il mese di febbraio. Da aprile a settembre prevalgono condizioni di instabilità atmosferica favorevoli alla dispersione degli inquinanti, pertanto anche nelle stazioni più critiche i valori medi mensili risultano nell'intorno dei 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il Decreto Legislativo 155/2010 stabilisce anche un limite giornaliero (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e un numero massimo di superamenti di tale valore nel corso dell'anno, pari a 35. Tale limite risulta più stringente di quello annuale¹¹ e pertanto nella maggior parte delle stazioni non è rispettato (FIGURA 18). Il numero maggiore di superamenti del limite giornaliero si è verificato a To-Grassi ed è stato pari a 83, seguita da To-Rebaudengo con 71 superamenti, entrambe stazioni di traffico, ma anche nelle stazioni di fondo urbano di To-Lingotto e To-Rubino la situazione si mostra critica con rispettivamente 48 e 42 superamenti.

Al di fuori della città di Torino le stazioni più critiche sono quelle di Carmagnola (69 superamenti), Settimo Torinese (63 superamenti) e Collegno (50 superamenti).

¹⁰ Arpa Piemonte Sistemi Previsionali, Il clima in Piemonte - Anno 2019

¹¹ Si veda il capitolo Analisi del rapporto di correlazione fra media annuale e numero di superamenti del valore limite per il particolato pm10 – la situazione nella città metropolitana di torino nel quadro europeo, Uno sguardo all'aria 2014

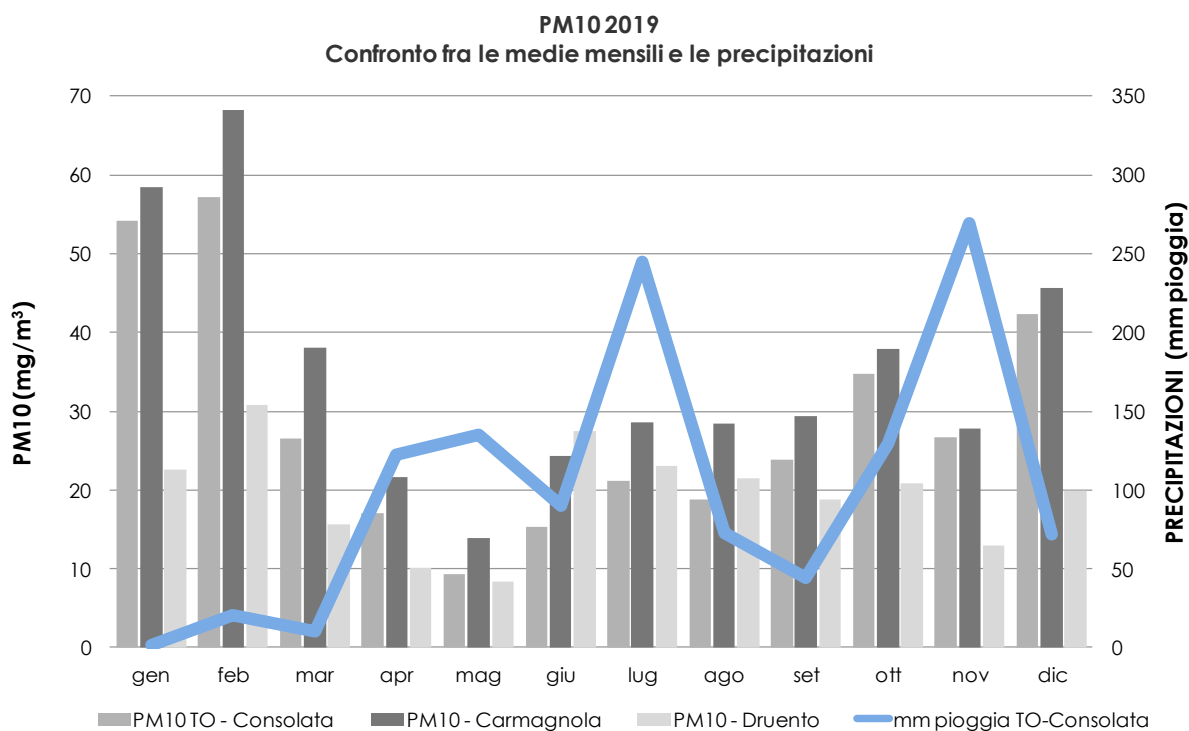


FIGURA 17: andamento delle precipitazioni atmosferiche e delle concentrazioni di PM10 in alcune stazioni della città metropolitana di Torino nell'anno 2019.

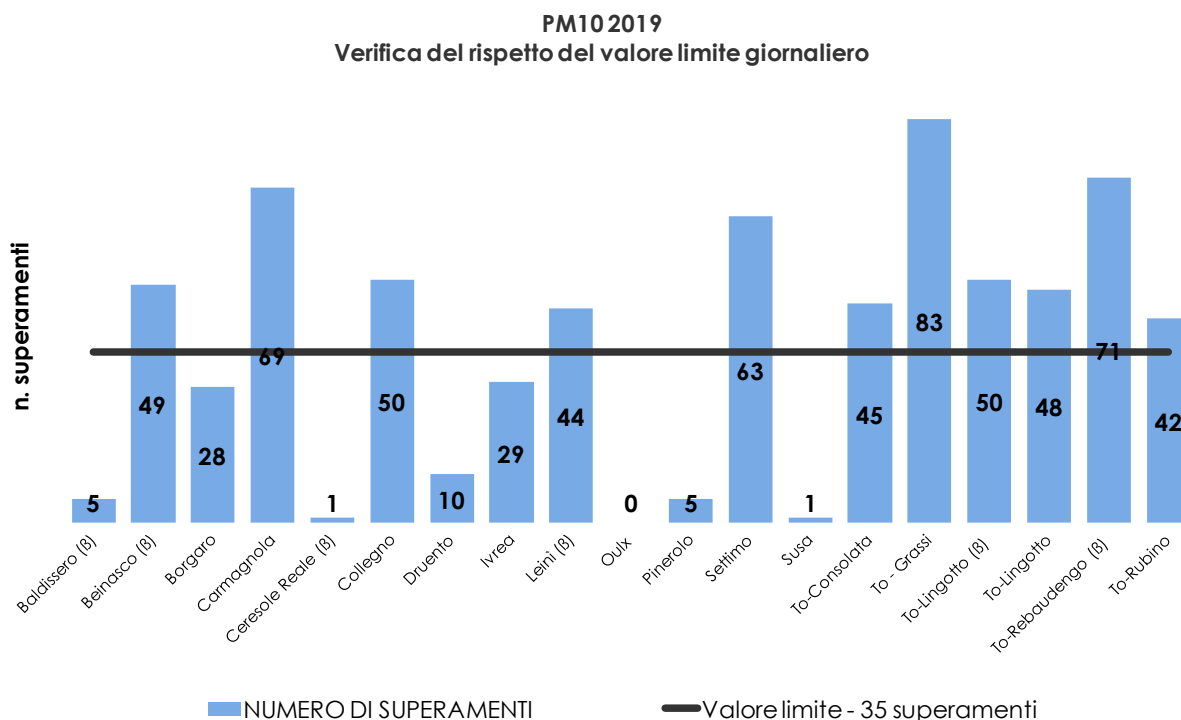


FIGURA 18: parametro PM10, numero di superamenti del limite di 24 ore per la protezione della salute (50 µg/m³ come media giornaliera).

Negli ultimi anni la normativa ha preso in considerazione anche le particelle di minori dimensioni e il Decreto Legislativo 155/2010 ha introdotto un valore limite per il PM2,5 (la cosiddetta frazione fine del particolato) pari a 25 µg/m³ come media annua da raggiungere entro il 1 gennaio 2015. La Direttiva Europea sulla qualità dell'aria ambiente ha inoltre stabilito un obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione umana per il PM2,5 basato sull'indicatore di esposizione media (IEM), valido a livello nazionale. L'IEM è un livello medio di concentrazioni (sulla base di 3 anni di dati),

misurato in stazioni di monitoraggio di fondo urbano (rappresentanti dell'esposizione della popolazione urbana in generale) selezionate in ogni Stato Membro. Il DM 13/3/2013 ha scelto 23 stazioni, tra le quali anche quella di To-Lingotto, per valutare se l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione è stato raggiunto. L'IEM serve anche per stabilire se l'obbligo di concentrazione dell'esposizione, stabilito a 20 µg/m³ da raggiungere entro l'anno 2015, sia stato rispettato.

La rete della città metropolitana di Torino nel corso degli anni è stata arricchita di numerosi campionatori, infatti oltre a quelli "storici" delle stazioni di To-Lingotto e Leinì, attivi da quattordici anni, attualmente il monitoraggio del PM_{2,5} avviene in ulteriori sette siti, scelti per rappresentare varie situazioni emissive (TABELLA 16). Da settembre 2012 inoltre Arpa Piemonte gestisce la stazione di Beinasco-Aldo Mei, di proprietà TRM, installata per monitorare la zona di massima ricaduta dell'inceneritore. Dal 2014 si è aggiunta la stazione di To-Rebaudengo.

Nel 2019 la concentrazione media di PM_{2,5} su base annuale è diminuita ed il valore limite è stato rispettato in tutte le stazioni. Il trend su lungo periodo è decrescente per tutte le stazioni. La stazione di Ceresole invece rappresenta un'area rurale non soggetta ad emissioni antropiche e pertanto ha valori minimi.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2019 (% giorni validi)	PM _{2,5} - VALORE MEDIO ANNUO									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beinasco – TRM (β)	97%	-	-	38*	25	23	26	23	26	20	20
Borgaro	98%	25*	33	31	27	23	26	23	27	22	19
Ceresole Reale (β)	81%	-	-	5*	5*	4	6*	7	9	8*	6*
Chieri	95%	-	-	43*	28	22	24	22	27	22	20
Ivrea	96%	-	28*	27	24*	19*	24	20	24	19*	16
Leinì (β)	54%	29*	29*	29*	26	22	30	24	26*	17*	20*
Settimo	97%	-	-	37	33	26	31	26	30	24	22
To-Lingotto	94%	29	35	33	29	24	27*	23	27	21*	19
To-Rebaudengo (β)	85%	-	-	-	-	25*	27*	29*	33	25	25*

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 16: parametro PM_{2,5}, valutazione statistica anni 2010-2019.

In FIGURA 19 sono riportati i valori mensili di PM_{2,5} a confronto con quelli di PM₁₀ a To-Lingotto, prendendo in considerazione solo i giorni in cui entrambi gli strumenti erano funzionanti.

In questa stazione, ed in generale in quelle di fondo urbano, la frazione più fine incide mediamente in maniera maggiore nei mesi freddi, mentre nei mesi estivi è percentualmente meno alta rispetto al PM₁₀. Nel 2019, come nel 2018, nella stazione di To-Lingotto questa differenza è meno marcata ed il PM_{2,5} costituisce in media circa il 73% del PM₁₀ nel semestre freddo e il 68% nel semestre caldo.

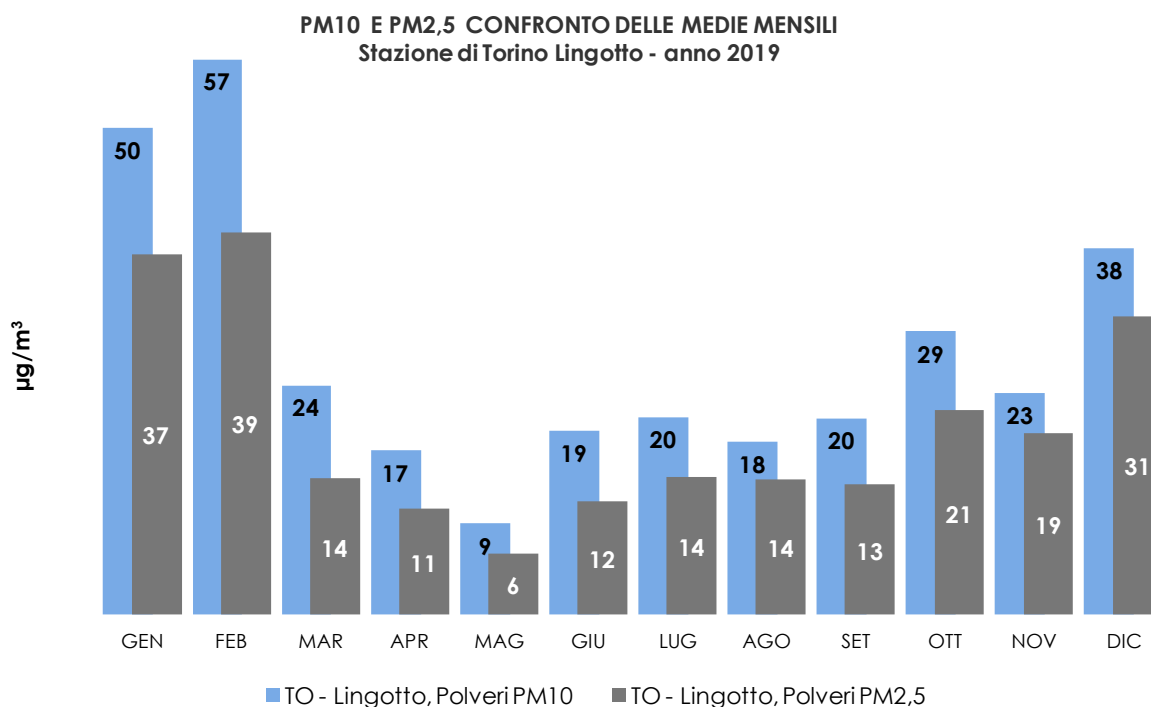


FIGURA 19: confronto tra PM2,5 e PM10 presso la stazione di To-Lingotto.

Tale fenomeno, confermato dalle analisi sulla serie storica, è attribuibile al fatto che la componente secondaria del particolato si concentra maggiormente nella frazione PM2,5 ed è maggiore in periodo invernale rispetto a quello estivo. Da analisi eseguite in un sito urbano nell'area metropolitana torinese è risultato che nel periodo freddo la componente secondaria rappresenta il 61 % del PM2,5, mentre nel periodo caldo cala al 49,5%¹².

La formazione secondaria del particolato a partire da sostanze gassose (i "precursori") è favorita dall'irraggiamento solare, ma occorre considerare che nei mesi freddi la concentrazione al suolo degli inquinanti precursori (idrocarburi, ossidi di azoto, ecc.) è maggiore sia a causa delle condizioni meteorologiche di stabilità atmosferica sia per il contributo degli impianti di riscaldamento.

Ciò vale in particolare nel caso dei nitrati, che sono una delle componenti principali del particolato secondario. Come evidenziato dai risultati del progetto iMonitraf!, descritti nell'edizione 2011 di "Uno sguardo all'aria", i nitrati si concentrano maggiormente nelle frazioni inferiori a 1,5 µm e nei mesi freddi arrivano a costituire circa il 25% in massa del PM10. Il nitrato d'ammonio, che è la forma prevalente, è un composto semivolatile, per cui in condizioni di bassa temperatura (in autunno-inverno) è favorita la sua condensazione in fase particolato¹³. Nei mesi freddi aumenta inoltre l'emissione di ossidi di azoto a causa dell'accensione degli impianti di riscaldamento e sono meno intensi i processi di fotolisi dell'acido nitrico aerodisperso, la cui presenza è necessaria alla formazione dei nitrati in fase particellare.

Un altro fattore che può risultare rilevante sulla distribuzione dimensionale delle particelle è la velocità del vento, che mediamente aumenta da marzo ad agosto e quindi può incrementare il risollevarsi della frazione più grossolana del particolato nel periodo estivo.

Il ruolo dell'irraggiamento solare quale fattore influenzante la formazione del particolato più fine è più evidente nella stazione di Ceresole Reale, lontana da fonti di emissione e posta a una quota più elevata dell'altezza dello strato rimescolato invernale, da cui hanno origine le elevate concentrazioni del particolato misurate in pianura durante i mesi freddi. In questa stazione si osserva che l'andamento delle medie mensili è opposto a quello delle stazioni collocate in ambiti urbani di pianura: mentre in queste ultime i valori massimi di PM10 e PM2,5 si registrano in inverno, a Ceresole i valori mensili massimi solitamente si verificano nella stagione estiva, in corrispondenza

¹² Arpa Piemonte, Dipartimento Provinciale di Torino "Progetto di studio delle sorgenti di inquinamento atmosferico nel territorio circostante la centrale termoelettrica di IRIDE "Torino Nord", maggio 2013

¹³ Perrone Maria Grazia et al, Seasonal variations in chemical composition and in vitro biological effects of fine PM from Milan, March 2010, Chemosphere, Volume 78, Issue 11, pag 1368-1377

della massima insolazione. Nel 2019 le massime medie mensili si sono registrate a giugno-luglio ed agosto, ed in generale i valori medi mensili si collocano poco sopra le medie del periodo 2010-2018, ad eccezione di mese di giugno, al di sopra dei massimi, come si può osservare in FIGURA 20, dove è rappresentato un confronto con le medie mensili registrate negli anni 2010-2018.

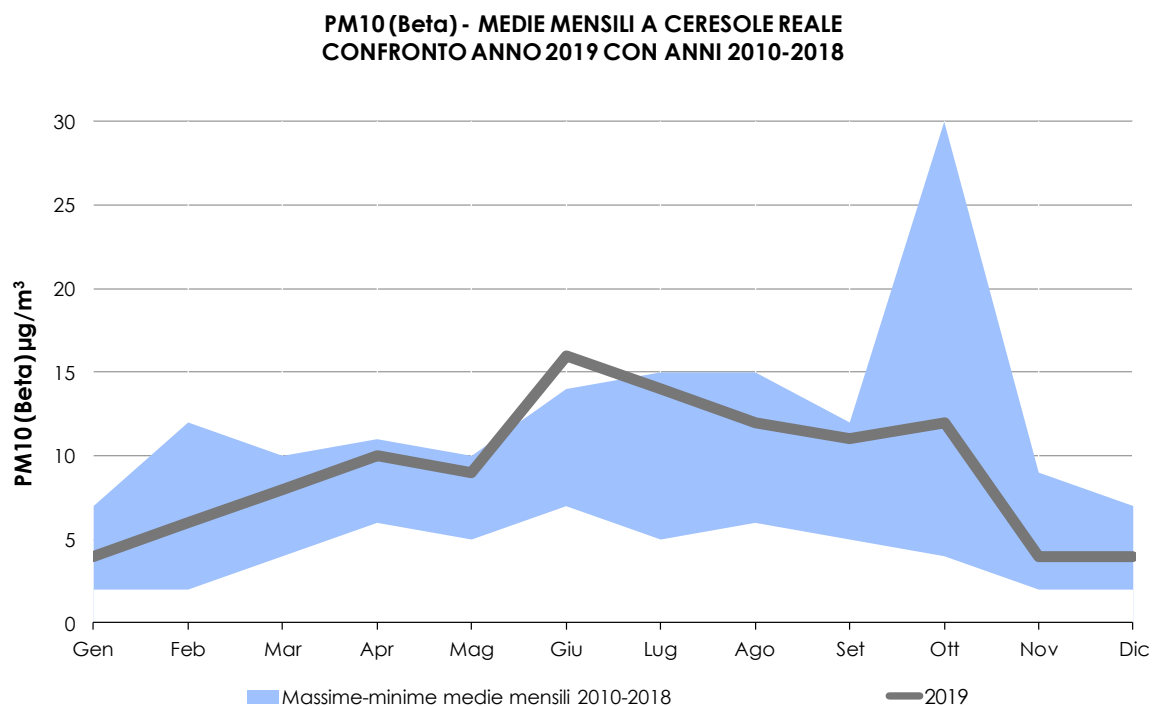


FIGURA 20: confronto tra le medie mensili di PM10 nel 2019 con le medie 2010-2018 presso la stazione di Ceresole Reale.

ANALISI DELLE SERIE STORICHE DI PARTICOLATO IN DUE SITI URBANI DI TRAFFICO E DI BACKGROUND.

E' possibile osservare, da un punto di vista qualitativo, un andamento decrescente delle medie annuali nelle stazioni di monitoraggio provinciali più critiche, per le quali la serie storica è quasi ventennale (dal 2000, FIGURA 21), ma un approccio di tipo statistico consente di stimare numericamente un trend e la sua significatività. Per questo è stato scelto il metodo Theil-Sen^{14,15}, utilizzato nel pacchetto software openair¹⁶, il cui vantaggio è che produce intervalli di confidenza accurati anche quando i dati non sono distribuiti normalmente e in caso di varianza dell'errore non costante. Inoltre, è un metodo robusto rispetto agli outliers (eventuali valori anomali).

Le serie storiche di dati giornalieri scelte per poter effettuare la stima sono quelle di To-Consolata, stazione di traffico nel centro di Torino, e di Borgaro, stazione di fondo collocata in un'area di verde pubblico, non direttamente esposta a sorgenti emmissive, e quindi rappresentativa dell'esposizione media della popolazione agli inquinanti atmosferici. Il trend è stato valutato dopo avere rimosso la componente stagionale dalla serie di dati.

Le medie mensili destagionalizzate del PM10 sono rappresentate in FIGURA 22 per la stazione di To-Consolata (periodo 2000-2019) e in FIGURA 23 per la stazione di Borgaro Torinese (periodo dal 2002 al 2019). La linea rossa continua indica il trend stimato e le due linee rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%. Il valore complessivo del trend, in µg/m³ per anno, è indicato in alto e tra parentesi è l'intervallo di confidenza.

L'analisi di trend evidenzia una riduzione nelle concentrazioni di PM10 per entrambi i siti, con elevata significatività statistica ($p < 0,001$); la riduzione più marcata è per To-Consolata, che mostra

¹⁴ Theil, H., 1950. "A rank invariant method of linear and polynomial regression analysis, i, ii, iii." Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen, Series A - Mathematical Sciences 53, 386-392, 521-525, 1397-1412.

¹⁵ Sen, P. K., 1968. "Estimates of regression coefficient based on Kendall's tau." Journal of the American Statistical Association 63(324).

¹⁶ Carlaw DC and Ropkins K (2012). "openair — An R package for air quality data analysis." Environmental Modelling & Software, 27-28(0), pp. 52-61. ISSN 1364-8152, doi: 10.1016/j.envsoft.2011.09.008.

un trend complessivo di $-1,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno, mentre per la stazione di Borgaro la riduzione è limitata a $1,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ all'anno.

PM10 - ANDAMENTO STORICO DEL VALORE MEDIO ANNUALE
 stazioni di TO-Consolata e TO-Grassi (To-Rebaudengo per l'anno 2015)

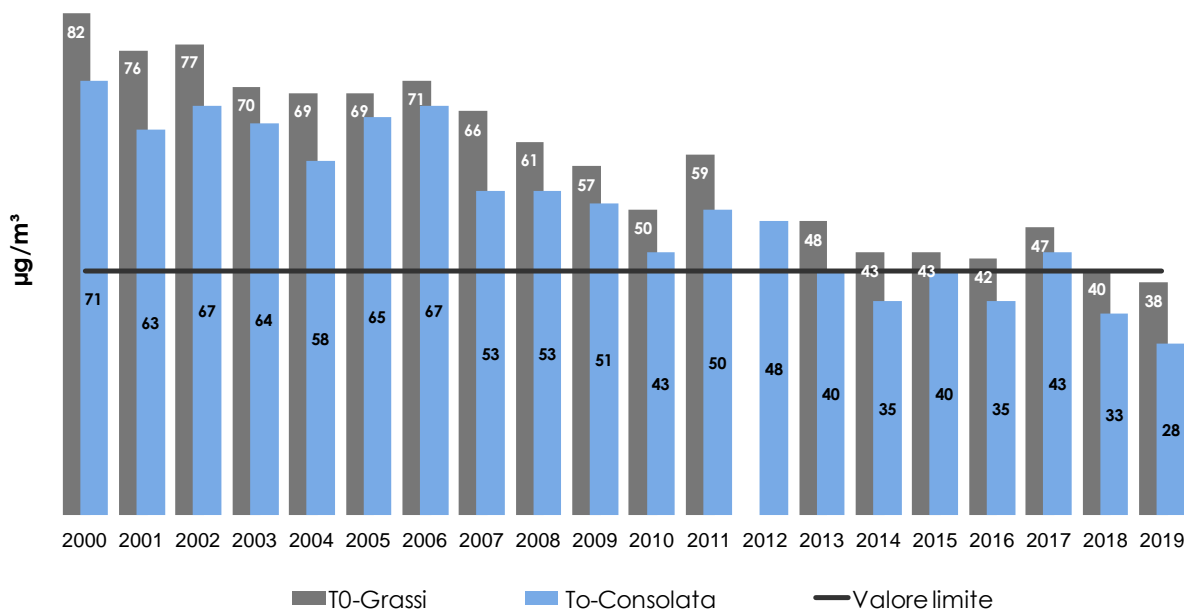


FIGURA 21: parametro PM10, concentrazioni medie annue rilevate nella città di Torino nel periodo 2000-2019 (per l'anno 2015 il dato è relativo a To-Rebaudengo).

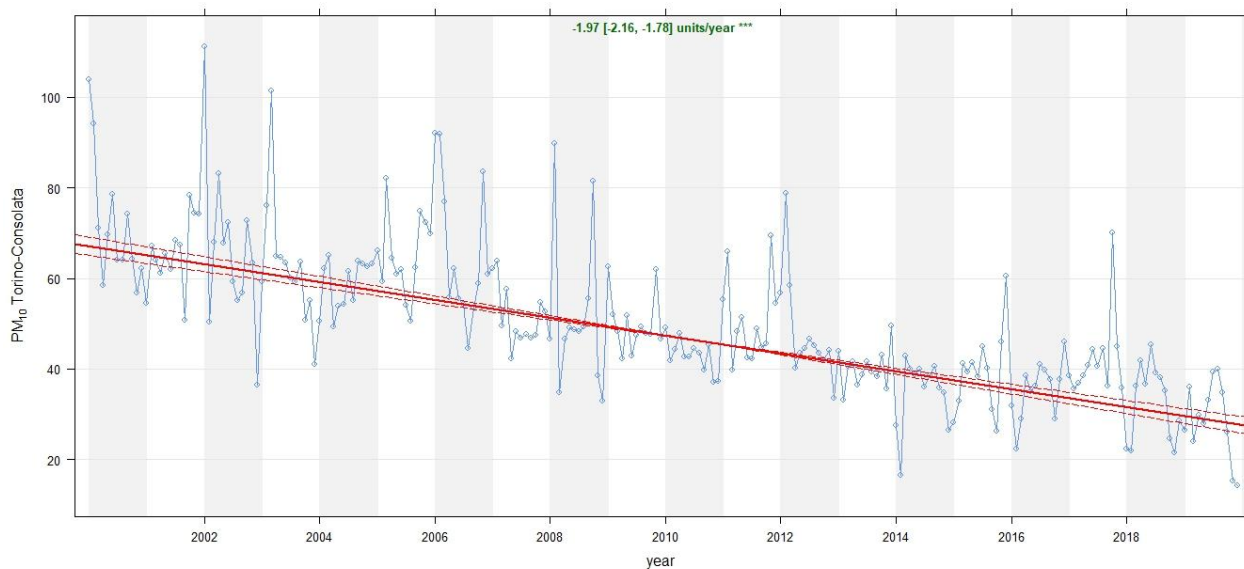


FIGURA 22: stima del trend dal 2000 al 2019 delle concentrazioni giornaliere di PM10, per la stazione di To_Consolata (significatività statistica: $p < 0,001 = ***$, $p < 0,01 = **$, $p < 0,05 = *$ e $p < 0,1 = +$).

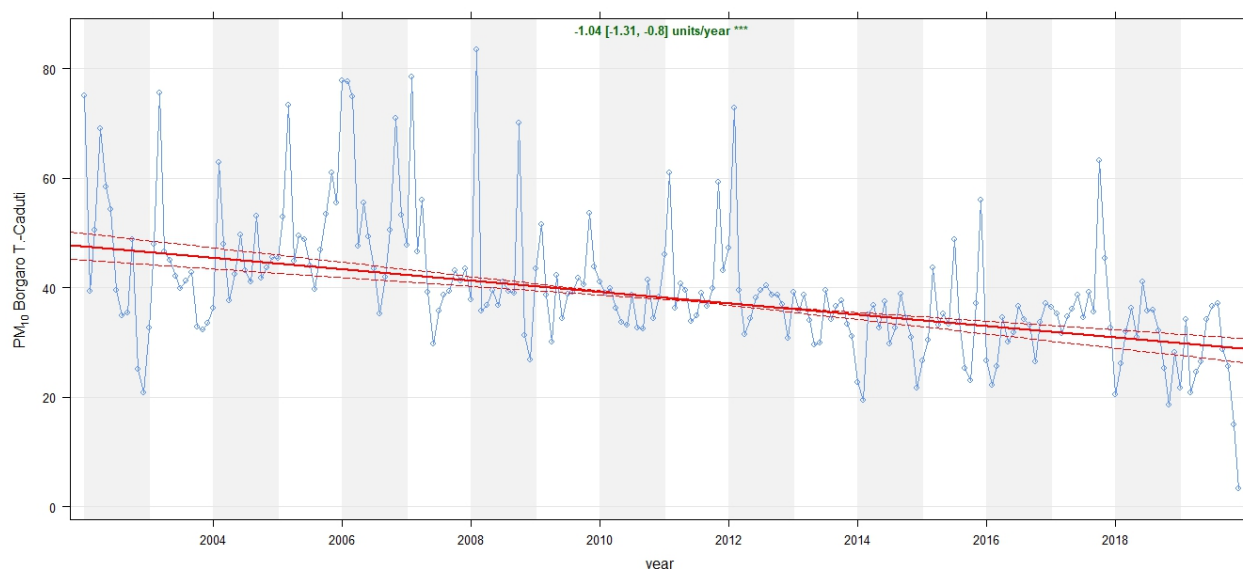


FIGURA 23: stima del trend dal 2002 al 2019 delle concentrazioni giornaliere di PM10, per la stazione di Borgaro Torinese (significatività statistica: $p < 0,001 = ***$, $p < 0,01 = **$, $p < 0,05 = *$ e $p < 0,1 = +$).

L'ANDAMENTO ORARIO DEL PARTICOLATO IN DUE SITI URBANI DI TRAFFICO E DI BACKGROUND.

La misura del particolato con dettaglio orario non ha rilevanza in merito al rispetto dei limiti, che fanno riferimento alla concentrazione media giornaliera, ma è utile al fine di valutare le prestazioni dei modelli di dispersione e trasformazione degli inquinanti (che ricostruiscono le serie temporali orarie) e per approfondire le dinamiche di formazione del particolato aerodisperso. A questo scopo nel maggio 2013 è stato installato nella stazione di To-Rubino uno strumento che fornisce la misura del PM10 e PM2,5 su base oraria in modo automatico (con un analizzatore a raggi beta).

I dati sono stati confrontati con quelli provenienti dalla stazione di To-Rebaudengo, dove dal 2013 è presente uno strumento che stima la concentrazione oraria in massa di PM10 e PM2,5 a partire dalle concentrazioni numeriche delle particelle rilevate da un contatore ottico. Le due stazioni di monitoraggio hanno caratteristiche diverse: quella in piazza Rebaudengo rappresenta situazioni emissive di picco, visto il notevole traffico veicolare circolante nella piazza, mentre la stazione in via Rubino rappresenta un valore tipico di fondo urbano, non essendo direttamente soggetta a fonti di emissione.

Il valore di PM10 ottenuto dall'analizzatore beta in via Rubino è stato mediato a livello giornaliero e confrontato con le concentrazioni ottenute utilizzando il campionario di riferimento europeo, che si basa sulla pesata in laboratorio dei filtri campionati. I risultati del 2019, come nei cinque anni precedenti, indicano un'ottima correlazione dei dati giornalieri e confermano la validità del dato acquisito dall'analizzatore automatico (FIGURA 24), seppure a fronte di una sottostima delle concentrazioni dell'ordine del 9%¹⁷.

In FIGURA 25 si possono confrontare gli andamenti delle medie orarie di PM10 e PM2,5 nel giorno tipo annuale. Come si può osservare, l'andamento del PM10 in piazza Rebaudengo presenta due massimi alle 9 del mattino e alle 22 con valori pari a 56 e 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente. I minimi si hanno intorno alle 5 del mattino, quando le emissioni sono meno intense, e intorno alle 16, quando per la maggiore temperatura atmosferica si verifica il maggiore rimescolamento delle masse d'aria atmosferica e quindi la maggiore diluizione degli inquinanti. Il PM2,5 presenta un andamento analogo con picchi alle 9 e alle 22, pari a 48 e 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'andamento del biossido di azoto, anch'esso inquinante di natura prevalentemente secondaria, presenta due picchi, di cui quello serale anticipato di un paio d'ore rispetto al particolato (FIGURA 26). Inoltre il massimo assoluto si registra in ore serali, quando in assenza di radiazione solare, è sfavorita la fotolisi del biossido di azoto a monossido e le condizioni atmosferiche sono di maggiore stabilità. Invece per il particolato

¹⁷ Nelle condizioni di misura tipiche della Pianura Padana, in cui gli episodi di picco di particolato aerodisperso sono caratterizzati da una elevata componente secondaria, gli analizzatori a radiazione beta possono presentare sottostime del valore di PM10 a causa della perdita di composti semivolatili (in particolare nitrato d'ammonio) dovuta al riscaldamento dello strumento. Poiché di norma tali composti sono tanto più presenti quanto maggiore è il valore di concentrazione, la sottostima risulta percentualmente maggiore in presenza di concentrazioni più elevate.

il picco mattutino è superiore a quello serale (FIGURA 27), come avvenuto nel triennio 2016-2018, ma non nel 2015, quando i due picchi mattutino e serale presentavano una concentrazione praticamente identica. La presenza di valori alti notturni è strettamente dipendente dalle condizioni di stabilità atmosferica; quando si verificano frequenti inversioni termiche notturne e se l'inversione avviene anche nelle ore diurne può capitare che i picchi serali siano superiori a quelli mattutini. Il fenomeno è stato particolarmente evidente nell'ultimo trimestre dell'anno 2015.

Come detto la stazione di To-Rubino è meno soggetta a fonti primarie di emissione, e questo si manifesta nei valori di particolato misurati, che sono inferiori a quelli di To-Rebaudengo. C'è inoltre una certa differenza nel profilo del giorno tipo, che presenta valori molto più costanti nella giornata. Si può notare, inoltre, nel profilo del PM10, che i valori dall'una alle 6 del mattino sono molto simili nelle due stazioni, nonostante la citata differenza nell'ubicazione delle stesse. Una possibile spiegazione al fenomeno sulla persistenza di alti valori notturni può essere il meccanismo di accrescimento delle particelle, che di notte aumentano la propria dimensione in conseguenza della condensazione sulla propria superficie dei precursori gassosi, favorita dalla diminuzione della temperatura. Inoltre, come descritto nel capitolo "La concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area metropolitana torinese", il numero di particelle progressivamente diminuisce a seguito della coagulazione per collisione tra loro, mentre aumenta la loro massa e quindi aumentano i valori di PM2,5 misurati, soprattutto in condizioni di alta stabilità atmosferica.

I minimi orari per il PM10 e il PM2,5 di To-Rubino (21 e 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) si verificano alle 6 e nel pomeriggio alle 15-16 in corrispondenza alle ore di maggiore rimescolamento atmosferico e rappresentano concentrazioni di fondo urbano che si stanno lentamente riducendo negli anni, con il progressivo contenimento delle emissioni di particolato primario e dei precursori gassosi del particolato.

Interessante inoltre confrontare i valori di PM10 nel periodo freddo (gennaio-marzo e ottobre-dicembre) e quello caldo (aprile-settembre), che nel seguito chiameremo "inverno" ed "estate".

I valori invernali di PM10 e PM2,5 sono circa il doppio di quelli estivi; la differenza maggiore tra estate ed inverno si verifica per il PM2,5 di To-Rubino, dove i valori invernali sono 2,3 volte quelli estivi. Il giorno tipo del PM2,5 e PM10 in piazza Rebaudengo presenta un andamento pressoché identico nei due periodi e mostra infatti il classico doppio picco mattutino e serale, come quanto riscontrato l'anno precedente.

Per quanto riguarda il giorno tipo di To-Rubino si nota una sostanziale costanza dei valori estivi di PM10 e PM2,5, mentre nel periodo invernale i valori notturni del PM10 (dalle 19 alle 3 di notte) sono più alti della media, in conseguenza della maggiore stabilità atmosferica notturna (FIGURA 28).

In conclusione l'analisi dei dati orari di PM10 e PM2,5, pur non avendo una valenza normativa, costituisce un ulteriore strumento a supporto delle politiche di risanamento, in quanto permette di approfondire la conoscenza dei fenomeni di formazione del particolato e dell'interconnessione degli stessi con le proprietà meteo-dispersive dell'atmosfera.

Torino Rubino - Correlazione PM10 beta con PM10 gravimetrico, Anno 2019

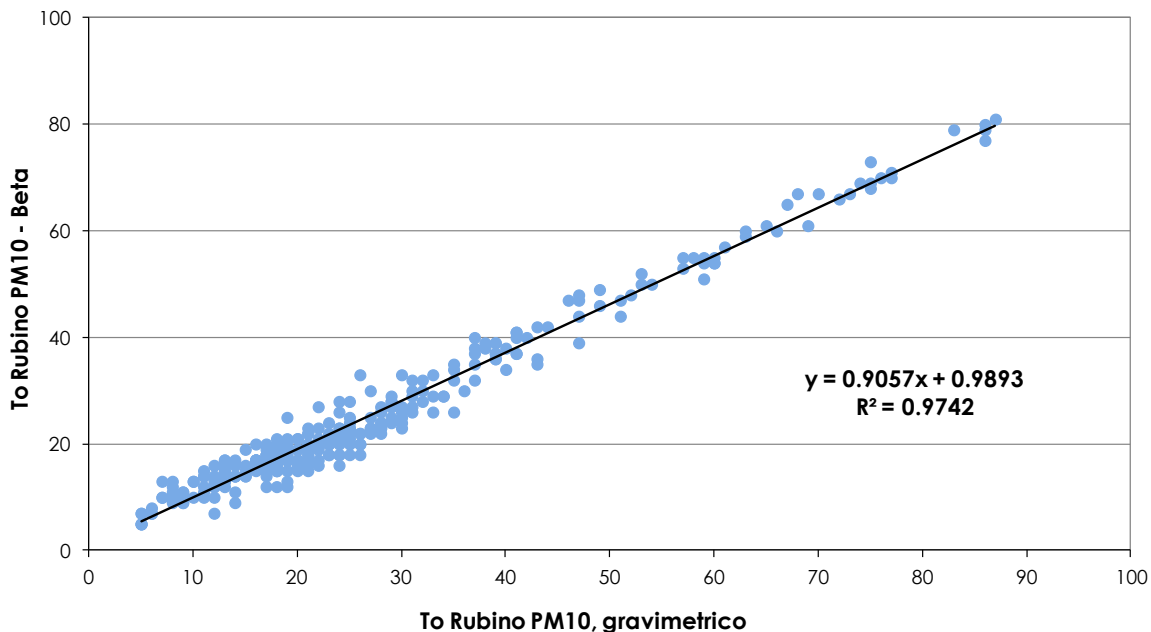


FIGURA 24: correlazione tra i dati giornalieri del PM10 di To-Rubino misurati con tecnica gravimetrica e analizzatore a raggi beta.

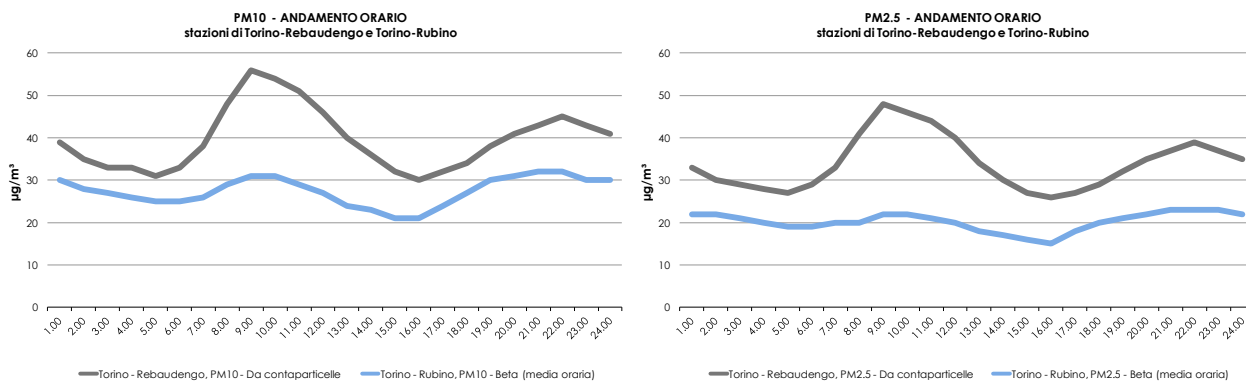


FIGURA 25: giorno tipo annuale di PM10 e PM2,5 a To-Rebaudengo e To-Rubino, anno 2019.

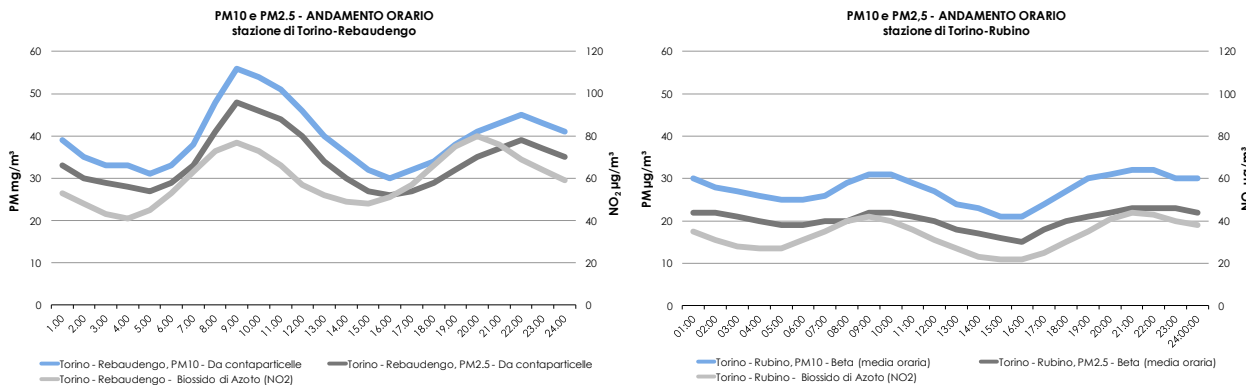


FIGURA 26: giorno tipo annuale di PM10 e PM2,5 a To-Rebaudengo e To-Rubino, confronto con le medie di NO₂, anno 2019.

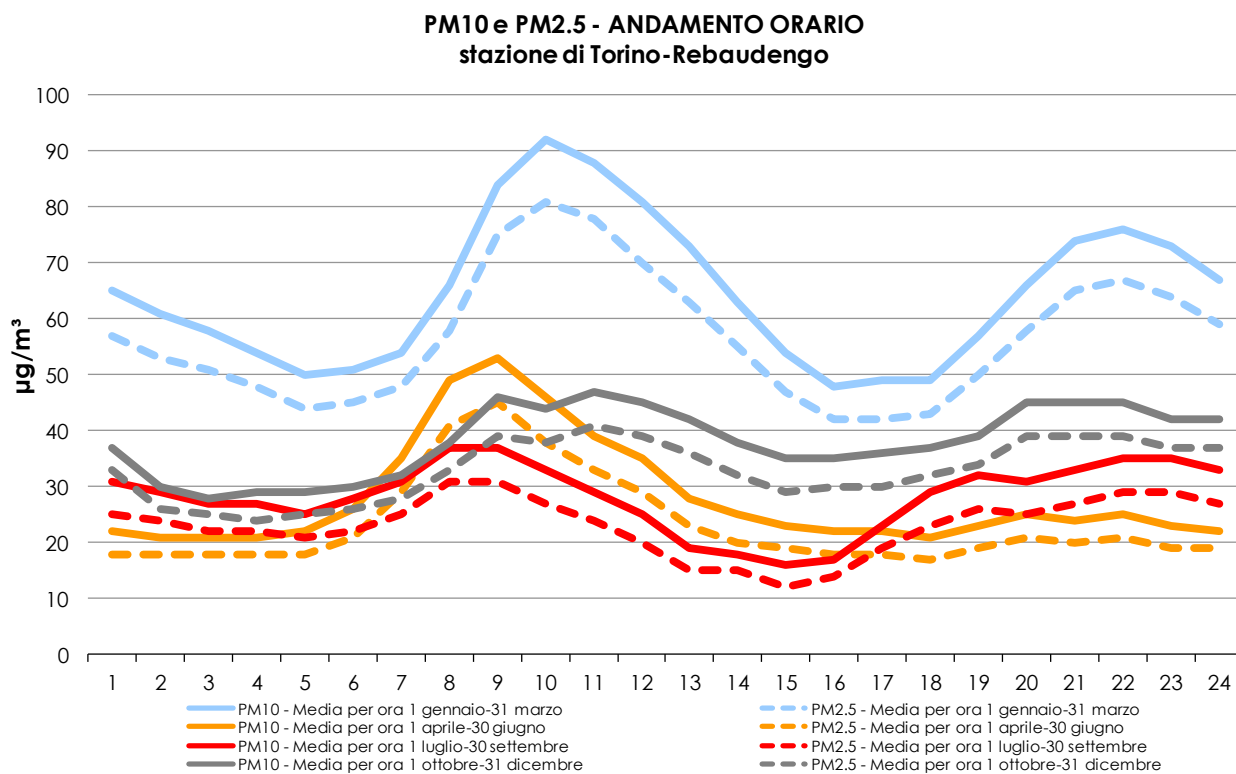


FIGURA 27: giorno tipo per trimestri di PM10 e PM2,5 a To-Rebaudengo, anno 2019.

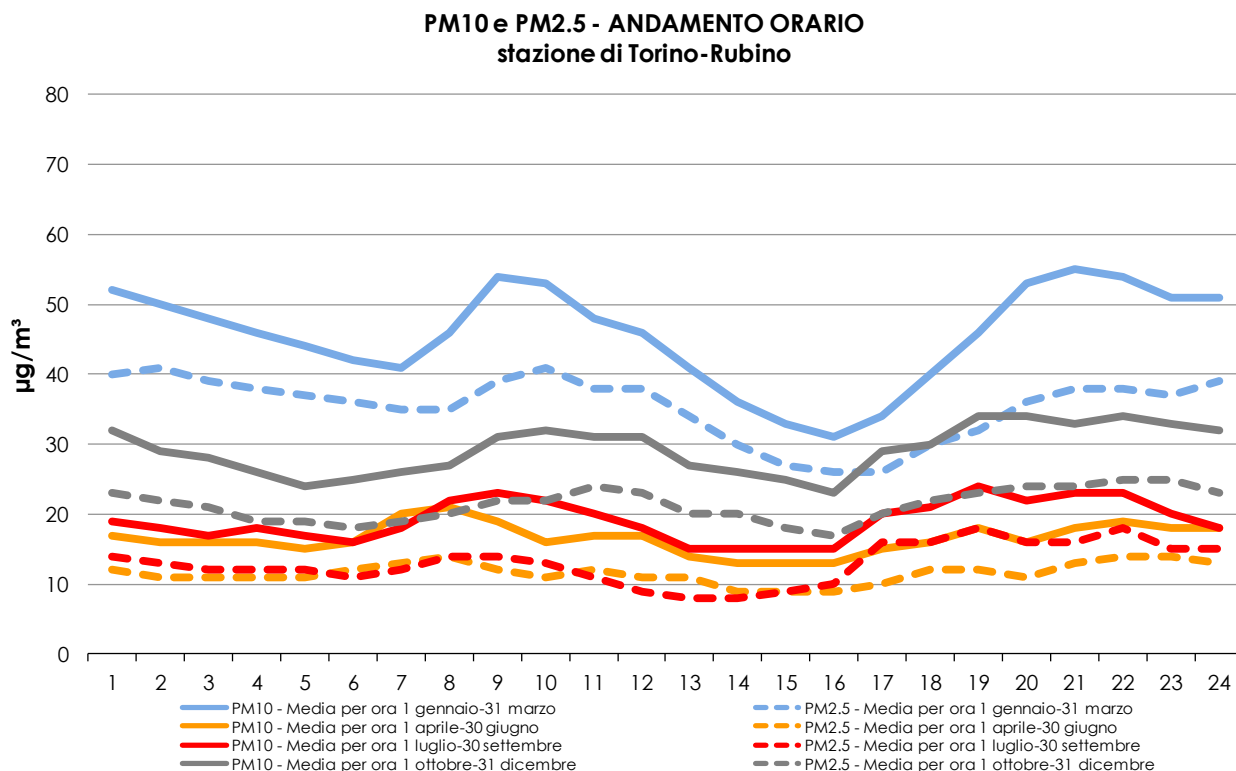


FIGURA 28: giorno tipo per trimestri di PM10 e PM2,5 a To-Rubino, anno 2019.

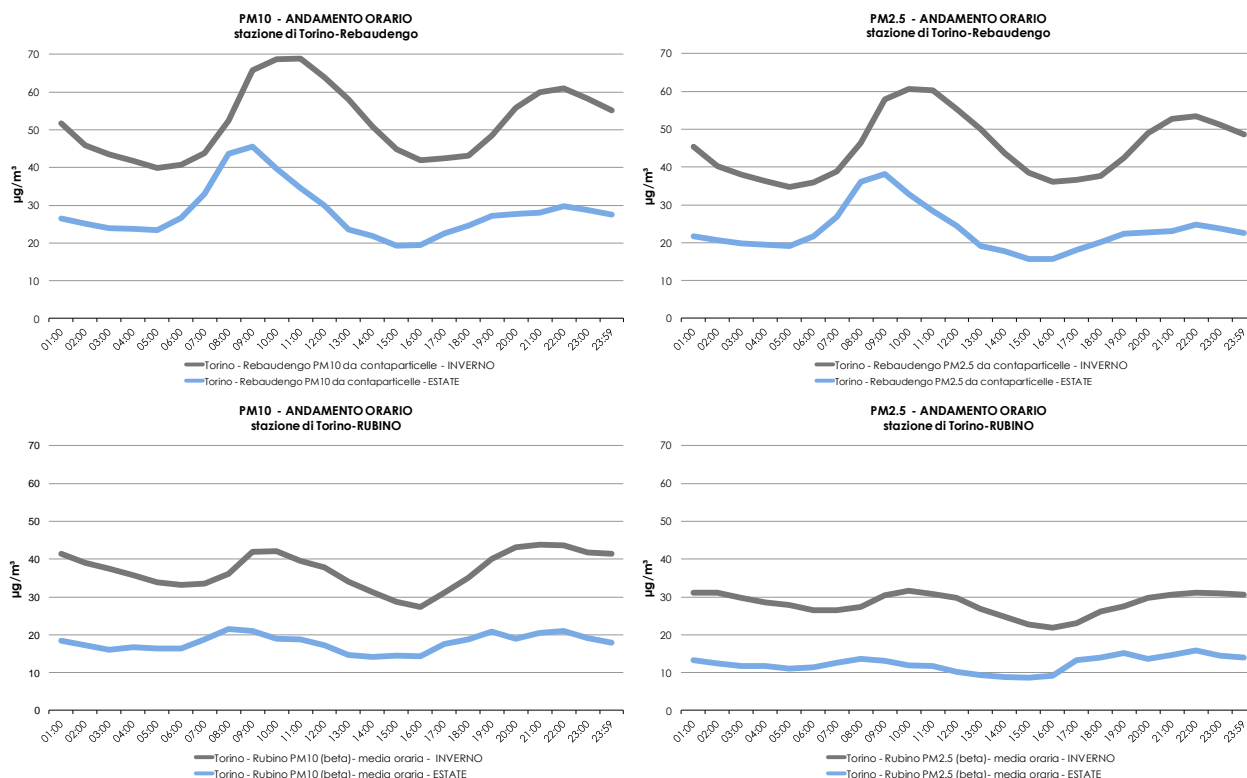


FIGURA 29: PM10 e PM2,5 orari confronto tra il giorno medio invernale ed estivo - anno 2019.

PARTICELLE SOSPESE TOTALI

L'attenzione normativa si è incentrata negli ultimi anni sulla frazione di particolato PM10 e PM2,5, in quanto gli studi tossicologici ed epidemiologici hanno evidenziato che le particelle di minori dimensioni sono quelle più dannose per la salute umana. Le particelle sospese totali, che precedentemente al recepimento delle Direttive Europee costituivano il parametro di riferimento di legge, sono ancora misurate presso la stazione in via Consolata a Torino. L'esame dell'andamento della concentrazione delle polveri totali, vista la lunga serie storica di dati, è utile per avere un'indicazione del trend relativo al PM10 anche in periodi nei quali questo parametro non veniva misurato. Infatti, come si osserva in FIGURA 30 nella quale per la stazione di To-Consolata sono riportate le medie annuali di PTS e PM10, il PM10 costituisce circa il 70% delle polveri totali.

In FIGURA 30 per il PTS sono riportate le concentrazioni medie annue rilevate in 41 anni di monitoraggio. I valori che si misurano oggi sono molto minori rispetto agli anni '80, quando mediamente erano intorno ai 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dal 1999 al 2006 si sono stabilizzati intorno ai 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre, dopo una serie di valori intorno ai 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrati dal 2012 al 2015, dal 2016 i valori sono poco sopra ai 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il minimo storico si è toccato nel 2018, con 42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, nel 2019 la media è stata lievemente più alta, 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La diminuzione registrata rispetto ai primi anni di rilevamento è stata ottenuta grazie a molteplici fattori, quali il trasferimento all'esterno dell'area metropolitana e la chiusura di alcuni impianti industriali di notevole impatto ambientale, la progressiva sostituzione con il metano di combustibili altamente inquinanti, come l'olio combustibile e il carbone, la diminuzione del biossido di zolfo e degli ossidi di azoto, precursori del particolato ed i miglioramenti nell'efficienza dei motori e nelle emissioni degli autoveicoli.

**CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PARTICOLATO TOTALE SOSPESO
Stazioni di Torino (1980-2019)**

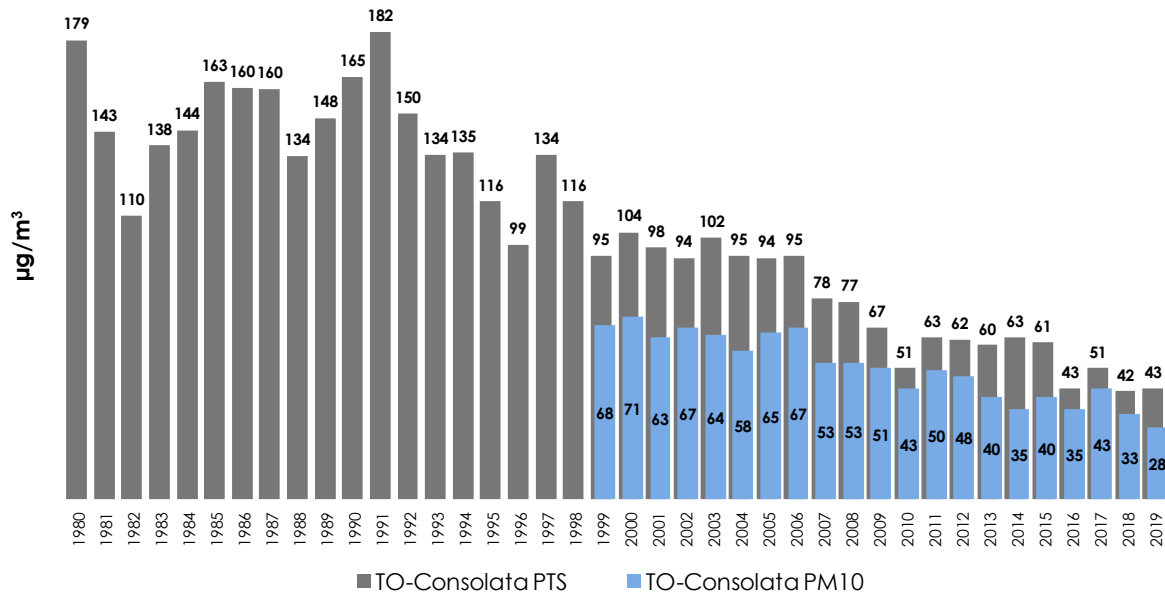


FIGURA 30: parametro PTS, medie annuali misurate nelle stazioni di Torino dal 1980 al 2019.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2019 (% giorni validi)	PM10 – VALORE MEDIO ANNUO Valore limite annuale: 40 µg/m³										PM10- NUMERO DI SUPERAMENTI del valore limite di 24 ore (50 µg/m³)									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Baldissero (B)	68%	20	23	21	17	14*	17	14	11	8	18*	13	33	17	9	6*	8	1	1	0	5*
Beinasco-TRM (B)	97%	-	-	48*	33	30	33	29	36	28	27	-	-	37*	70	47	68	52	88	41	49
Borgaro	85%	37	43	42*	35*	31*	35*	31	38	30	26*	83	107	90*	75*	44*	71*	54	90	42	28*
Carmagnola	98%	44	49	50	42	36	41	37	45	36	35	118	130	137	109	82	107	73	122	69	69
Ceresole Reale (B)	82%	6*	7*	7	6*	5	7	9	11	11*	9*	0*	0*	0	0*	0	0	0	6	0*	1*
Collegno	96%	-	-	33*	36	32	36	32	40	33*	30	-	-	50*	83	61	81	61	102	56*	50
Druento	97%	27	31	28	24	19	23	21	27	22	19	38	63	45	29	11	23	22	41	15	10
Ivrea	80%	28	35	34	27	23	28	26	31*	25	24*	53	82	71	52	30	55	41	60*	28	29*
Leini (B)	96%	35*	36*	33	29	25	36	30	34	33*	26	61*	74*	66	59	35	84	57	79	28*	44
Oulx	92%	19	20	17	18	17*	18*	16	18	18	15	7	11	3	6	5*	7*	0	8	1	0
Pinerolo (B)	93%	28*	32	29	26	-	21	23	26	21	19	29*	57	54	33	-	11	15	40	11	5
Settimo	96%	-	-	44	39	34	39	35	44*	36*	34	-	-	111	88	81	98	70	99*	65*	63
Susa	95%	22	23	21	18	16	18	17	22	18	15	21	24	15	10	1	11	10	27	6	1
To-Consolata	94%	43	50	48	40	35	40	35	43	33*	28	102	134	118	100	75	93	75	108	55	45
To-Grassi	98%	50	59	60*	48	43*	52*	42	47	40*	38	131	158	103*	126	77*	75*	89	112	76*	83
To-Lingotto (B)	90%	34	48*	41*	34	31	36	32	38	31*	28	72	95*	90*	69	56	85	60	101	45*	50
To-Lingotto	96%	36	44	42	38	32	38	34	39	28*	27	80	106	94	89	59	86	62	92	39*	48
To-Rebaudengo (B)	96%	-	-	-	37*	40	43	37	46	39	34	-	-	-	53*	94	101	74	118	87	71
To-Rubino	84%	39	47	40*	35	31	36	32	38	29*	28*	83	111	83*	87	58	84	65	97	33*	42*

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 17: parametro PM10, valutazione statistica anni 2010-2019.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2019 (% giorni validi)	PTS – VALORE MEDIO ANNUO									
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
To-Consolata	87%	51	63	62*	60*	63*	61*	43	51c	42	43*

(*) Rendimento strumentale inferiore al 90%

TABELLA 18: parametro polveri totali (PTS), valutazione statistica anni 2010-2019.

IL BLACK CARBON IN PIEMONTE

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

INTRODUZIONE

Il black carbon (BC) è parte della frazione carboniosa del particolato fine, ed è definito come l'insieme delle particelle carboniose in grado di assorbire luce con lunghezza d'onda caratteristica nello spettro del visibile (380 ÷ 760 nm). Fondamentalmente, queste particelle di carbonio presentano una microstruttura simile a quella della grafite aggregata in piccole sfere con diametro indicativamente compreso tra 10 e 50 nm. Il BC proviene dalla combustione incompleta di carburanti di origine fossile, principalmente diesel, dalla combustione della biomassa (ad esempio in ambito agricolo o per gli incendi boschivi) e dal riscaldamento domestico (sia con combustibili fossili che con biomasse). Il BC ha effetti tossici trascurabili sui polmoni umani e animali e sulle cellule delle vie aeree come macrofagi e cellule epiteliali respiratorie. È stato invece suggerito che eserciti un ruolo chiave indiretto nella tossicità come vettore universale di sostanze organiche semi-volatili tossiche e altri composti co-rilasciati nei processi di combustione o attaccati alla loro superficie durante il trasporto regionale e a lungo raggio¹⁸.

L'attenzione verso questo componente del particolato è cresciuta negli anni, poiché oltre a contribuire all'inquinamento atmosferico, influisce sul cambiamento climatico ed è stato inserito come inquinante da ridurre insieme al PM_{2,5} nell'aggiornamento 2012 del Protocollo di Gotheborg, entrato in vigore il 7 ottobre 2019. Il BC infatti, è noto come un forzante climatico a vita breve, ha un forte effetto di riscaldamento ma non persiste nell'atmosfera come l'anidride carbonica (CO₂). Tuttavia, ricerche più recenti mostrano che il BC intrappola il calore 680 volte più della CO₂. Pertanto, in particolare nel contesto globale dello scioglimento dei ghiacciai, della riduzione della massa di ghiaccio ai Poli, con effetti a catena sulla flora e sulla fauna e l'innalzamento del livello del mare, la riduzione delle emissioni di BC è un obiettivo fondamentale nella lotta ai cambiamenti climatici¹⁹.

Il monitoraggio del BC con strumentazione in grado di fornire un primo livello di "source apportionment" identificando le due principali categorie di contributo (da fonti fossili e da biomassa) ha quindi rilevanza sia in termini di inquinamento atmosferico al suolo che di valutazione delle politiche di riduzione dei gas climalteranti.

LE MISURE

Il BC in Piemonte viene misurato dall'estate 2018 in due stazioni, una in Torino, di fondo urbano, e una a Domodossola, di fondo suburbano, con un analizzatore in continuo (Aethalometer Model AE33 – Magee Scientific, successivamente etalometro). Le due stazioni sono collocate in contesti urbani molto differenti, To-Lingotto in un parco dell'area urbana torinese, Domodossola-Curotti in una città di 18 mila abitanti, centro principale della val d'Ossola nella piana del fiume Toce, alla confluenza di più valli alpine. To-Lingotto presenta dei valori più critici di biossido di azoto e di PM₁₀ rispetto a Domodossola (vedi TABELLA 19 e FIGURA 31), ma quest'ultima è caratterizzata da livelli di benzo(a)pirene sempre superiori o pari al valore obiettivo annuale fissato da normativa (massima media annuale: 1,9 ng/m³ nel 2015 e 2016), quando To-Lingotto ha sempre rispettato il limite. Nel 2019 i valori di benzo(a)pirene a Domodossola sono stati doppi rispetto al Lingotto (1 ng/m³ contro 0,5 ng/m³ annuali). Ne risulta quindi un particolato molto più ricco di Benzo(a)pirene rispetto a quello a To-Lingotto, come si può osservare in FIGURA 32.

¹⁸ Janssen N. et al., (2012) Health Effects Of Black Carbon, World Health Organization

¹⁹ [<http://www.unece.org/info/media/presscurrent-press-h/environment/2019/entry-into-force-of-amended-göthenburg-protocol-is-landmark-for-clean-air-and-climate-action/doc.html>]

PARAMETRO	Domodossola - Curotti NO ₂ (µg/m ³)	To-Lingotto NO ₂ (µg/m ³)	Domodossola - Curotti NO (µg/m ³)	To-Lingotto NO (µg/m ³)	Domodossola - Curotti Black Carbon (µg/m ³)	To-Lingotto Black Carbon (µg/m ³)
Ore valide	8654	7913	8652	7926	8086	8608
Percentuale ore valide	99%	90%	99%	90%	92%	98%
Media delle medie mensili dei massimi giornalieri	41	62	48	70	4,72	2,84
Media dei massimi giornalieri	41	61	48	64	4,54	2,78
Media dei valori orari	20	37	14	23	1,92	1,38

TABELLA 19: dati statistici anno 2019 per le stazioni To-Lingotto e Domodossola-Curotti.

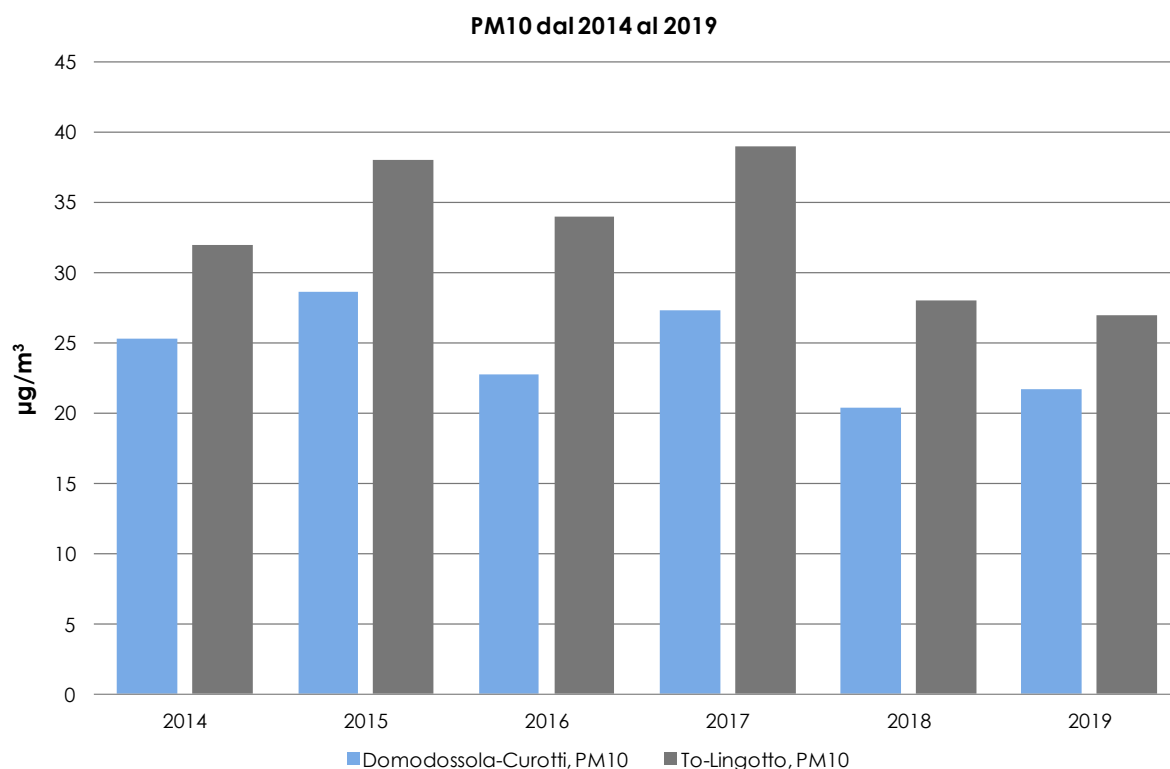


FIGURA 31: medie annuali di PM10 a Torino-Lingotto e Domodossola-Curotti.

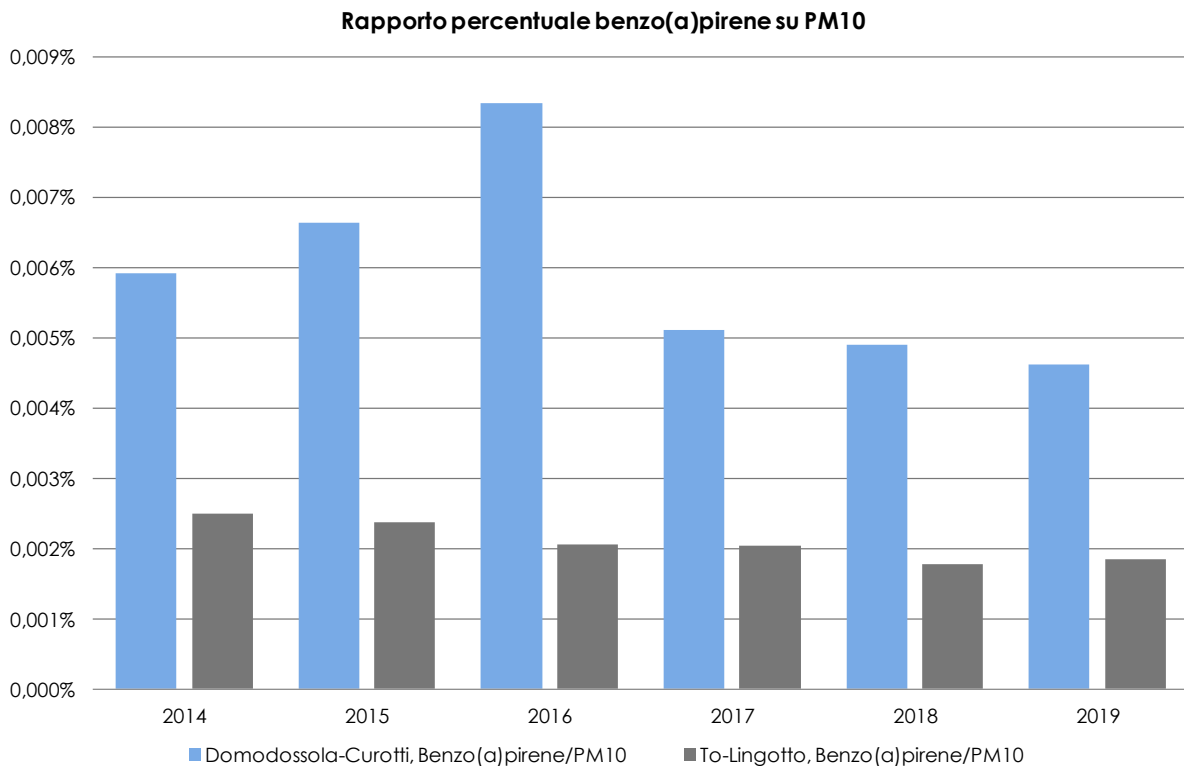


FIGURA 32: percentuale di benzo(a)pirene nel PM10 – anni 2014-2019.

Tale criticità relativamente al benzo(a)pirene ha fatto subito supporre come molto significativa la fonte riscaldamento tramite combustione di biomasse. Questa ipotesi è stata poi supportata dal source apportionment modellistico relativo al 2015 effettuato per il nuovo Piano Regionale per la Qualità dell'Aria della Regione Piemonte, nel quale è indicato il contributo percentuale alla media annuale del PM10 del riscaldamento a legna, che è il 44,2% a To-Lingotto ed il 76,7% a Domodossola, mentre complessivamente il traffico veicolare contribuisce al 35,7% del PM10 a Torino-Lingotto, contro il 10,3 % di Domodossola²⁰.

L'etalometro con il quale viene analizzato il BC esamina gli aerosol misurando la trasmittanza differenziale tra il fascio di luce di una sezione del nastro filtrante contenente il campione e la trasmittanza del fascio di luce di una sezione scarica del nastro filtrante che si presenta come area di riferimento. Questa analisi viene eseguita con sette lunghezze d'onda ottiche, comprese tra vicino infrarosso e vicino ultravioletto. Per la misura del BC si utilizza la lunghezza d'onda di 880 nm. Come si può vedere in TABELLA 19 ed in FIGURA 33, nel 2019 la media annua di BC a Domodossola è superiore a quella di Torino, mentre il PM10 è il viceversa, pertanto il BC ha un contributo maggiore nel PM10 a Domodossola rispetto a Torino (8,7% contro 5,1%). I valori giornalieri presentano un andamento tipico annuale con massimi invernali e minimi estivi, correlato a quello del PM10.

²⁰ https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2019-04/prqa_allegatob.pdf

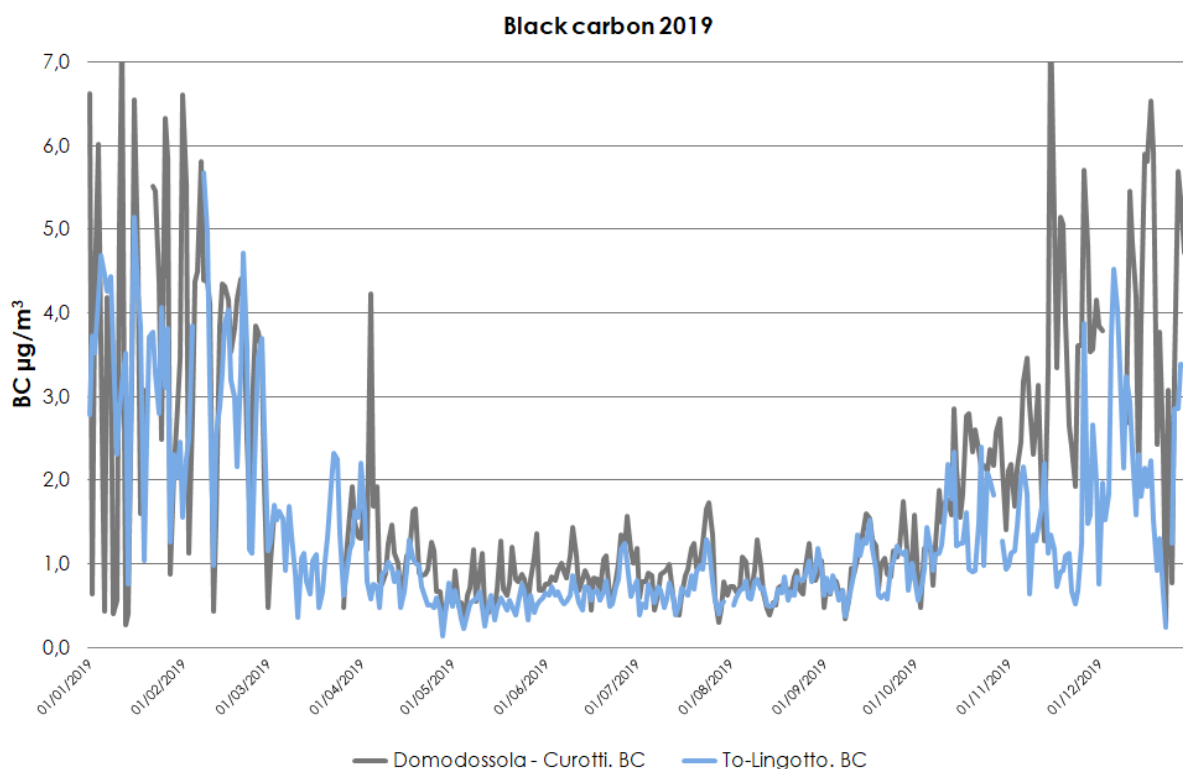


FIGURA 33: Andamento giornaliero del BC a Torino e Domodossola nel 2019.

L'esame delle correlazione del black carbon con NO, NO₂ e PM10 misurati nelle due stazioni, fatta per il periodo invernale, maggiormente significativo per questi inquinanti, evidenzia un'ottima correlazione del PM10 con il BC per entrambe le stazioni, discreta per l'NO₂, mentre per l'NO, tipico inquinante primario da traffico, le due stazioni si differenziano: a To-Lingotto è ottima (R di Pearson 0,9), mentre a Domodossola è più scarsa (R di Pearson 0,6), come si può vedere in TABELLA 20 ed in TABELLA 21. Questo indica il maggiore contributo della sorgente traffico al BC misurato a Torino, rispetto a Domodossola.

	To-Lingotto - Black Carbon			
	R di Pearson ott-dic 2018	R di Pearson gen-mar 2019	R di Pearson ott-dic 2019	R di Pearson gen-mar 2020
To-Lingotto - NO ₂	0,63	0,68	0,75	0,79
To-Lingotto - NO	0,90	0,93	0,90	0,95
To-Lingotto - PM10	0,80	0,88	0,78	0,88

TABELLA 20: Correlazione del BC con gli altri inquinanti a Torino-Lingotto (dati orari per NO ed NO₂, giornalieri per il PM10).

	Domodossola Curotti - Black Carbon			
	R di Pearson ott-dic 2018	R di Pearson gen-mar 2019	R di Pearson ott-dic 2019	R di Pearson gen-mar 2020
Domodossola Curotti - NO ₂	0,61	0,70	0,60	0,74
Domodossola Curotti - NO	0,65	0,39	0,65	0,61
Domodossola Curotti - PM10	0,82	0,83	0,85	0,88

TABELLA 21: Correlazione del BC con gli altri inquinanti a Domodossola-Curotti (dati orari per NO ed NO₂, giornalieri per il PM10)

L'utilizzo di un analizzatore in continuo di BC nelle due stazioni ha consentito di quantificare la percentuale di black carbon attribuibile alla combustione delle biomasse in entrambi i siti, calcolata applicando il metodo elaborato da Sandradewi, J. et al.²¹. La verifica della correttezza

²¹ Sandradewi, J. et al., (2008) Using Aerosol Light Absorption Measurements for the Quantitative Determination of Wood Burning and Traffic Emission Contributions to Particulate Matter, Environ. Sci. Technol. 42, 3316–3323

di questo tipo di stima è stata approfondita in uno studio di Arpa Piemonte nel sito di To-Lingotto²². Nel 2018 (con dati da agosto a dicembre) il BC attribuibile alla combustione di biomasse è stato pari al 30% a Domodossola, e al 18% a To-Lingotto, poco diverso nel 2019 (31 % e 14% rispettivamente). Considerando solo il periodo freddo ottobre – marzo i valori a Domodossola nel 2018-19 sono il doppio di Torino (46% contro 23%, 3,28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di BC contro 2,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), nel 2019-20 a Domodossola aumenta la percentuale fino al 51%, mentre a Torino scende al 21%. Tuttavia i valori medi di BC scendono per entrambe le stazioni nel 2019-20, 2,93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Domodossola e 1,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a Torino. Anche l'analisi del profilo medio giornaliero dell'inverno 2018-19 e 2019-20 del BC da combustione di biomasse e da combustione di combustibili fossili indica che a Domodossola ci sia una fonte aggiuntiva di BC attribuibile a questa fonte, come osservabile nella FIGURA 34 e nella FIGURA 35.

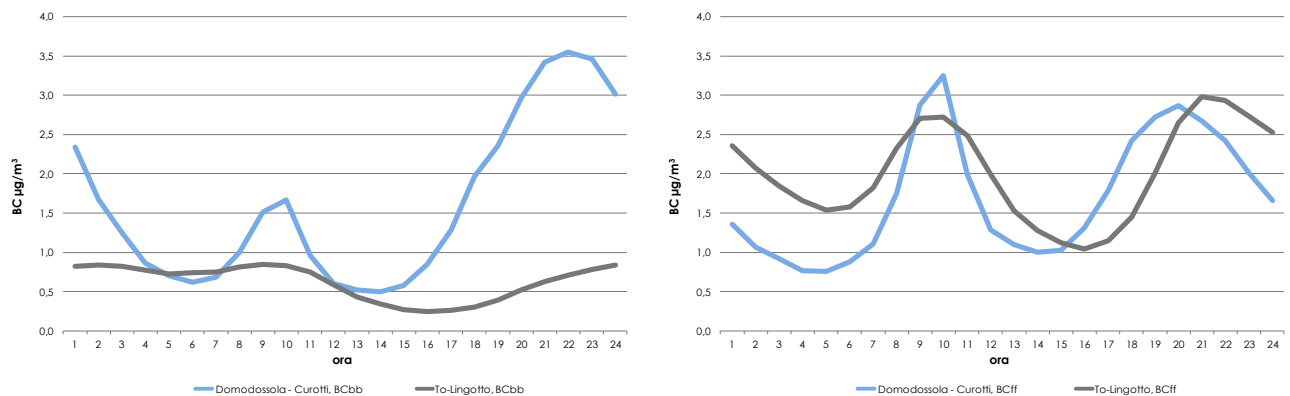


FIGURA 34: andamento del giorno medio per il BC da combustione di biomasse (sinistra) e per il BC da combustione di combustibili fossili (destra) nel periodo ottobre 2018 – marzo 2019.

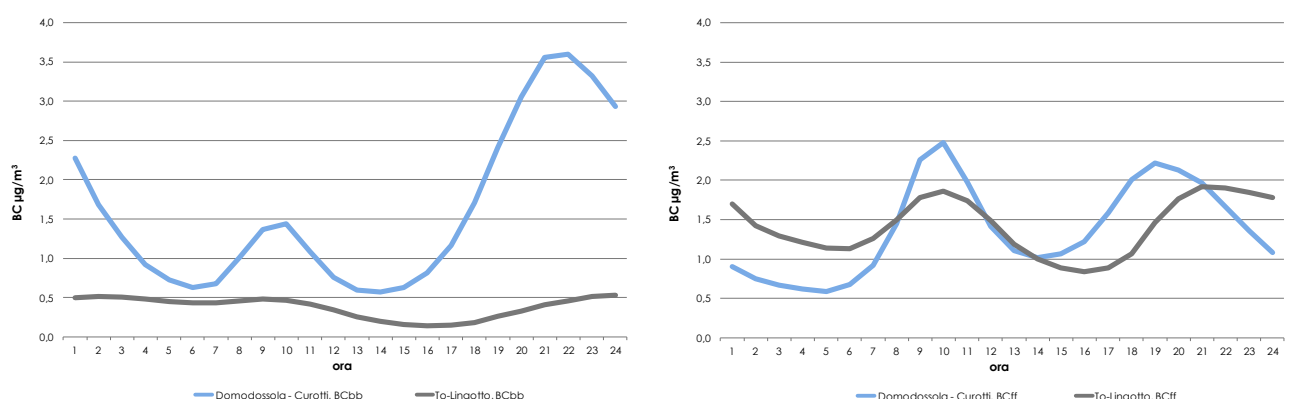


FIGURA 35: andamento del giorno medio per il BC da combustione di biomasse (sinistra) e per il BC da combustione di combustibili fossili (destra) nel periodo ottobre 2019 – marzo 2020.

Dalla FIGURA 36 alla FIGURA 39 è possibile confrontare l'andamento del BC da combustione di biomassa (BCbb) e da combustione di combustibili fossili (BCff) nei semestri ottobre-marzo 2018-2019 e 2019-2020. Interessante il confronto nella variazione dei parametri misurati nei due inverni (TABELLA 22), infatti se nel caso di To-Lingotto varia poco il PM10 (-3%), nel caso di Domodossola questo cresce del 24% rispetto all'inverno precedente, il BC scende per entrambe le stazioni (in maniera più decisa a Torino, del 30%, contro il 10 % di Domodossola), a Torino sia nella componente da combustione di biomassa che nella componente da combustibili fossili, mentre a Domodossola scende solo il BCff (del 17%) e rimane sostanzialmente costante il BCbb. Si può quindi ipotizzare una sostanziale costanza nell'utilizzo di biomasse combustibili a Domodossola, che può trovare conferma dall'analisi delle temperature e dell'umidità dell'aria. L'inverno 2019-20 di Domodossola ha registrato temperature medie leggermente inferiori a quello 2018-19 (6,9 °C

²² Sacco M. et al, (2019) Caratterizzazione della componente carboniosa del particolato aero-disperso in un sito di fondo urbano torinese, Atti VII Convegno Nazionale Il controllo degli agenti fisici - Monitoraggio ambientale: dalla produzione all'analisi del dato, Arpa Piemonte in collaborazione con AIRP (Associazione Italiana di Radioprotezione)

contro 7,2 °C), così come le medie dei massimi giornalieri (13 °C contro 13,7 °C). Al contrario a Torino le temperature medie sono state superiori nel 2019-20 rispetto al 2018-19 (9,4 °C contro 9 °C). Per entrambe le stazioni la piovosità è stata superiore nell'inverno 2019-20 rispetto a quello precedente, con un surplus pluviometrico di circa 200 mm per ambedue i siti. I fenomeni piovosi si sono verificati soprattutto nei mesi di ottobre – novembre in entrambi gli inverni. La sostanziale diversità meteorologica nei due inverni a Domodossola consiste nelle precipitazioni nevose, di cui non abbiamo misura a Domodossola, ma può essere indicativo il sito della Diga di Larecchio che, pur se ubicato in quota (1860 slm), è distante solo una ventina di chilometri da Domodossola. Le precipitazioni nevose, anche se meno abbondanti, sono state più uniformemente distribuite durante l'inverno 2018-19 rispetto all'inverno successivo, e questo ha determinato nell'inverno 2019-20 lunghi periodi di stabilità atmosferica che hanno facilitato l'accumulo di PM10 e la crescita di particolato secondario, come nel periodo 24 dicembre 2019-28 gennaio 2020, nel quale a Domodossola si sono verificati numerosi superamenti del limite giornaliero di PM10.

	media inverno 2018-2019	media inverno 2019-2020	variazione %
To-Lingotto, PM10	40	39	-3%
To-Lingotto, Stima % BC da combustione di biomassa	23	21	-12%
To-Lingotto, BC	2,63	1,79	-32%
To-Lingotto, BCbb	0,71	0,44	-37%
To-Lingotto, BCff	1,92	1,34	-30%
Domodossola - Curotti, PM10	24	30	24%
Domodossola - Curotti, Stima % BC da combustione di biomassa	46	51	11%
Domodossola - Curotti, BC	3,28	2,96	-10%
Domodossola - Curotti, BCbb	1,69	1,71	1%
Domodossola - Curotti, BCff	1,52	1,25	-17%

TABELLA 22: medie e variazioni percentuali degli inquinanti inverno 2018-2019 e 2019-2020.

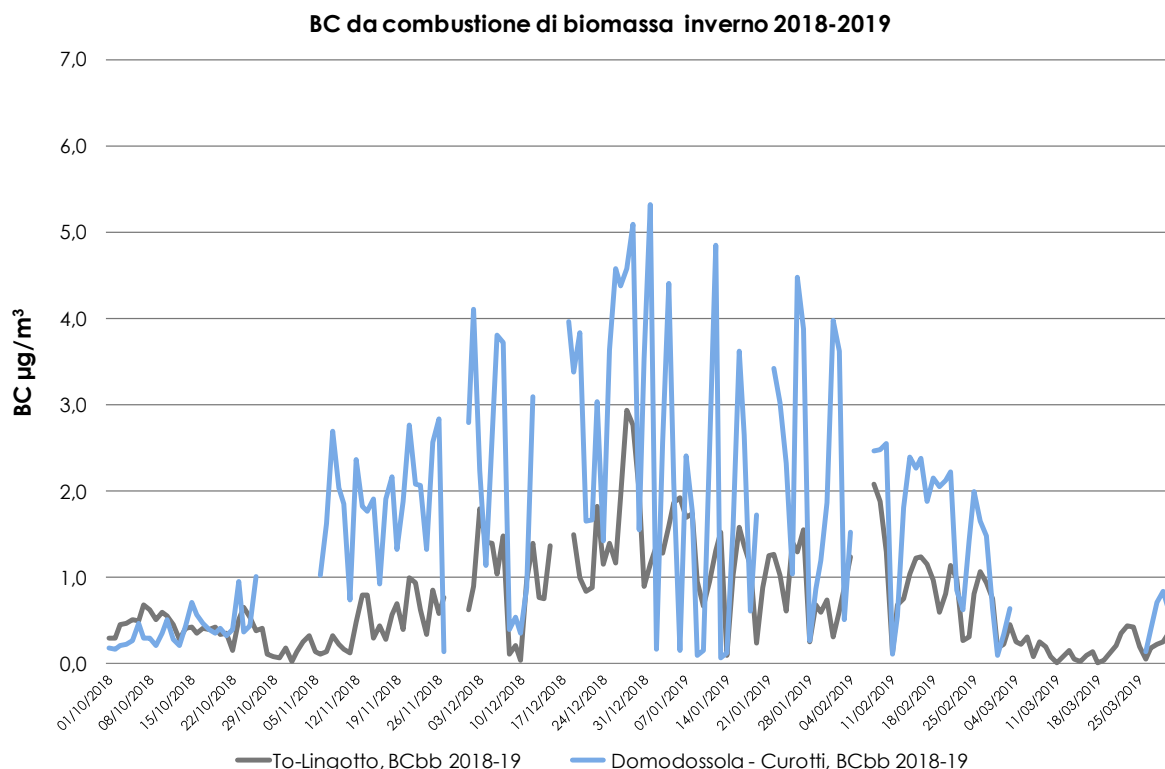


FIGURA 36: andamento del BC da combustione di biomassa nel periodo ottobre 2018 – marzo 2019.

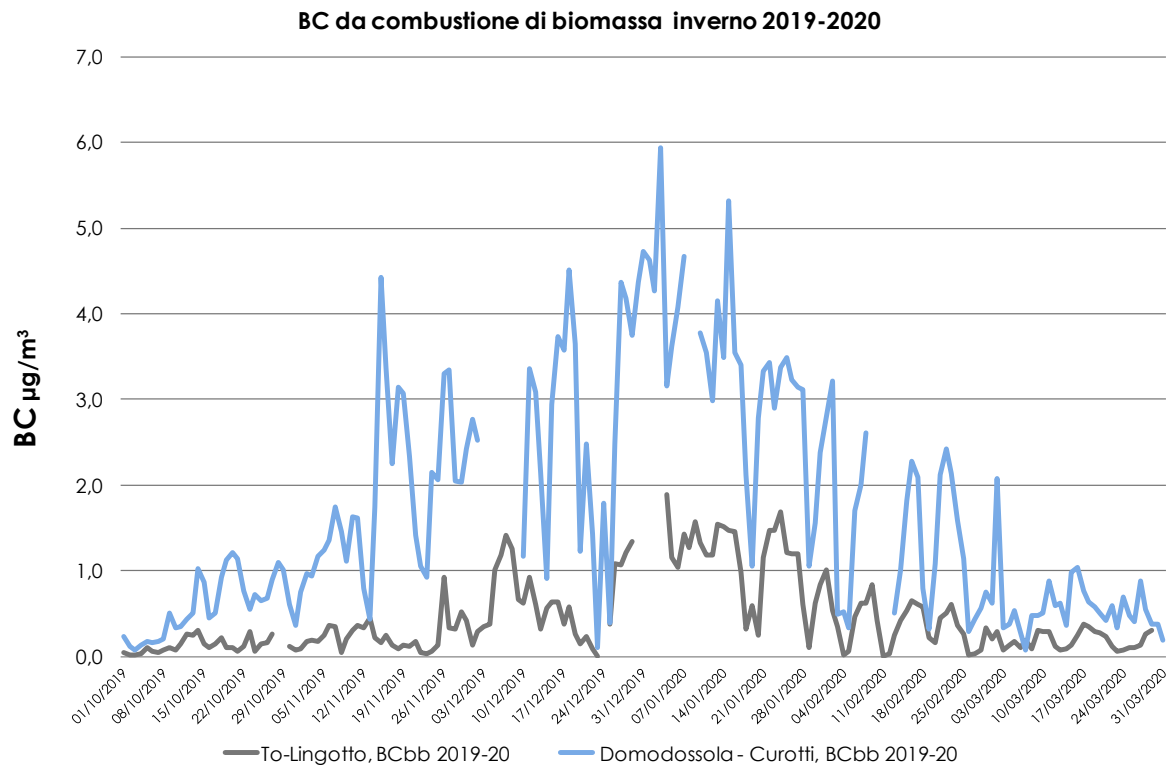


FIGURA 37: andamento del BC da combustione di biomassa nel periodo ottobre 2019 – marzo 2020.

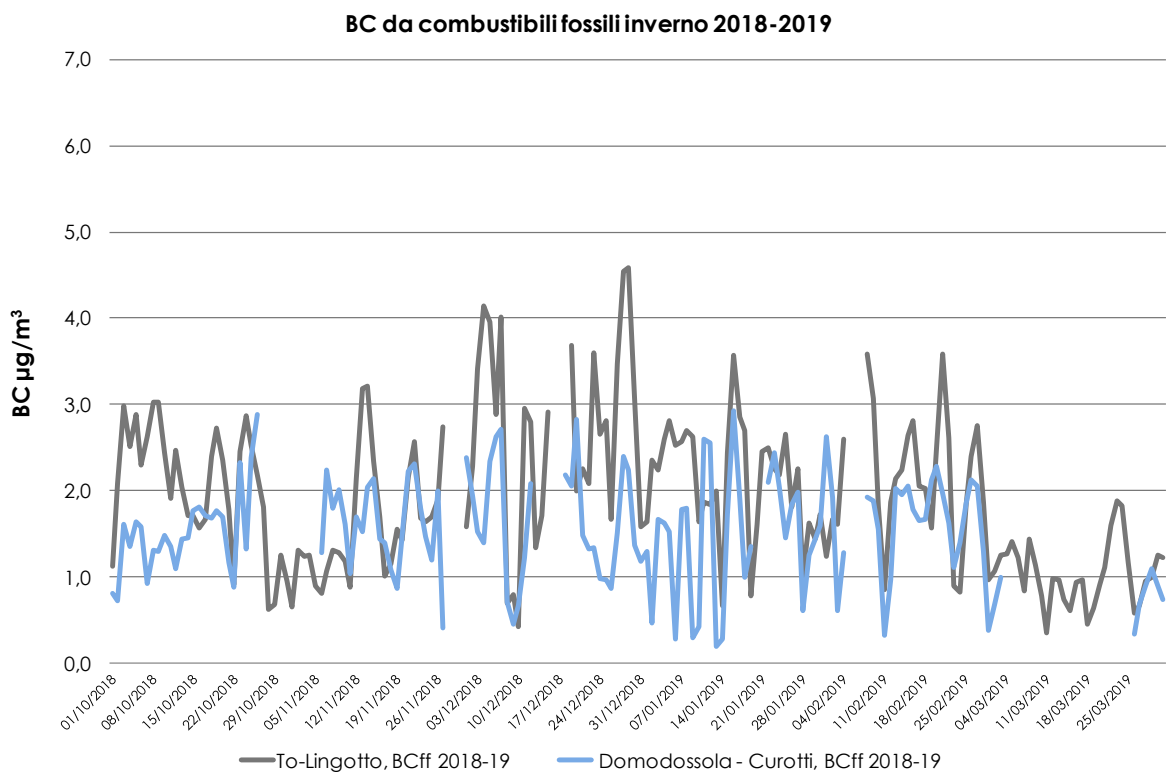


FIGURA 38: andamento del BC da combustione di combustibili fossili nel periodo ottobre 2018 – marzo 2019.

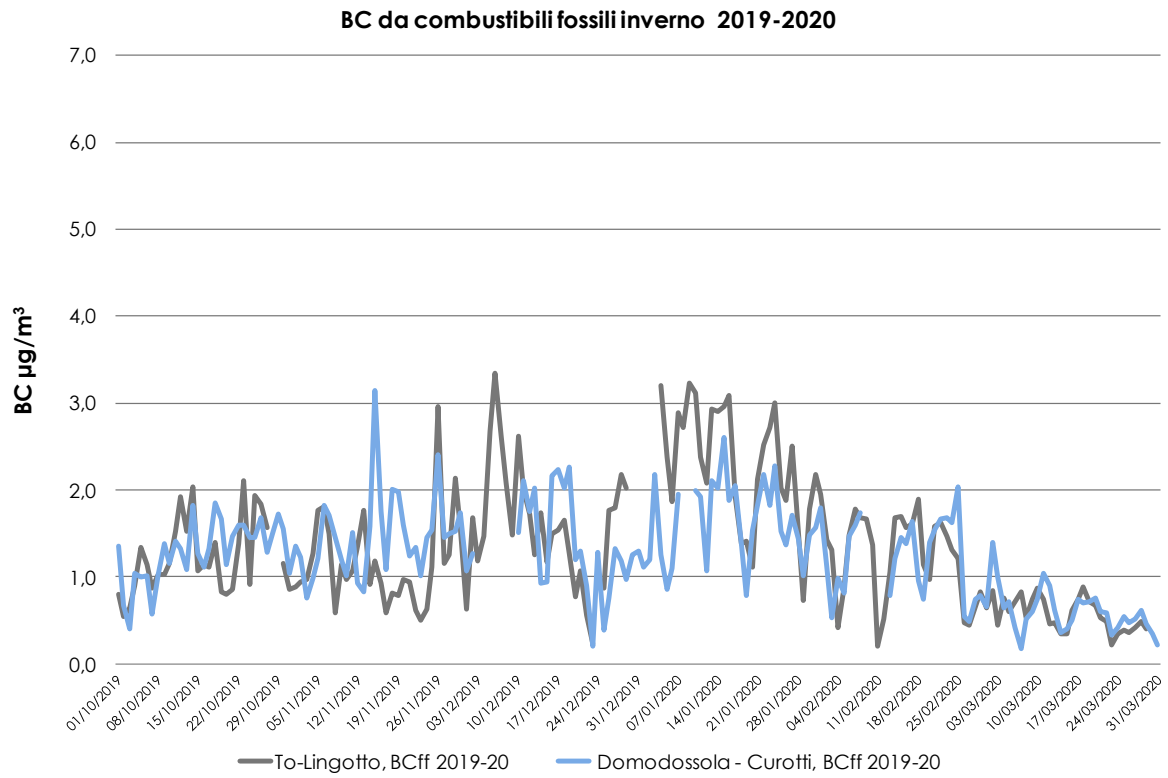


FIGURA 39: andamento del BC da combustione di combustibili fossili nel periodo ottobre 2019 – marzo 2020.

STUDIO DELLA CONCENTRAZIONE NUMERICA DI PARTICELLE ULTRAFINI

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

Milena Sacco, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

INTRODUZIONE

Cos'è il particolato? Gli studi europei ed internazionali da anni stanno cercando di indagare sulla composizione e sulla dimensione di questo complesso inquinante, che è in realtà una somma di sostanze e presenta varie forme e dimensioni. L'eterogeneità del particolato e la sua diffusione su area vasta ha determinato e continua a determinare l'estrema difficoltà nell'adozione di strumenti politici pianificatori per la diminuzione delle sue concentrazioni in atmosfera ed il raggiungimento degli obiettivi europei.

Gli studi tossicologici hanno osservato effetti attribuibili soprattutto alle polveri ultrafini in relazione alla elevata superficie specifica e alla capacità di penetrare in profondità negli alveoli polmonari e di raggiungere il circolo ematico. Nel nostro paese, ma anche in ambito europeo, sono ancora relativamente pochi gli studi sulla concentrazione numerica di particelle ultrafini in aria ambiente, in particolare se si fa riferimento a campagne di lungo periodo che tengano conto della variabilità stagionale delle condizioni di formazione/rimozione del particolato e della conseguente variabilità delle condizioni di esposizione della popolazione. La tematica è inoltre di particolare rilevanza in un'area come la conurbazione torinese che è notoriamente una delle più critiche d'Europa in relazione al particolato atmosferico.

Dal 2009 Arpa e la Città Metropolitana di Torino hanno promosso uno specifico progetto di indagine basato su misure di lungo periodo che ha raggiunto i seguenti obiettivi:

- costruire una prima base dati dei valori di concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area urbana di Torino, sulla base di misure di lungo periodo rappresentative delle diverse condizioni meteorologiche. Sono state quindi effettuate misure sia in prossimità del suolo che in quota, in relazione ai fenomeni di confinamento degli inquinanti atmosferici negli strati più bassi della troposfera che sono caratteristici della pianura padana. Le misure in quota sono state condotte da ottobre 2009 a giugno 2012, all'ultimo piano del grattacielo sede della Città Metropolitana di Torino, in Corso Inghilterra 7/9, ad un' altezza di 50 m. Da ottobre 2012 le misure sono condotte al suolo nella stazione di monitoraggio di To-Lingotto;
- confrontare la base dati con analoghe misure effettuate in altre aree urbane italiane e europee;
- analizzare la correlazione dei dati di concentrazione numerica rilevati con gli inquinanti atmosferici tradizionali e con i principali parametri meteorologici.

Una sintesi dei dati raccolti è stata oggetto di uno specifico capitolo all'interno delle edizioni dal 2009 al 2018 (escluso il 2012) della relazione "Uno sguardo all'aria".

ESAME DEI DATI RELATIVI ALL'ANNO 2019

Lo strumento utilizzato è un Ultrafine Particle Monitor modello 3031 della TSI Incorporated ed è in grado di misurare la concentrazione numerica di particelle da un diametro di 20 nm fino a 1 micron su 6 classi dimensionali (20-30 nm, 30-50 nm, 50-70 nm, 70-100 nm, 100-200 nm, 200-1000 nm). Da ottobre 2012 lo strumento è posto nella stazione di monitoraggio di fondo urbano di To-Lingotto.

In TABELLA 23 sono riportati i valori medi dell'anno 2019, calcolati come media delle medie orarie.

Il valore medio del periodo è $6900 \cdot 10^6$ particelle/m³ con massimi giornalieri di $20200 \cdot 10^6$ particelle/m³. I massimi medi giornalieri si sono misurati tutti nel mese di gennaio, ad eccezione della classe 100-200 nm, per la quale il massimo è avvenuto il 7 dicembre. Come si può osservare in FIGURA 40 la frazione più rilevante di particelle è quella con diametro compreso tra i 30 e i 50 nm (circa il 25%), mentre la classe numericamente inferiore è quella più grossolana (200-1000 nm), che rappresenta circa il 3% del totale. Complessivamente le particelle ultrafini (al di sotto dei 100 nm) rappresentano il 80 % del totale.

	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm	Totale
Minima media giornaliera	181*10 ⁶	100*10 ⁶	40*10 ⁶	30 *10 ⁶	30 *10 ⁶	4*10 ⁶	400*10 ⁶
Massima media giornaliera	3500*10 ⁶	4500*10 ⁶	3800*10 ⁶	3800*10 ⁶	4000*10 ⁶	720*10 ⁶	20200*10 ⁶
Media delle medie giornaliere	1500*10 ⁶	1700*10 ⁶	1200*10 ⁶	1100*10 ⁶	1200*10 ⁶	190*10 ⁶	6900*10 ⁶
Giorni validi	347	347	347	347	347	347	
Percentuale giorni validi	95%	95%	95%	95%	95%	95%	
Media dei valori orari	1500*10 ⁶	1700*10 ⁶	1200*10 ⁶	1100*10 ⁶	1200*10 ⁶	190*10 ⁶	6900*10 ⁶
Massima media oraria	14100*10 ⁶	13200*10 ⁶	7500*10 ⁶	6700*10 ⁶	6800*10 ⁶	1000*10 ⁶	49300*10 ⁶
Ore valide	8425	8425	8425	8425	8425	8425	
Percentuale ore valide	96%	96%	96%	96%	96%	96%	
Distribuzione % rispetto al totale	21%	25%	17%	16%	17%	3%	

TABELLA 23: elaborazioni statistiche anno 2019.

DISTRIBUZIONE DIMENSIONALE - anno 2019

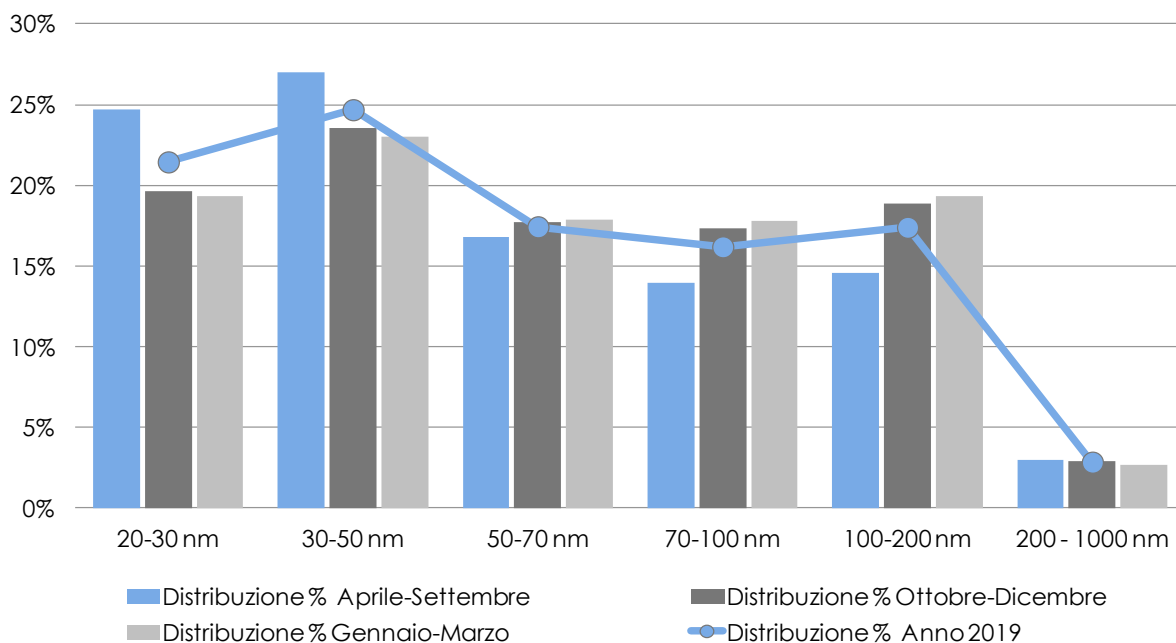


FIGURA 40: distribuzione dimensionale delle particelle – Anno 2019.

Per quanto riguarda i valori assoluti di concentrazione, in assenza di riferimenti normativi può essere utile un confronto con misure condotte in altri siti di fondo urbano europei, che hanno fornito i seguenti risultati (tra parentesi l'intervallo dimensionale di misura dello strumento):

- Barcellona⁵⁸ (5-1000 nm): 17000 * 10⁶ particelle/m³
- Lugano⁵⁹ (7-1000 nm): 15000 * 10⁶ particelle/m³
- Nord Kensington UK² (7-1000 nm): 12000 * 10⁶ particelle/m³
- Roma⁶⁰ (7-1000 nm): 25000 * 10⁶ particelle/m³ (Marconi et al 2007)
- Bologna⁶¹ (5,6 - 560 nm): 9000 * 10⁶ particelle/m³
- Piacenza⁶² (7nm – 10 µm, strumento identico a quello in esame): 5000-11000 * 10⁶ particelle/m³
- Leicester⁶³ (strumento identico a quello in esame): 8000* 10⁶ particelle/m³

⁵⁸ Reche et al, New considerations for PM, Black Carbon e and particle number concentration for air quality monitoring across different European cities, Atmos. Chem. Phys., 11 6207-6227, 2011

⁵⁹ Reche et al, New considerations for PM, Black Carbon e and particle number concentration for air quality monitoring across different European cities, Atmos. Chem. Phys., 11 6207-6227, 2011

⁶⁰ Marconi et al, Two Years of fine and ultrafine particles measurements in Rome, Italy, J Toxicol Environ Health, 70, 213-21, 2007

⁶¹ Poluzzi Vanes, Ricciardelli Isabella, Ferrari Silvia, Aerosol size distribution: aspetti teorici e primi risultati di monitoraggio effettuati da Arpa Emilia-Romagna, in Qualità dell'Ambiente Urbano VII Rapporto Annuale -Focus su La Qualità dell'Aria, 2011, ISPRA

⁶² Ozgen S., Lonati G., Progetto UPUPA: i rilevamenti ambientali, Convegno Progetto UPUPA, Piacenza, 22/1/2014

⁶³ Progetto INTERREG North-West Europe Joaquin, Ultrafine particles in Joaquin cities, www.joaquin.eu

- Londra⁶ (strumento identico a quello in esame): $8000 \cdot 10^6$ particelle/m³
- Anversa⁶⁴ (strumento identico a quello in esame): $8000 \cdot 10^6$ particelle/m³ (stazione suburbana), $11000 \cdot 10^6$ particelle/m³ (stazione in parco pubblico)
- Dresda⁶⁵ (10-100 nm): $4700 \cdot 10^6$ particelle/m³
- Praga⁷ (10-100 nm): $8200 \cdot 10^6$ particelle/m³

In Italia la serie storica più completa disponibile in area urbana è quella prodotta presso il sito di misura dell'Istituto Superiore di Sanità di Viale Regina Elena a Roma⁶⁶ dotata di una apparecchiatura in grado di determinare le particelle di dimensioni tra 7 nm e 10 µm. Il sito in questione è caratterizzato da un traffico veicolare più elevato di quello del sito di Torino (dell'ordine di 25.000 veicoli/giorno). Il dato relativo al 2006 è dell'ordine di $30.000 \cdot 10^6$ particelle/m³ e quindi circa quattro volte maggiore nel sito di viale Augusto Monti.

Analizzando le medie per classe dimensionale per i tre periodi "estivo" (aprile-settembre) ed "invernale" (trimestri da gennaio a marzo e da ottobre a dicembre), osservabili in FIGURA 41, si evidenzia come siano più alte le medie del primo trimestre rispetto all'ultimo (mediamente 1,1 volte). A partire dalle dimensioni di 50 nm i valori invernali ed estivi si allontanano sempre più tra di loro (i valori del trimestre gennaio-marzo arrivano ad essere 2,3 volte quelli estivi per le particelle tra i 100 e i 200 nm, mentre i valori di ottobre-dicembre sono 2 volte quelli di aprile-settembre nell'intervallo 70-100 e 100-200 nm). Sembra pertanto che in periodo invernale sia favorita l'agglomerazione delle particelle in particelle più grandi (soprattutto nell'intervallo 70-100 e 100-200 nm) e la condensazione di gas semivolatili su particelle preesistenti; inoltre si deve ricordare che nel periodo invernale si aggiungono alle usuali fonti di traffico anche il riscaldamento civile ed industriale. Questi ultimi oltre ad essere emettitori diretti di particolato, sono sorgenti di inquinanti quali ossidi di azoto e zolfo, i quali nelle condizioni atmosferiche tipiche dell'inverno in pianura padana danno origine a nitrato e solfato d'ammonio in fase particolata.

Nel 2019 il mese in cui le particelle di dimensioni superiori ai 100 nm hanno rappresentato la maggioranza rispetto al totale è stato dicembre.

A livello annuale la variabilità del corso della giornata è più ampia per le classi dai 20 ai 200 nm rispetto alle classi con dimensioni maggiori di 200 nm, che presentano un andamento più costante, in accordo con altri dati in letteratura⁶⁷.

In estate si evidenzia un andamento con un massimo assoluto alle 8 del mattino ed un picco serale meno pronunciato intorno alle 23 (FIGURA 43), che permane fino alle prime ore notturne per tutte le classi, ad eccezione della classe superiore ai 200 nm, il cui andamento temporale non presenta variazioni significative. La concentrazione diminuisce nell'arco delle ore più calde della giornata, in corrispondenza dell'innalzamento dello strato rimescolato. Si rileva poco nel giorno medio estivo (aprile-settembre) l'incremento intorno alle ore 15 per le particelle dai 20 a 30 nm, che si è sempre verificato nei precedenti anni di monitoraggio, ma si registra soprattutto per il mese di agosto, mentre per i mesi da maggio a luglio si verifica intorno alle 12. Tale picco diurno è imputabile presumibilmente alla formazione di aerosol secondario a seguito di nucleazione per reazioni fotochimiche in atmosfera. Risultati analoghi sono stati ottenuti a San Vittore del Lazio⁶⁸. La forte radiazione solare rende disponibile il radicale ossidrilico OH che ossida l'SO₂ disponibile ad acido solforico, che porta poi alla formazione di particolato. Per il periodo maggio-luglio tale incremento si ha in corrispondenza del massimo di radiazione solare (in FIGURA 42 è riportato la media di T e UR del periodo aprile-settembre).

La variabilità delle concentrazioni è molto più ampia nel periodo invernale piuttosto che quello estivo e aumenta in generale con la diminuzione della dimensione delle particelle. Mentre in estate i rapporti massimo/minimo hanno valori compresi tra 1,4 e 2, in inverno variano da 1,5 per le particelle maggiori di 200 nm a 3,6 per le particelle di dimensione 20-30 nm. In inverno il picco

⁶⁴ Progetto INTERREG North-West Europe Joaquin, Intra-urban variability of ultrafine particles in Antwerp (February and October 2013), VMM (2014)

⁶⁵ Handbook UFIREG Project, www.ufireg-central.eu

⁶⁶ Marconi et al. – Livelli di materiale particolato ultrafine nell'atmosfera e la loro relazione con il traffico auto veicolare, Atti del Seminario "Le emissioni industriali e le immissioni- I nuovi problemi posti dalle particelle ultrafini - Rimini 2007

⁶⁷ Aalto, Hameri et al., Aerosol particle number concentration measurements in five European cities using TSI-3022 condensation particle counter over a three-year period during health effects of air pollution on susceptible subpopulations", J Air Waste Manag Assoc. 2005 Aug;55(8):1064-76.

⁶⁸ Buonanno, Fuoco, Stabile, Viola, La misura dell'esposizione alle polveri aerodisperse: dal PM10 alle nano particelle, 2011, Libellula Edizioni

serale si presenta leggermente più pronunciato rispetto a quello mattutino per le particelle al di sopra dei 70 nm, per le quali mediamente i valori notturni sono superiori a quelli diurni (FIGURA 43).

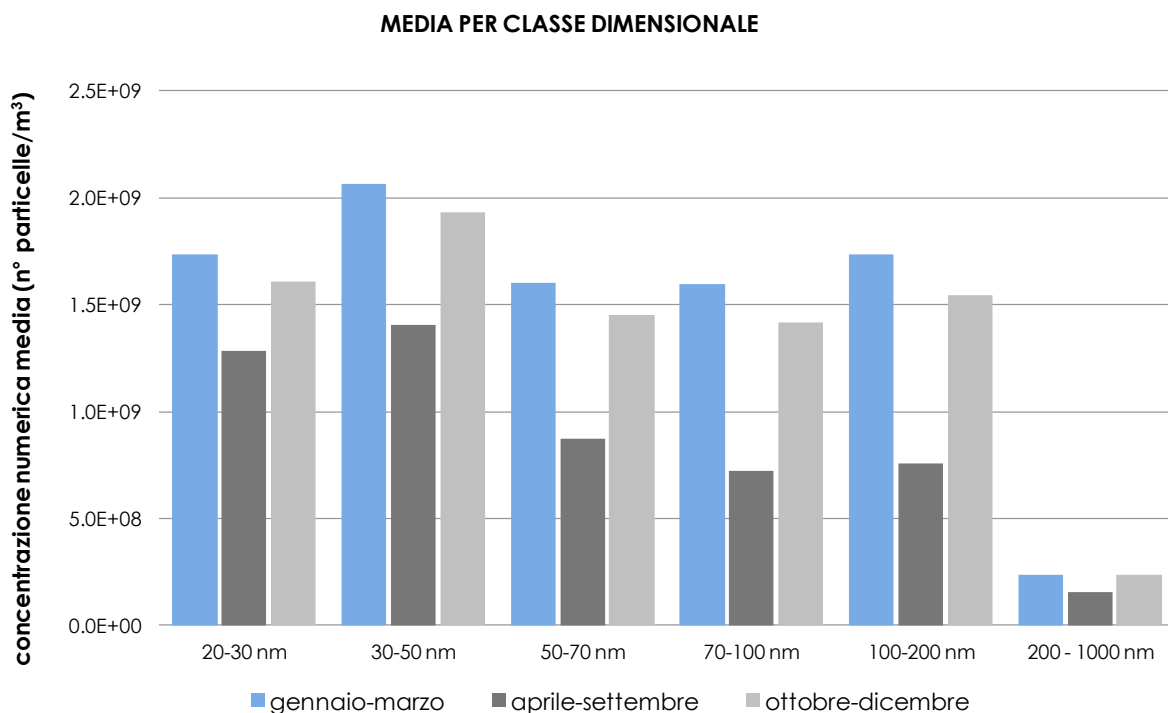


FIGURA 41: media per classe dimensionale.

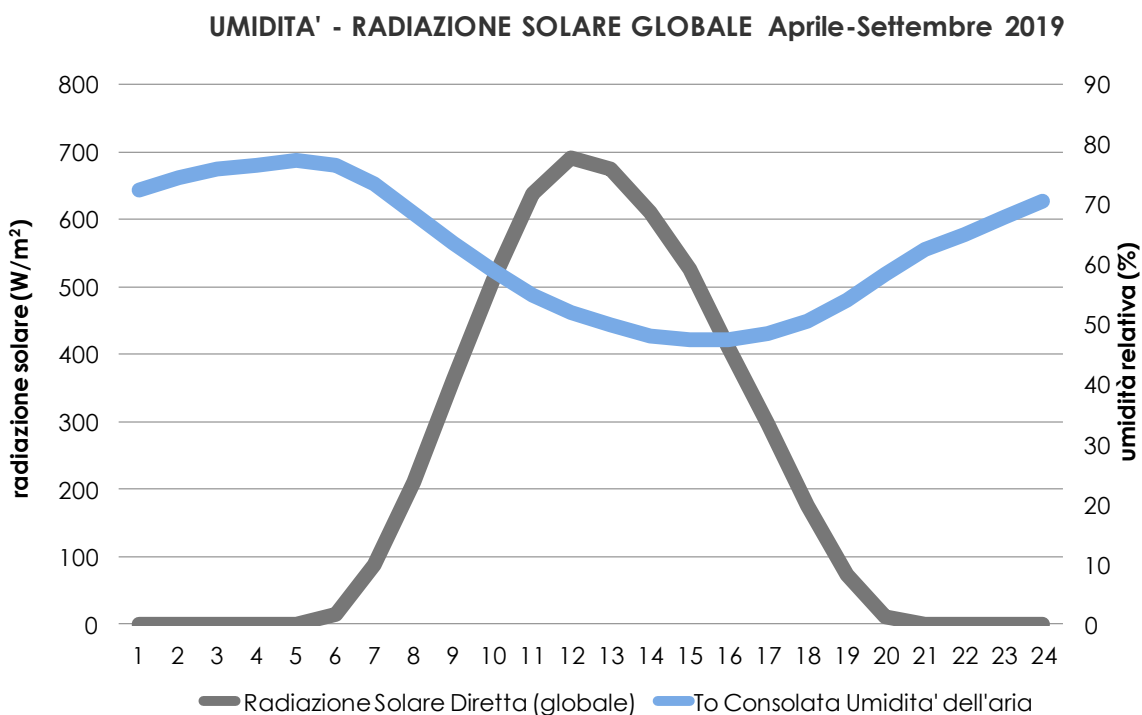


FIGURA 42: giorno medio Umidità relativa e radiazione solare – Aprile-Settembre 2019.

A tale proposito si può ipotizzare che il fenomeno sia determinato dalla coagulazione delle particelle più fini in particelle di maggiori dimensioni e dalla condensazione di gas semivolatili, a causa della stabilità notturna e della minore temperatura, oltreché della maggiore umidità relativa. Quest'ultima favorisce le reazioni acquose in fase eterogenea, dando origine a formazione secondaria di nitrato e solfato d'ammonio⁶⁹.

In generale per tutte le classi dimensionali il picco serale nel periodo più freddo si verifica alle ore 20-21 rispetto alle ore 22-23 dell'estate, presumibilmente a causa del posticipo delle condizioni di stabilità notturna nel periodo caldo rispetto a quello freddo; mediamente infatti dall'analisi dei profili di temperatura con l'altezza risulta che l'ora di inizio dell'inversione termica in inverno si registra alle 19.30, mentre in aprile-settembre alle 21.00.

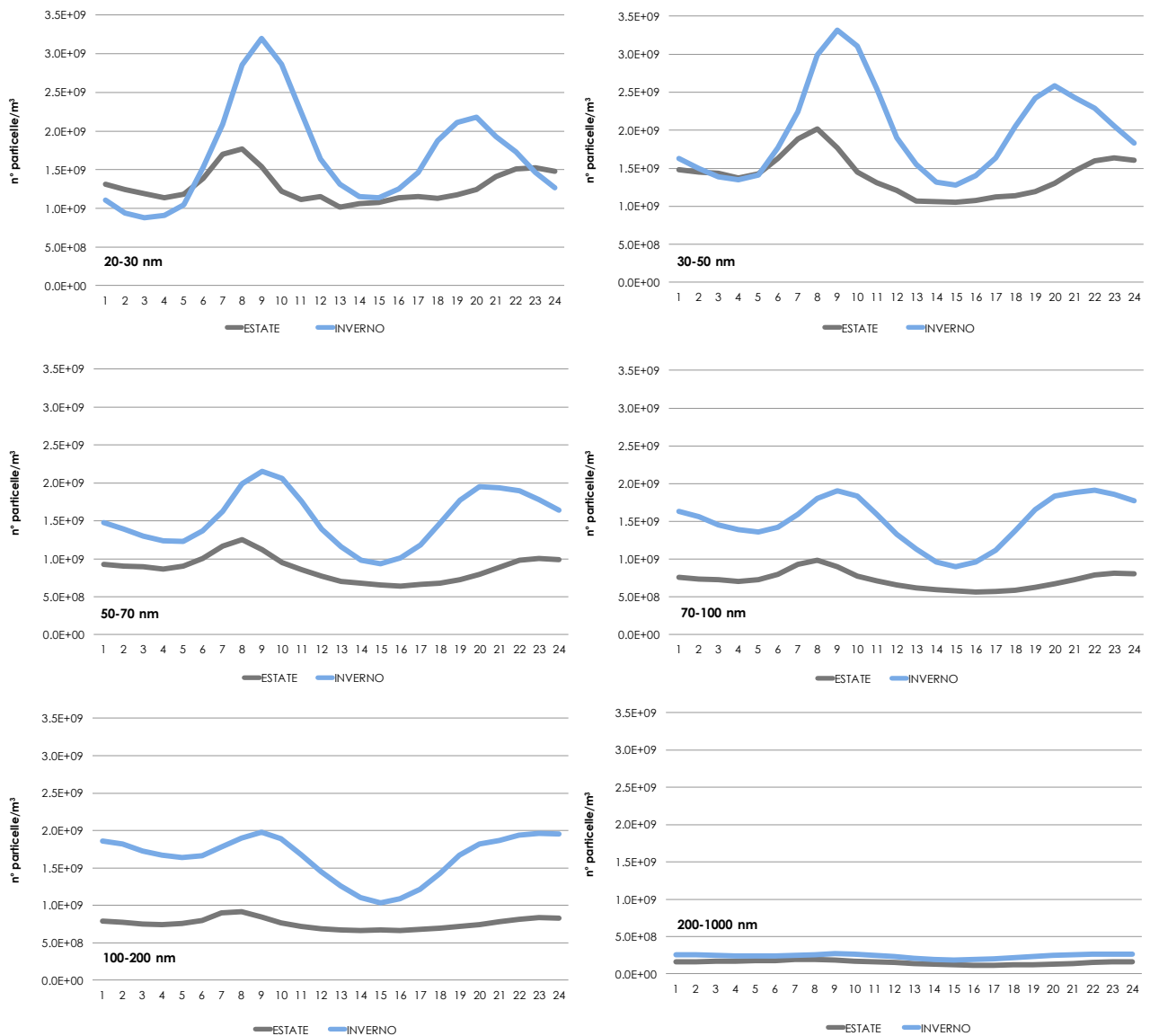


FIGURA 43: andamento giorno medio, confronto per classe dimensionale.

Per quanto riguarda gli andamenti di lungo periodo, in FIGURA 44 è rappresentato l'andamento delle concentrazioni medie mensili totali di particelle relative all'anno 2019.

Si osserva che i massimi assoluti si collocano nel periodo invernale, come per le concentrazioni in massa di PM₁₀ e PM_{2,5}. Per le particelle inferiori ai 50 nm, però, la differenza tra concentrazioni estive ed invernali è più bassa, mentre a partire dai 70 nm ed in particolare per la frazione 100-200

⁶⁹ Wang et al, The secondary formation of inorganic aerosols in the droplet mode through heterogeneous aqueous reactions under haze conditions., Atmospheric Environment 63 (2012) 68-76

nm aumenta la differenza tra le concentrazioni, che segue l'andamento del PM_{2,5}. La frazione 100-200 nm è quindi quella che maggiormente contribuisce alla massa del particolato ed aumenta in maniera significativa nel periodo invernale quando si incrementano le emissioni in atmosfera ma anche l'aggregazione/condensazione delle frazioni più fini in frazioni più grossolane.

Per quanto riguarda la correlazione con gli altri inquinanti misurati nelle stazioni al suolo, l'elaborazione statistica dei dati a livello di medie giornaliere è stata effettuata separatamente per il periodo aprile-settembre (periodo detto "estivo") e gennaio-marzo più ottobre-dicembre (periodo "invernale").

In estate (TABELLA 24) la correlazione con gli altri inquinanti misurati presso la stessa stazione è in generale scarsa, soprattutto con inquinanti primari come il monossido di azoto e il benzene. Sono invece ben correlate le concentrazioni di PM₁₀ e PM_{2,5} al suolo con le particelle superiori ai 100 nm, che hanno una maggiore massa rispetto alle particelle più fini. Discreta la correlazione del black carbon con le particelle superiori ai 100 nm.

ANDAMENTO MEDIE MENSILI - Anno 2019

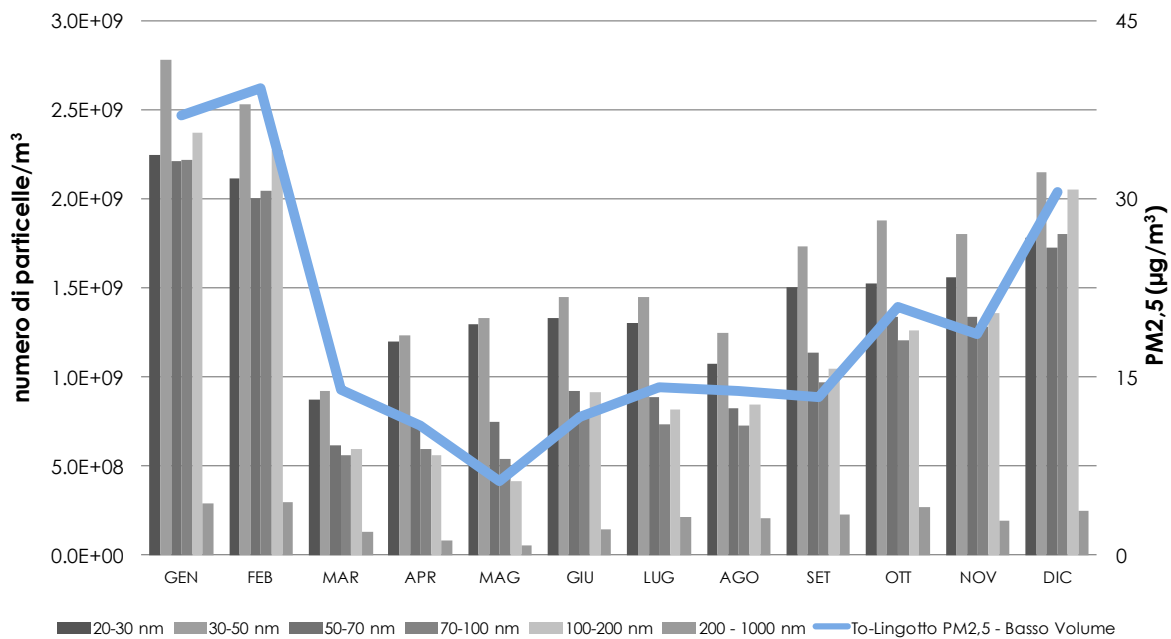


FIGURA 44: medie mensili del numero di particelle.

Nel periodo più freddo invece, come riportato in TABELLA 25, la correlazione delle particelle più fini è buona anche con gli inquinanti di origine primaria, come il monossido di azoto, il benzene e il black carbon. Una possibile spiegazione è legata al fatto che la maggiore stabilità atmosferica e la maggiore frequenza di episodi di inversione termica fa sì che gli inquinanti si accumulino in maniera più omogenea negli strati atmosferici prossimi al suolo. La correlazione tra PM₁₀ e PM_{2,5} al suolo e le particelle superiori ai 100 nm è ottima, con coefficienti superiori a 0,8. Le particelle con dimensione inferiore ai 70 nm invece risultano scarsamente o per nulla correlate con la concentrazione di PM₁₀, PM_{2,5}. Dalla fine del 2016 nella stazione di To-Lingotto si è iniziato a misurare l'ammoniaca (NH₃), precursore del particolato soprattutto in periodo invernale, in quanto contribuisce alla formazione di solfato e nitrato d'ammonio. La correlazione con il numero di particelle è molto scarsa in periodo estivo per le particelle minori di 100 nm, ma discreta sia in periodo estivo che in quello invernale per le particelle maggiori di 100 nm.

R di Pearson	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm
To-Lingotto, PM10 - Basso Volume	-0.17	-0.04	0.17	0.42	0.74	0.78
To-Lingotto, PM2,5 - Basso Volume	-0.24	-0.11	0.11	0.37	0.73	0.83
To-Lingotto, O ₃	-0.19	-0.20	-0.14	0.03	0.26	0.11
To-Lingotto, NO	0.21	0.19	0.18	0.16	0.11	0.01
To-Lingotto, NO ₂	0.21	0.25	0.34	0.37	0.28	0.13
To-Lingotto, Benzene	0.13	0.17	0.25	0.34	0.37	0.23
To-Lingotto, NH ₃	-0.13	-0.07	0.09	0.31	0.64	0.64
To-Lingotto, Black carbon	0.02	0.11	0.30	0.49	0.66	0.61

TABELLA 24: correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo aprile-settembre 2019.

R di Pearson	20-30 nm	30-50 nm	50-70 nm	70-100 nm	100-200 nm	200-1000 nm
To-Lingotto, PM10 - Basso Volume	0.38	0.44	0.56	0.68	0.82	0.87
To-Lingotto, PM2,5 - Basso Volume	0.37	0.43	0.57	0.69	0.86	0.91
To-Lingotto, O ₃	-0.58	-0.65	-0.71	-0.74	-0.72	-0.52
To-Lingotto, NO	0.73	0.78	0.84	0.87	0.82	0.47
To-Lingotto, NO ₂	0.62	0.67	0.71	0.74	0.71	0.49
To-Lingotto, Benzene	0.68	0.71	0.79	0.85	0.88	0.61
To-Lingotto, NH ₃	0.42	0.47	0.53	0.58	0.64	0.59
To-Lingotto, Black carbon	0.65	0.70	0.79	0.86	0.89	0.65

TABELLA 25: correlazioni con i principali parametri chimici nel periodo gennaio-marzo più ottobre-dicembre 2019.

ANALISI DELLA SERIE STORICA

Il monitoraggio è stato condotto in quota (a 50 m) da ottobre 2009 fino a luglio 2012. In FIGURA 45 si evidenzia l'andamento dal 2010 al 2019, escludendo il 2009 in quanto sono stati misurati solo dati invernali. La concentrazione numerica delle particelle è stata messa a confronto con la media del PM2,5 nello stesso periodo di monitoraggio. Il 2010, il 2014, il 2016, il 2018 e il 2019 sono stati caratterizzati da una meteorologia molto favorevole alla dispersione delle polveri PM10-PM2,5, in quanto sono stati rilevanti i fenomeni di precipitazione in termini di mm di pioggia caduti e numero di giorni piovosi. In particolare il 2014 ed il 2016 hanno registrato il superamento del valore limite annuale del PM10 esclusivamente nella stazione di To-Grassi in tutto il territorio provinciale, fenomeno mai avvenuto in precedenza; il 2018 e il 2019 sono stati ancora migliori in quanto nessuna stazione provinciale ha superato il limite annuale. Il 2019 è stato l'anno che ha registrato il minor numero di giorni favorevoli all'accumulo da quando è iniziato il monitoraggio del numero di particelle e negli ultimi sei anni l'andamento numerico delle particelle e del PM2,5 appare maggiormente correlato ed in decremento. L'andamento dei due parametri nei primi quattro anni di monitoraggio invece appare non correlato.

Scendendo nel dettaglio della distribuzione del numero di particelle per classe dimensionale (FIGURA 46), si osserva che nel 2010 è stata molto maggiore la presenza di particelle nelle classi più fini (dai 20 ai 50 nm sono il 65% del totale) rispetto a quelle più grandi a confronto con i valori registrati negli anni successivi dal 2011 al 2013, che si attestano al 25% rispetto al totale delle particelle. Nel sessennio 2014-2019 aumenta nuovamente la percentuale delle particelle sotto i 50 nm, che raggiungono il 38 % del totale. Queste differenze, più che essere specifiche del sito di misura, sembrano maggiormente attribuibili alle caratteristiche meteorologiche verificatesi negli anni in esame, in quanto lo strumento è rimasto in quota a 50 m dal 2009 al 2012 e solo nel 2013 è stato spostato al suolo. Inoltre, a supporto di tale ipotesi, nel 2010 in periodo invernale sono state confrontate misure di PM2,5 in quota e al suolo dalle quali è emerso come l'andamento e i valori assoluti siano molto simili, per cui si può ipotizzare che queste altezze stiano all'interno dello strato rimescolato e quindi non ci siano notevoli differenze.

In alcuni casi, come negli anni 2010 e 2014, la maggiore presenza in percentuale di particelle più fini potrebbe essere attribuita proprio alle alte precipitazioni che si sono verificate, poiché la pioggia abbatte in maniera più efficace le particelle di dimensioni maggiori, come già evidenziato nel 2013 (vedasi in Sguardo all'aria 2013 il capitolo "Studio della concentrazione numerica di particelle ultrafini nell'area metropolitana torinese – Risultati Anno 2013 e confronto con misure in quota"). Allora si è valutato complessivamente che le precipitazioni avevano ridotto le

concentrazioni numeriche di circa il 20% per la classe più fine (20-30 nm), mentre per la classe di maggiori dimensioni (200-1000 nm) l'abbattimento arrivava al 50%. L'anno 2015 è stato anomalo, in quanto nei primi dieci mesi dell'anno le precipitazioni sono assolutamente confrontabili con quelle verificatesi nel 2014 (903 contro 859 mm di pioggia del 2014), ma nel novembre-dicembre a Torino non è piovuto, pertanto nelle statistiche complessive il 2015 risulta in deficit pluviometrico rispetto alla norma 1971-2000. Il numero di particelle sotto i 50 nm nel 2015 è il 34%, quindi molto simile al 35% del 2014. Il 2016 è stato più piovoso rispetto all'anno precedente, sia in termini di precipitazioni totali, sia in termini di numero di giorni piovosi (il mese con meno precipitazioni è risultato gennaio, con un solo giorno di pioggia); in questo caso il numero di particelle sotto i 50 nm è aumentato rispetto al 2015, confermando la giustificazione riguardo la maggiore efficacia di abbattimento delle particelle più grandi da parte della pioggia. Nel 2017 le precipitazioni sono state le più scarse dal 2010, ma sono aumentate le particelle sotto i 50 nm, che hanno rappresentato il 41 % del totale. L'andamento quindi è in contrasto con quanto appena illustrato, ma si deve considerare l'anomalia del periodo ottobre-dicembre, nel quale il numero di particelle è notevolmente aumentato rispetto ai mesi precedenti. Il numero di particelle del quarto trimestre 2017 ha rappresentato circa il 41% delle particelle misurate nell'anno, fenomeno che si può ricondurre anche alla presenza degli incendi in Piemonte nel mese di ottobre.

Nel 2018 le precipitazioni sono state abbondanti, il numero di particelle sotto i 50 nm ha rappresentato il 42% del totale, la percentuale più alta dietro il 2010, quando il numero di particelle più fini è stato il 65%. Nel 2019 le precipitazioni sono state le più abbondanti dopo il 2010, ma con un numero di giorni piovosi inferiore sia al 2010 che al 2018, il numero di particelle sotto i 50 nm rappresenta il 37% del totale.

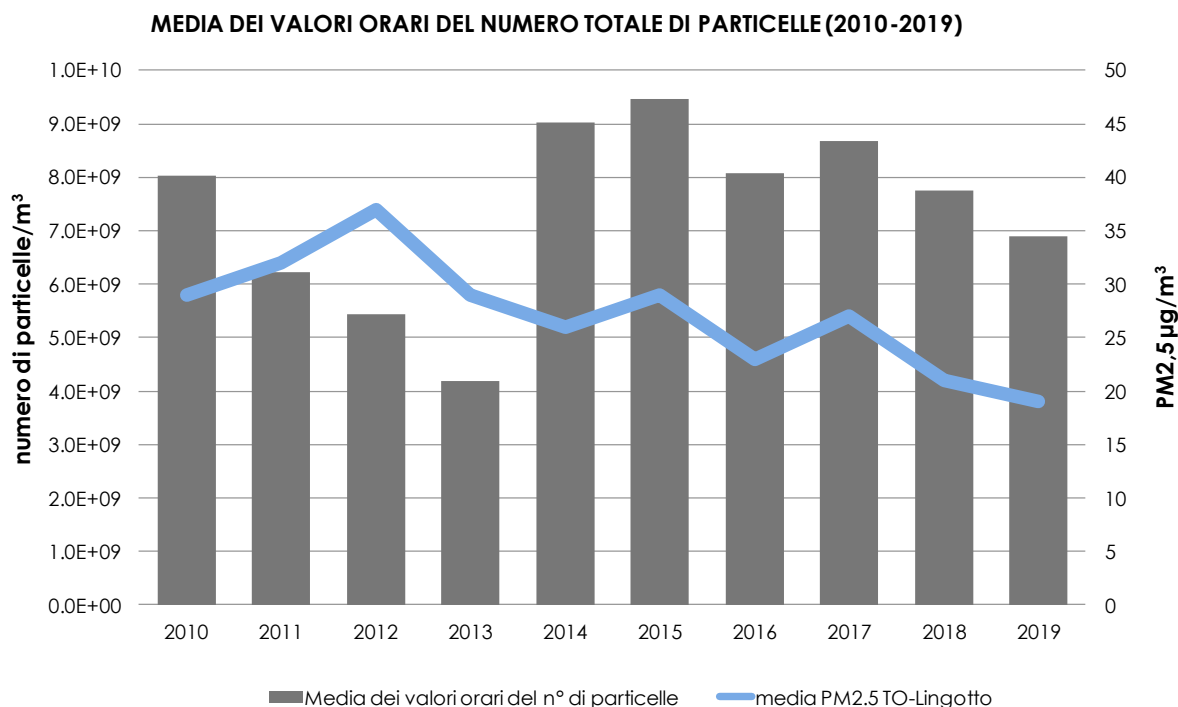


FIGURA 45: andamento dei valori medi annuali del numero di particelle e del PM2,5 dal 2010 al 2019.

DISTRIBUZIONE PERCENTUALE RISPETTO AL TOTALE

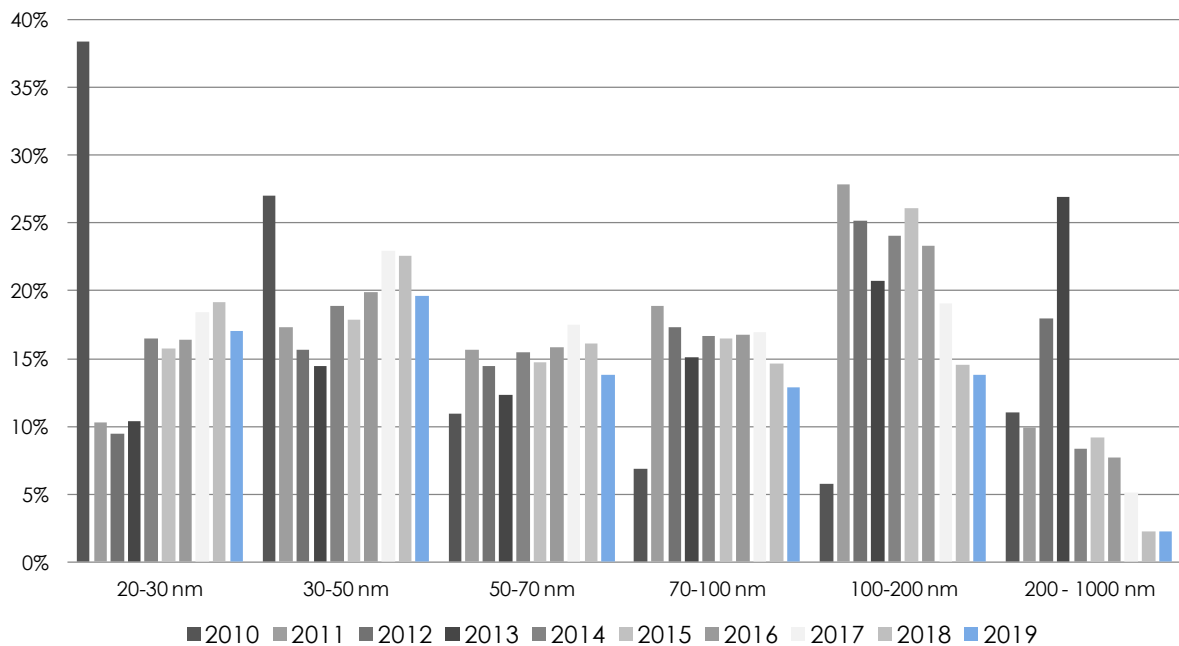


FIGURA 46: andamento della distribuzione percentuale nelle varie classi del numero di particelle.

CONCLUSIONI

Vi è una buona correlazione di lungo periodo con le misure in massa di PM₁₀-PM_{2,5} effettuate nella stessa stazione soltanto per le particelle superiori ai 100 nm, mentre non si presenta correlazione significativa con le particelle di dimensioni più fini. L'andamento temporale di lungo periodo delle medie mensili, da un punto di vista qualitativo, presenta analogie con l'andamento del PM₁₀-PM_{2,5} per le particelle superiori ai 50 nm.

Incrementi notevoli nel numero totale di particelle possono verificarsi in corrispondenza di diverse condizioni meteorologiche:

- quando si verificano periodi di almeno due-tre giorni consecutivi di stabilità atmosferica in condizioni di alta pressione, bassa temperatura ed inversione termica al suolo (tipicamente le giornate assolate invernali). In questo caso l'aumento nel numero di particelle avviene per tutte le classi dimensionali tranne quella più fine (20-30 nm), che mantiene valori molto più costanti;
- in presenza di giornate con umidità persistente, bassa temperatura ed in condizioni di cielo coperto (ad esempio in giorni di nebbia). Questa situazione favorisce la formazione delle particelle più grandi (100-1000 nm) per le reazioni acquose in fase eterogenea, che danno origine a nitrato e solfato d'ammonio;
- nelle giornate di alta radiazione e bassa umidità relativa (tipicamente giornate estive assolate e senza nubi), nelle quali si innalzano le particelle più fini (20-30 nm), in conseguenza alla nucleazione di nuove particelle attraverso processi di natura fotochimica.

MUTAGENICITÀ DEL PM2,5

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

D. Marangon, V. Torchio - Laboratorio Specialistico Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

La frazione del particolato atmosferico con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm rappresenta la componente più pericolosa per la salute in relazione alla sua capacità di superare le prime vie respiratorie e raggiungere i distretti polmonari più profondi. Le polveri sottili veicolano numerosi composti chimici con differente tossicità per l'uomo, sia considerati singolarmente, sia soprattutto in relazione al loro potenziale effetto sinergico. Sebbene la definizione quali-quantitativa dei livelli di concentrazione delle specie chimiche estratte dalle particelle solide rappresenti un approccio valutativo significativo, è possibile sottoporre una matrice così complessa a dei test che non si limitino a valutare solo la concentrazione di una o più specie chimiche, ma al contrario riescano a valutarne la complessità nel suo insieme considerando eventuali effetti sinergici od antagonisti delle varie specie chimiche presenti.

Quest'ultimo aspetto è soddisfatto dai test biologici che prevedono l'utilizzo di batteri, cellule animali e/o vegetali o organismi pluricellulari per valutare la tossicità e/o la genotossicità di matrici complesse come le matrici ambientali. Tali test sono utilizzati da anni nei laboratori di ricerca e di controllo.

Si è scelto di utilizzare il test di reversione genica in *Salmonella typhimurium*, sia in relazione alla tipologia di inquinanti atmosferici presenti sul particolato atmosferico, sia sulla base di pubblicazioni che indicano lo stesso come migliore test *in vitro* per la valutazione del particolato atmosferico da un punto di vista della mutagenicità.

Il test di routine utilizza due ceppi di *Salmonella* geneticamente modificati, il TA98 e il TA100, che con un differente meccanismo di azione sono in grado di rilevare la maggior parte dei composti mutageni. Nel presente studio sono stati utilizzati due ulteriori ceppi, il TA98NR e l'YG1021, particolarmente adatti nell'evidenziare la presenza di nitro composti (nitro-IPA), sostanze ad azione mutagena diretta.

Allo scopo di rilevare anche le sostanze pro-mutagene, in grado cioè di causare un danno al DNA dopo l'azione degli enzimi detossificanti del fegato, sono stati utilizzati estratti microsomiali epatici di ratto (S9) che forniscono un'attivazione metabolica esogena.

Nel 2019 sono proseguiti gli studi per la valutazione della mutagenicità del PM2,5 prelevato nelle stazioni To-Lingotto (fondo urbano), Settimo Vivaldi (traffico) e Alessandria Dernice (stazione a basso inquinamento).

I prelievi del particolato atmosferico sono stati eseguiti su filtri in quarzo, diametro 47 mm, tramite campionatore a basso volume per particolato PM2,5. La durata del campionamento è stata di 24 ore effettuato quotidianamente. I filtri del mese sono stati uniti e analizzati con il test descritto in precedenza, secondo la procedura indicata da Maron e Ames (1983).

Il risultato è stato espresso come rapporto di mutagenicità (MR) riferito a 20 m³ di aria (quantità media respirata quotidianamente da un adulto). Il rapporto di mutagenicità confronta la risposta del campione con quella ottenuta su un controllo negativo. I campioni sono considerati positivi quando la risposta del campione è doppia rispetto al controllo (Rapporto di Mutagenicità pari a 1) e si osserva un proporzionale aumento della risposta del microorganismo indicatore con l'aumentare della dose testata.

Allo scopo di fornire un dato di mutagenicità complessivo, i valori di MR ottenuti con i ceppi TA98 e TA100 in presenza e in assenza di attivatore metabolico, sono stati sommati per costituire il Fattore di Genotossicità (FG).

ESAME DEI DATI

I dati ottenuti mostrano in tutte le stazioni esaminate un tipico andamento stagionale con picchi di massima attività mutagena nel periodo invernale e valori minimi nel periodo primaverile e autunnale. I campioni prelevati nel periodo estivo non evidenziano attività mutagena.

I diversi ceppi utilizzati, in presenza o assenza di attivatore metabolico, hanno risposto positivamente fornendo un quadro articolato. In particolare, il ceppo TA98 si è dimostrato più sensibile mostrando generalmente valori più elevati, tuttavia la risposta positiva ottenuta con entrambi i ceppi in presenza e in assenza di attivatore metabolico evidenzia la complessità della matrice ambientale sottoposta ad analisi.

Il PM2,5 prelevato nella stazione di traffico Settimo-Vivaldi (FIGURA 47) fornisce valori più elevati nella parte iniziale dell'anno mentre nella stazione di fondo urbano To-Lingotto (FIGURA 48) si evidenziano dati di mutagenicità più elevati nei mesi di novembre e dicembre. I risultati della stazione di Traffico e quella di fondo urbano tuttavia tra loro comparabili.

La stazione di Dernice (FIGURA 49) pur mostrando lo stesso andamento stagionale, mostra valori ridotti durante tutto il periodo di indagine.

La maggiore risposta ottenuta senza l'attivatore metabolico S9, nella maggior parte dei siti sottoposti ad indagine, suggerisce un importante contributo alla mutagenicità complessiva per la presenza di composti mutageni ad azione diretta.

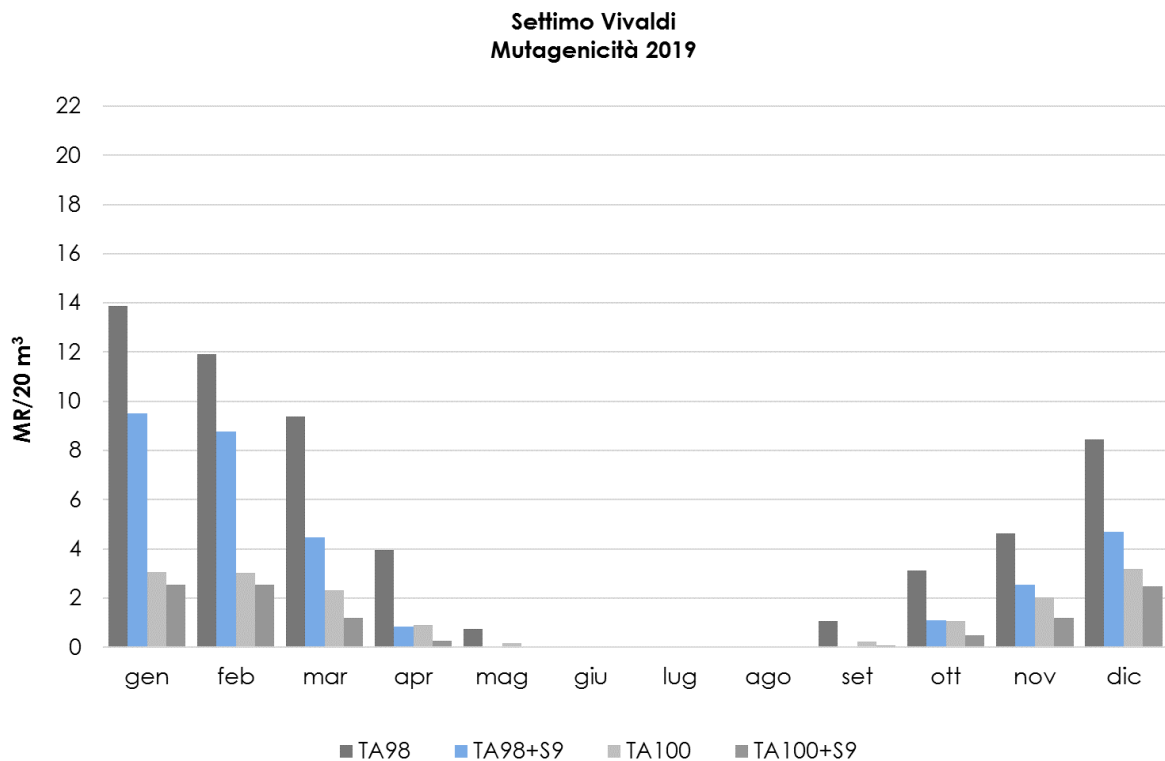


FIGURA 47: mutagenicità rilevata nella stazione di Settimo Vivaldi.

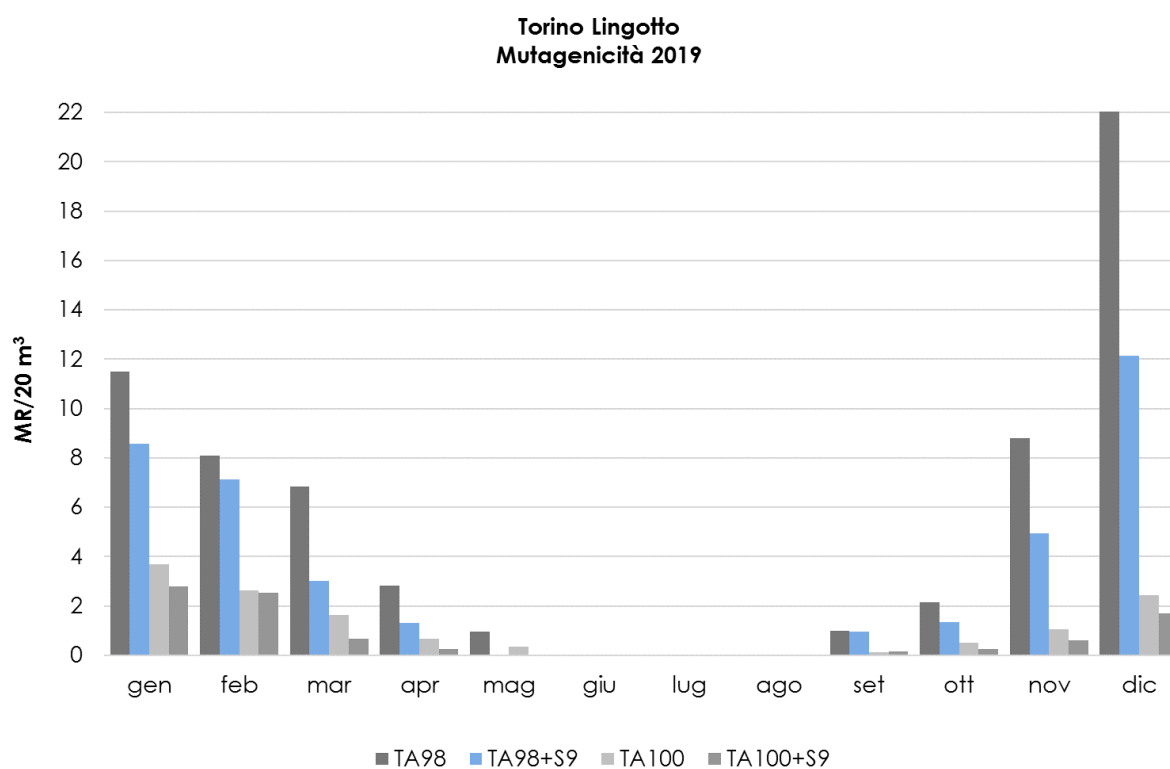


FIGURA 48: mutagenicità rilevata nella stazione di To-Lingotto.

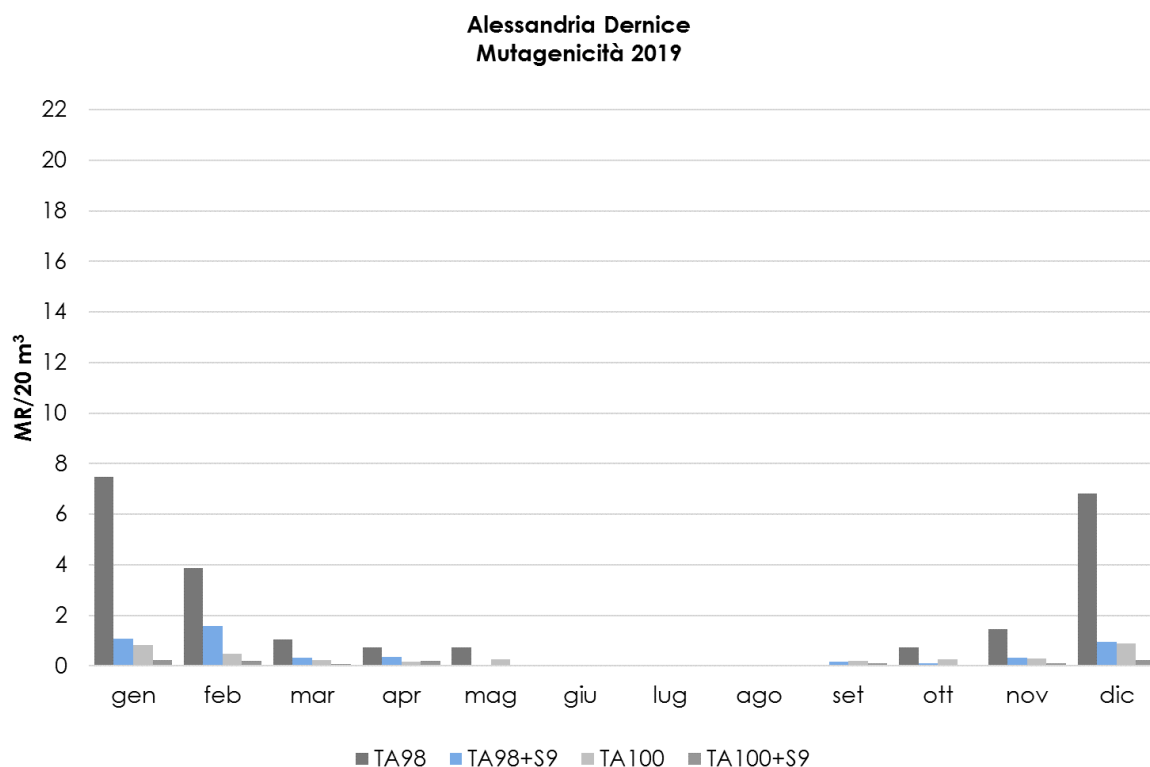


FIGURA 49: mutagenicità rilevata nella stazione di Alessandria Dernice.

Allo scopo di valutare la mutagenicità complessiva, i valori di MR ottenuti con ogni ceppo sono stati aggregati per ottenere il Fattore di Genotossicità (FG). Il grafico seguente (FIGURA 50) mostra l'andamento annuale della mutagenicità complessiva, consentendo un confronto tra i siti in esame.

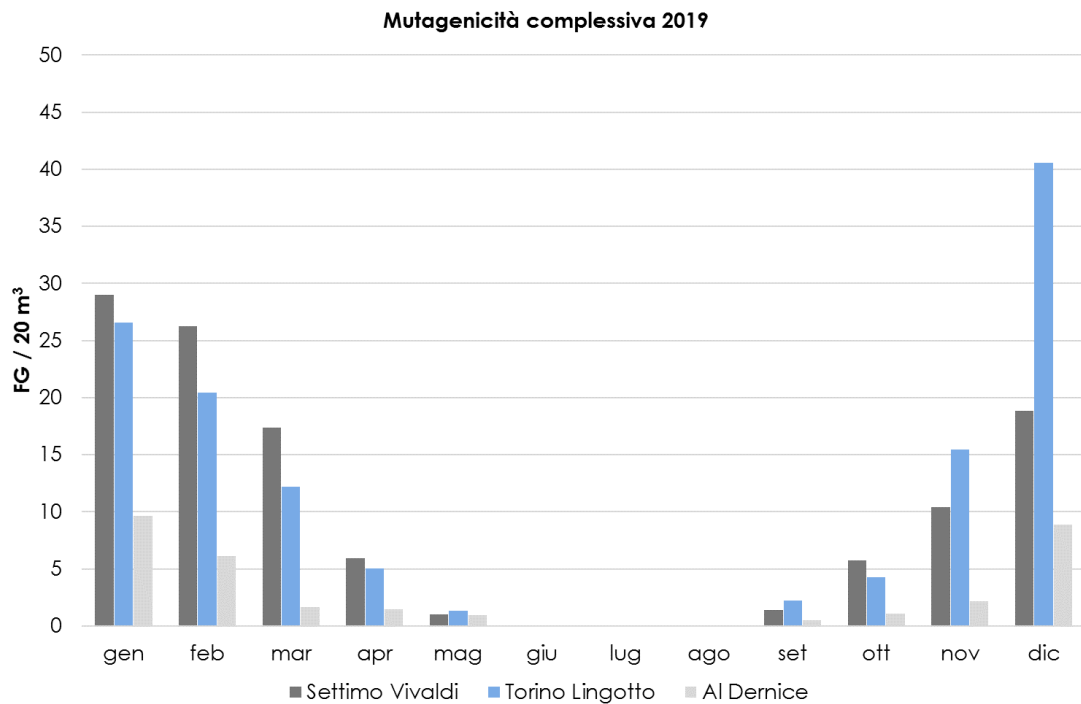


FIGURA 50: mutagenicità complessiva - confronto tra le stazioni in esame.

Il seguente box-plot (FIGURA 51) considera solo i dati autunno-inverno, cioè comprende le risultanze analitiche totali di gennaio, febbraio, novembre e dicembre.

Le stazioni To-Lingotto e Settimo Torinese non mostrano differenze significative, seppur riscontrando nella prima stazione, valori più elevati. La stazione di Dernice (fondo rurale) presenta valori significativamente più bassi delle due stazioni precedenti.

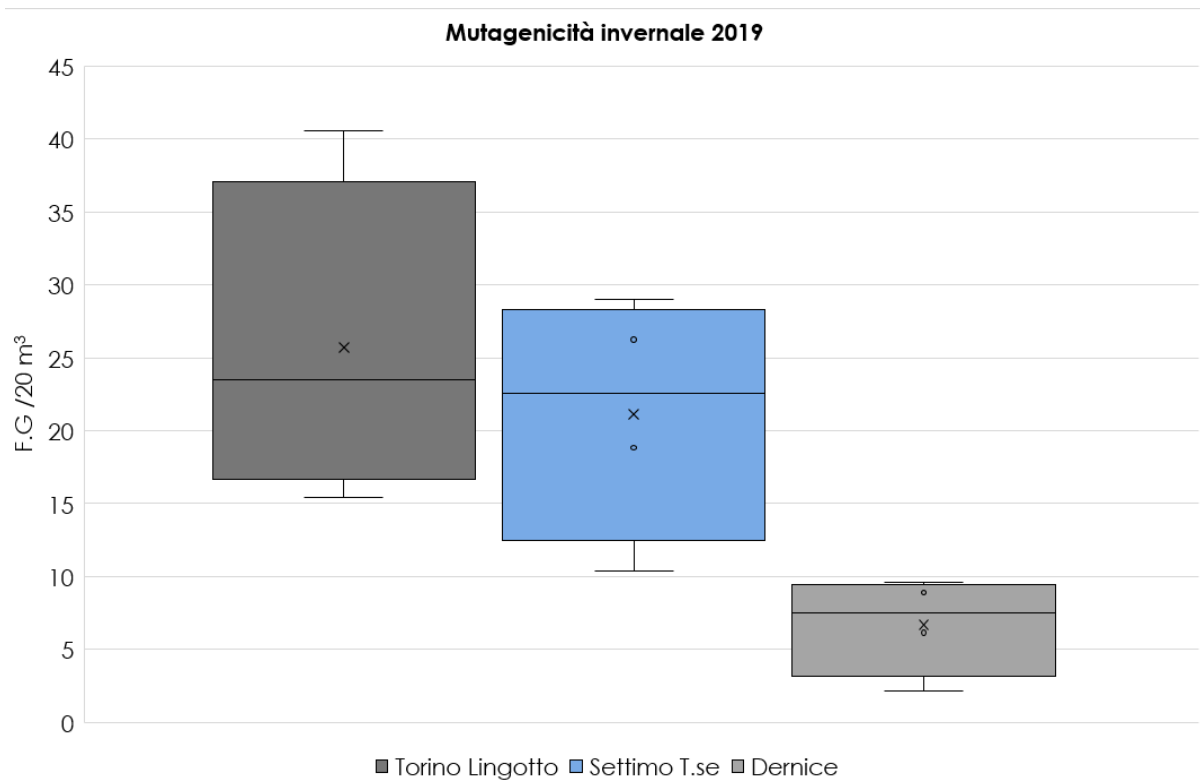


FIGURA 51: box-plot mutagenicità complessiva mesi invernali 2019.

I dati in nostro possesso sono stati aggregati per costruire Indici di Qualità Ambientali (IQA). Ci siamo serviti di curve di qualità ambientale descritte da equazioni, che permettono di passare rapidamente dai valori dei parametri ambientali rilevati (MR, FG) a valori di qualità espressi da un Indice di Qualità Ambientale.

Tale indice assume valori compresi tra 0 e 1 ai quali viene convenzionalmente assegnato rispettivamente il significato di qualità ambientale pessima (IQA=0) e qualità ambientale ottimale (IQA=1). La TABELLA 26 mostra la situazione complessiva ottenuta adottando tali indici.

20m ³ /piastra	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
TO - Lingotto	0,27	0,31	0,40	0,55	0,78	1,00	1,00	1,00	0,69	0,58	0,36	0,20
Settimo T.se	0,25	0,27	0,34	0,52	0,83	1,00	1,00	1,00	0,77	0,53	0,43	0,33
AL - Dernice	0,44	0,52	0,74	0,76	0,83	1,00	1,00	1,00	0,94	0,81	0,69	0,45

TABELLA 26: IQA stazioni di To-Lingotto, Settimo Vivaldi e Alessandria Dernice.

Analizzando i risultati della mutagenicità del PM2,5 a partire dal 2016, si osservano valori in costante diminuzione nella stazione di traffico di Settimo T.se (FIGURA 52 a destra), mentre rimane pressoché costante la mutagenicità nella stazione di fondo urbano (FIGURA 52 a sinistra). Tale evidenza potrebbe essere correlata al costante rinnovamento del parco veicolare con conseguente miglioramento dei livelli emissivi registrati nella stazione di traffico che si attesta sui valori di inquinamento della stazione di fondo urbano.

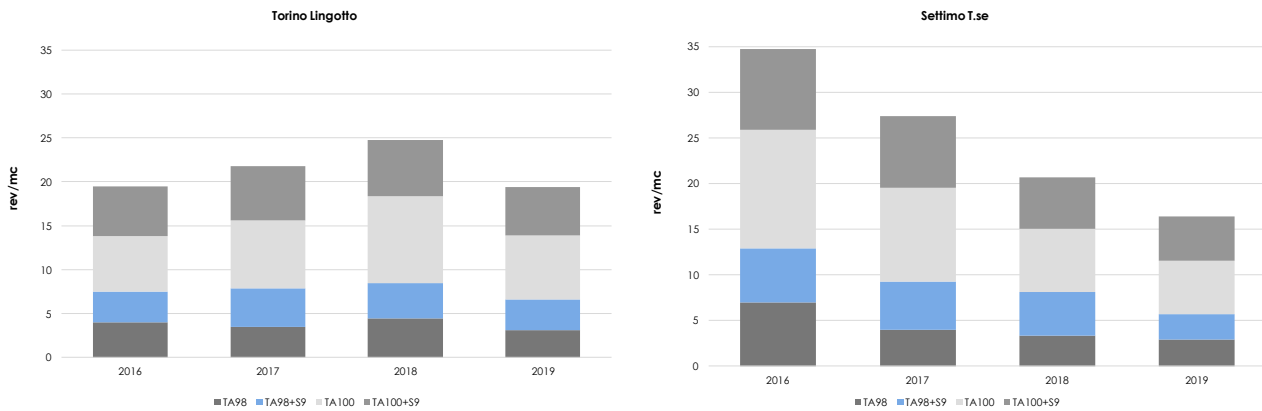


FIGURA 52: confronto dati storici (media annuale revertenti/m³).

La presenza di nitro composti (mutageni diretti) nel PM2,5 è stata valutata mediante l'utilizzo dei ceppi TA98NR (bassa sensibilità ai nitro-IPA) e YG1021 (alta sensibilità ai nitro-IPA). Tali ceppi hanno fornito risposte rispettivamente inferiori e superiori al ceppo TA98 indicando un buon contributo dei nitro-composti alla mutagenicità totale riscontrata nel periodo invernale (FIGURA 53).

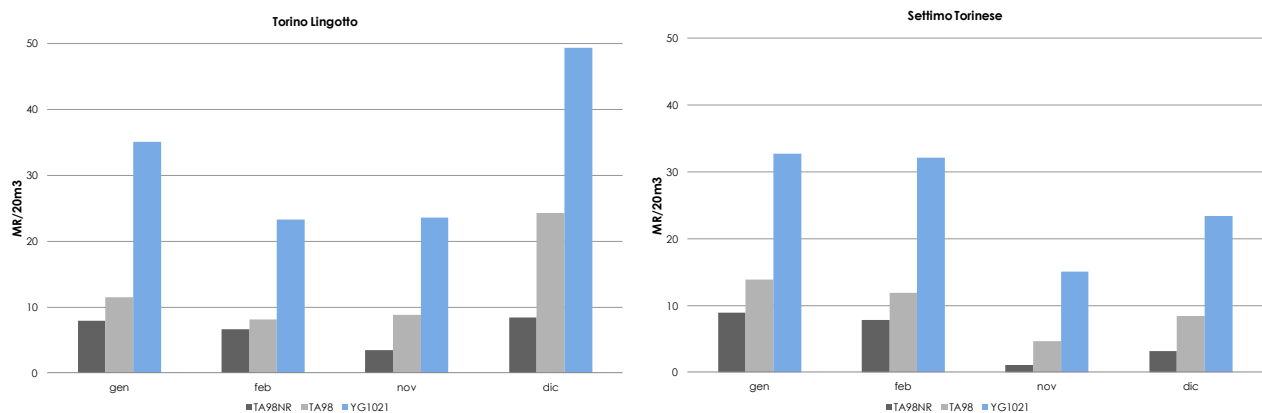


FIGURA 53: valutazione di nitro composti nelle stazioni di Settimo Torinese e Torino Lingotto.

CONSIDERAZIONI FINALI

La maggior parte dei campioni analizzati nel corso del 2019 ha fornito risultati positivi.

I dati di mutagenesi mostrano lo stesso andamento stagionale evidenziato negli anni precedenti, con valori particolarmente elevati nel periodo invernale. Le condizioni di stabilità atmosferica che si verificano durante il periodo invernale con il conseguente scarso ricambio dei composti inquinanti favoriscono l'assorbimento degli stessi sulle polveri; nello stesso periodo le emissioni dovute al riscaldamento domestico tendono ad incrementare la concentrazione di sostanze genotossiche nell'ambiente.

La frazione del particolato con diametro aerodinamico inferiore a $2,5 \mu\text{m}$ è la più significativa ai fini della stima del danno per la salute, non solo in considerazione del potere di penetrazione e della persistenza biologica, ma anche in conseguenza delle specie chimiche presenti. Sono infatti numerosi i composti chimici presenti nel PM_{2,5} che possiedono una riconosciuta capacità genotossica. L'articolata risposta ottenuta con tutti i ceppi, con e senza attivazione metabolica, conferma la complessità della matrice analizzata, in particolare il ceppo TA98 ha risposto maggiormente evidenziando la presenza di composti mutageni ad azione diretta sul DNA con un meccanismo di azione per inserzione o delezione di basi azotate.

Il PM_{2,5} proveniente dalla stazione di fondo urbano To-Lingotto ha fornito i risultati di mutagenicità più elevati, in particolare nel mese di dicembre. I valori riscontrati risultano superiori anche alla stazione di traffico di Settimo Torinese che registra nel tempo valori in diminuzione verosimilmente correlati al costante rinnovamento del parco veicolare.

Le analisi chimiche degli Idrocarburi Policiclici Aromatici determinati di routine dagli enti di controllo non sono totalmente esplicativi della reale mutagenicità del PM. La risposta ottenuta con i ceppi TA98NR e YG1021 giustifica la maggiore risposta del ceppo TA98 senza attivazione metabolica e pone l'accento sul contributo dei nitro-composti alla mutagenicità complessiva del particolato atmosferico. I nitro-IPA sono composti mutageni diretti, non necessitano cioè di attivazione metabolica per esplicitare la loro azione genotossica.

Le regioni del Nord Italia (in particolare la Pianura Padana) rappresentano una criticità europea relativamente all'inquinamento da polveri sottili. La particolare conformazione geografica e le condizioni meteo climatiche invernali non permettono un'adeguata dispersione degli inquinanti che costituiscono un problema per la salute che interessa non solo i grossi centri urbani, ma tutta la pianura, compresi i centri suburbani e le aree rurali.

In questo territorio il contenimento dei livelli emissivi deve essere ricercato con determinazione, in relazione al costante riscontro di sostanze mutagene nel PM_{2,5} e vista la correlazione esistente tra evento mutagenetico e cancerogenetico per le sostanze genotossiche.

METALLI

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

L. Milizia, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti estremamente diffusa nelle varie matrici ambientali. La loro presenza in aria, acqua e suolo può derivare da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano gli effetti derivanti dalle attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel) e Pb (piombo), che sono veicolati dal particolato atmosferico. La loro origine è varia. Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori. L'incenerimento dei rifiuti può essere una fonte di metalli pesanti quali antimonio, cadmio, cromo, manganese, mercurio, stagno, piombo. L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, nonché dalle quantità assorbite. Alcuni metalli sono oligoelementi necessari all'organismo per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi.

L'avvelenamento da zinco si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite. Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali. L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici. Cromo e nichel, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare. L'enfisema polmonare (per deficit di $\alpha 1$ antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio, cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia. Sia il piombo, che l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici.

Tra i metalli che sono più comunemente monitorati nel particolato atmosferico, quelli di maggiore rilevanza sotto il profilo tossicologico sono il nichel, il cadmio e il piombo. I composti del nichel e del cadmio sono classificati dalla Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo; l'Organizzazione Mondiale della Sanità stima che, a fronte di una esposizione ad una concentrazione di nichel nell'aria di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'intera vita, quattro persone su diecimila siano a rischio di contrarre il cancro. Nella TABELLA 27 sono riportati i valori obiettivo per As, Cd e Ni e il valore limite per la protezione della salute umana per il Pb previsti dal D.Lgs. 13/8/2010 n. 155.

PIOMBO (Pb)		
Periodo di mediazione	Valore limite (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
Anno civile	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 gennaio 2005
ARSENICO (As)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	$6 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012
CADMIO (Cd)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	$5 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012
NICHEL (Ni)		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo (condizioni di campionamento)	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	$20 \text{ ng}/\text{m}^3$	31 dicembre 2012

TABELLA 27: D.Lgs. 13/8/2010 n. 155, valori limite e valori obiettivo per i metalli.

ESAME DEI DATI

I dati riportati nelle tabelle che seguono (TABELLA 28, TABELLA 29, TABELLA 30 e TABELLA 31) si riferiscono alle concentrazioni medie annuali di arsenico, cadmio, nichel e piombo determinate nel materiale particolato aerodisperso PM10, campionato in 14 stazioni ubicate nella città metropolitana di Torino. Dal 2017 la determinazione dei metalli è stata effettuata solo sulla frazione con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm.

Le concentrazioni di As, Cd e Ni sono espresse in ng/m³, quelle relative al piombo in µg/m³.

I limiti previsti dal D.Lgs. 155 del 13/8/2010 sono rispettati per tutti i parametri in tutti i siti monitorati e mostrano un generale incremento nel corso del 2019 rispetto al 2018.

La presenza di **arsenico** nelle polveri inalabili negli ultimi anni di osservazione risulta generalmente trascurabile, con valori dell'ordine del limite di quantificazione del metodo in tutte le stazioni, anche in siti caratterizzati da traffico veicolare o presenza di attività industriali.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2019 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di ARSENICO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)											
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Beinasco-TRM	97%					0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Borgaro	86%	0,7	0,7	0,7	0,7*	0,7*	0,7*	0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7*
Carmagnola	98%	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Ceresole Reale	89%	0,7*	0,7*	0,7*	0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7*	0,7*
Druento	97%	0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Ivrea	81%	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7*	0,7	0,7*
Oulx	95%					0,7	0,7*	0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Settimo	97%										0,7*	0,7*	0,7
Susa	97%	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
To-Consolata	96%	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
To-Grassi	98%	0,7	0,7	0,8	0,7*	0,7*	0,7*	0,7*	0,7	0,7	0,7	0,7*	0,7
To-Lingotto PM10	96%	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7*	0,7
To-Rebaudengo	96%				0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
To-Rubino	85%	0,7*	0,7	1,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7*	0,7*

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 28: concentrazioni medie annuali di arsenico determinate sul Particolato Atmosferico, 2009-2019.

Per il **cadmio** in tutti i siti la concentrazione è significativamente inferiore rispetto al valore obiettivo di 5 ng/m³. Nel 2019 si osserva una generale stabilità dei livelli registrati rispetto all'anno precedente, unico aumento si registra presso la stazione di traffico urbano Torino – Rebaudengo.

Nel corso del 2017 il cadmio registrato presso la stazione di Settimo T.se risulta elevato a causa dell'esigua percentuale di dati validi disponibili (pari a 30%); la ricerca dei metalli presso questa stazione è stata condotta a partire dal mese di settembre.

I livelli di cadmio più elevati sono stati rilevati presso due stazioni di traffico urbano del capoluogo, Torino – Rebaudengo e Torino – Grassi, i cui livelli sono rispettivamente pari a 0,2 e 0,3 ng/m³.

A livello di composizione percentuale (TABELLA 32) si osserva un leggero incremento della presenza di tale metallo nelle polveri campionate in tutti i siti rispetto agli anni precedenti.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2019 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di CADMIO nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)										
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beinasco-TRM	97%					0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Borgaro	86%	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1*
Carmagnola	98%	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ceresole Reale	89%	0,1*	0,1*	0,1*	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1*	0,1*
Druento	97%	0,14*	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Ivrea	81%	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1*	0,1	0,1*
Oulx	95%					0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Settimo	97%									0,3*	0,1*	0,1
Susa	97%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
To-Consolata	96%	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
To-Grassi	98%	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2*	0,2
To-Lingotto PM10	96%	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1*	0,1
To-Rebaudengo	96%				0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3
To-Rubino	85%	0,2*	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1*	0,1*

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 29: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate sul Particolato Atmosferico, 2009-2019.

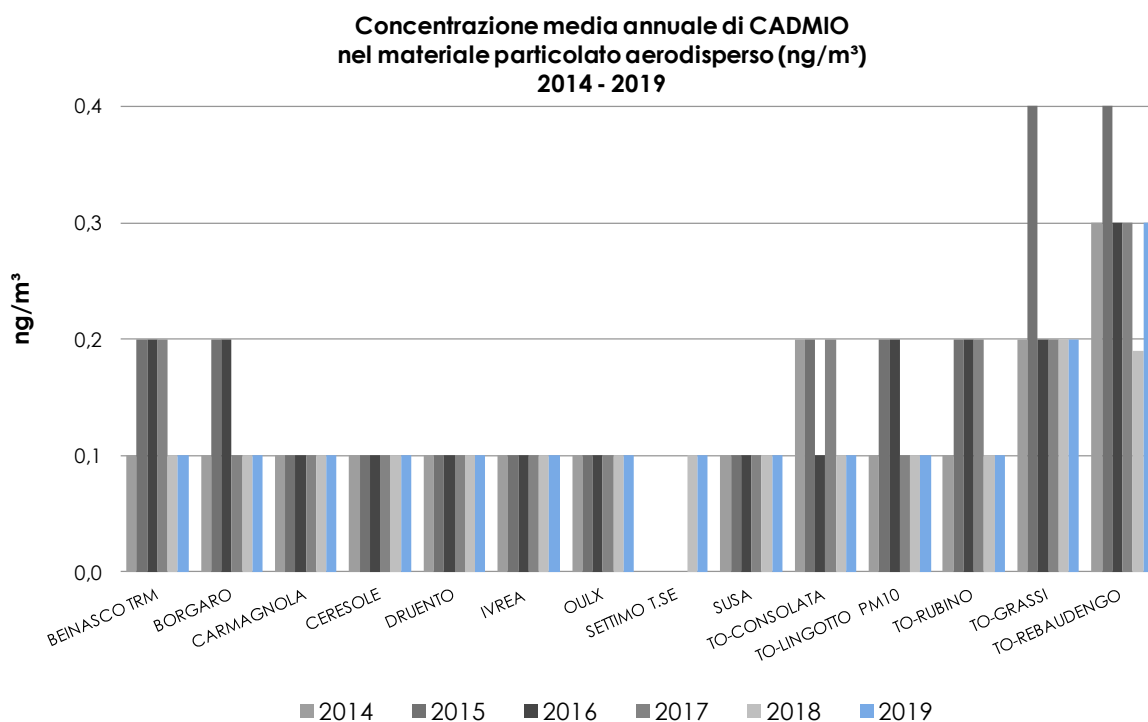


FIGURA 54: concentrazioni medie annuali di cadmio determinate sul Particolato Atmosferico 2014-2019.

Per il **nicel** si osserva una generale aumento delle concentrazioni rispetto all'anno 2018, anno in cui le condizioni metereologiche hanno sfavorito l'accumulo degli inquinanti. I valori si confermano ampiamente al di sotto del valore obiettivo previsto dal D.Lgs. n. 155/2010 (20 ng/m³).

La concentrazione più bassa di nichel è stata rilevata nel sito montano di Ceresole con un valore pari a 0,8 ng/m³, mentre nelle altre stazioni della provincia le concentrazioni sono al di sotto dei 4 ng/m³ ad eccezione della stazione di Torino- Grassi e di Settimo T.se presso cui si sono stati registrati i valori più elevati pari a 4,6 e 5,6 ng/m³ rispettivamente.

Anche a livello di presenza percentuale di nichel nelle polveri PM10 si osserva un generale incremento rispetto agli anni precedenti.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2019 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di NICHEL nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)										
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beinasco-TRM	97%					2,9	2,7	3,0	2,2	2,7	2,2	2,4
Borgaro	86%	6,2	4,3	5,2	4,7*	3,4*	3,0*	4,3*	2,4	4,2	2,2	2,2*
Carmagnola	98%	5,0	4,0	5,1*	3,9	3,2	2,5	3,0	1,9	2,9	2,2	2,7
Ceresole Reale	89%	1,9*	1,3*	1,6*	1,0*	0,7	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8*	0,8*
Druento	97%	4,4*	3,5	4,0	3,2	1,6	1,5	3,8	1,1	2,6	1,3	1,8
Ivrea	81%	5,1	3,7	4,4	3,2	2,4	2,2	3,0	1,6	2,2*	1,4	1,5*
Oulx	95%					1,4	1,8*	1,7*	1,3	2,0	1,3	1,6
Settimo	97%									4,0*	2,3*	5,6
Susa	97%	2,8	2,5	3,4	2,2	1,1	1,9	2,7	1,4	1,4	1,0	1,2
To-Consolata	96%	9,3	8,3	8,3	7,3	4,9	4,8	5,3	3,7	3,7	2,7	3,3
To-Grassi	98%	9,4	7,6	8,7	7,9*	5,8*	5,0*	5,5*	3,9	4,8	3,2*	4,6
To-Lingotto PM10	96%	5,7	5,1	5,6	4,8	3,5	3,2	3,3	2,2	2,5	1,4*	1,6
To-Rebaudengo	96%				7,2	5,2	4,5	4,6	3,0	3,0	2,3	4,0
To-Rubino	85%	6,1*	4,7	5,2	4,8	3,0	3,2	3,4	2,0	2,8	1,7*	2,4*

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 30: concentrazioni medie annuali di nichel determinate sul Particolato Atmosferico, 2009-2019.

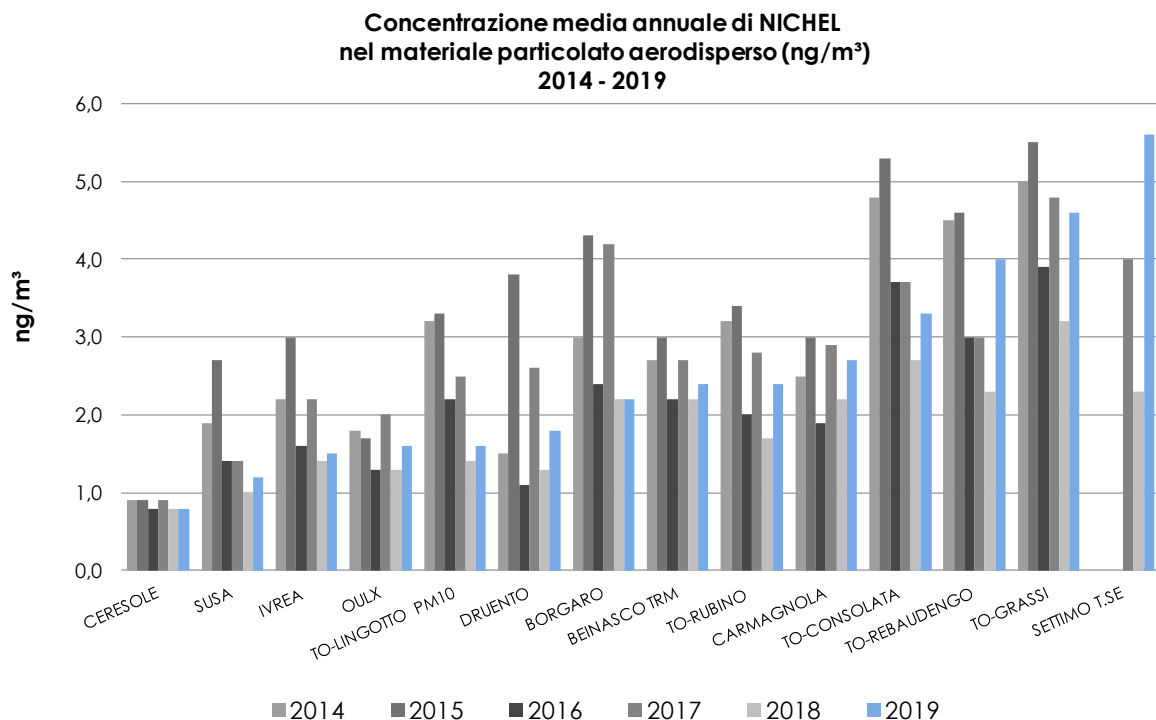


FIGURA 55: concentrazioni medie annuali di nichel determinate sul Particolato Atmosferico – 2014-2019

Per quanto riguarda il **piombo** in FIGURA 56 è riportata la serie storica a partire dagli anni '70. Attualmente i livelli di piombo sono due ordini di grandezza inferiori rispetto ai rilevamenti dei primi anni di monitoraggio. Già a partire dal 2001 le medie annuali sono di un ordine di grandezza inferiori al limite previsto dalla normativa (0,5 µg/m³). Anche per il piombo, si osservano gli andamenti descritti per gli altri metalli: rispetto al 2018 si registra una stabilità delle concentrazioni.

Le stazioni con il valore maggiore, registrato nel 2019, sono quella di P.zza Regaudengo e Torino - Grassi dove si è rilevata una concentrazione di piombo pari a 0,010 µg/m³.

Tuttavia, per tutti i siti i livelli risultano ampiamente al di sotto del valore limite e la concentrazione più bassa è stata registrata presso la stazione montana di Ceresole.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2018 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di PIOMBO nel materiale particolato aerodisperso ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)										
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beinasco-TRM	97%					0,009	0,008	0,008	0,007	0,006	0,005	0,005
Borgaro	86%	0,011	0,010	0,013	0,009*	0,009	0,006	0,009	0,007	0,007	0,006	0,005*
Carmagnola	98%	0,010	0,009	0,011	0,008	0,007	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004
Ceresole Reale	89%	0,002*	0,002*	0,002*	0,001*	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001*
Druento	97%	0,008*	0,007	0,008	0,006	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,003	0,003
Ivrea	81%	0,010	0,010	0,010	0,006	0,006	0,004	0,005	0,004	0,006	0,004	0,004*
Oulx	95%					0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,004
Settimo	97%									0,015	0,006	0,006
Susa	97%	0,008	0,007	0,006	0,005	0,004	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003
To-Consolata	96%	0,016	0,013	0,015	0,013	0,01	0,008	0,010	0,008	0,009	0,006	0,006
To-Grassi	98%	0,018	0,017	0,020	0,018*	0,012	0,012	0,020	0,011	0,011	0,008	0,01
To-Lingotto PM10	96%	0,012	0,011	0,012	0,009	0,007	0,007	0,009	0,007	0,007	0,005	0,005
To-Rebaudengo	96%				0,020	0,019	0,015	0,021	0,013	0,016	0,011	0,01
To-Rubino	85%	0,012*	0,011	0,011	0,010	0,009	0,007	0,008	0,006	0,007	0,005	0,005*

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 31: concentrazioni medie annuali di piombo determinate sul Particolato Atmosferico, 2009-2019.

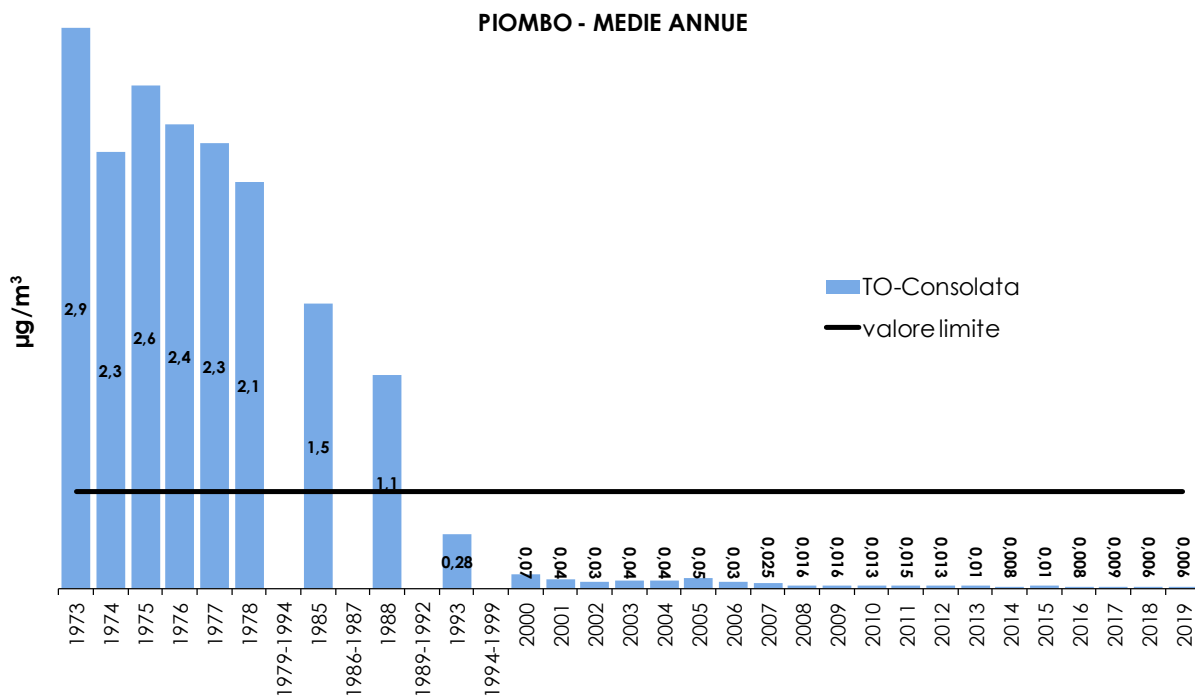


FIGURA 56: parametro piombo, medie annuali misurate presso la stazione di TO-Consolata nel periodo 1973 – 2019.

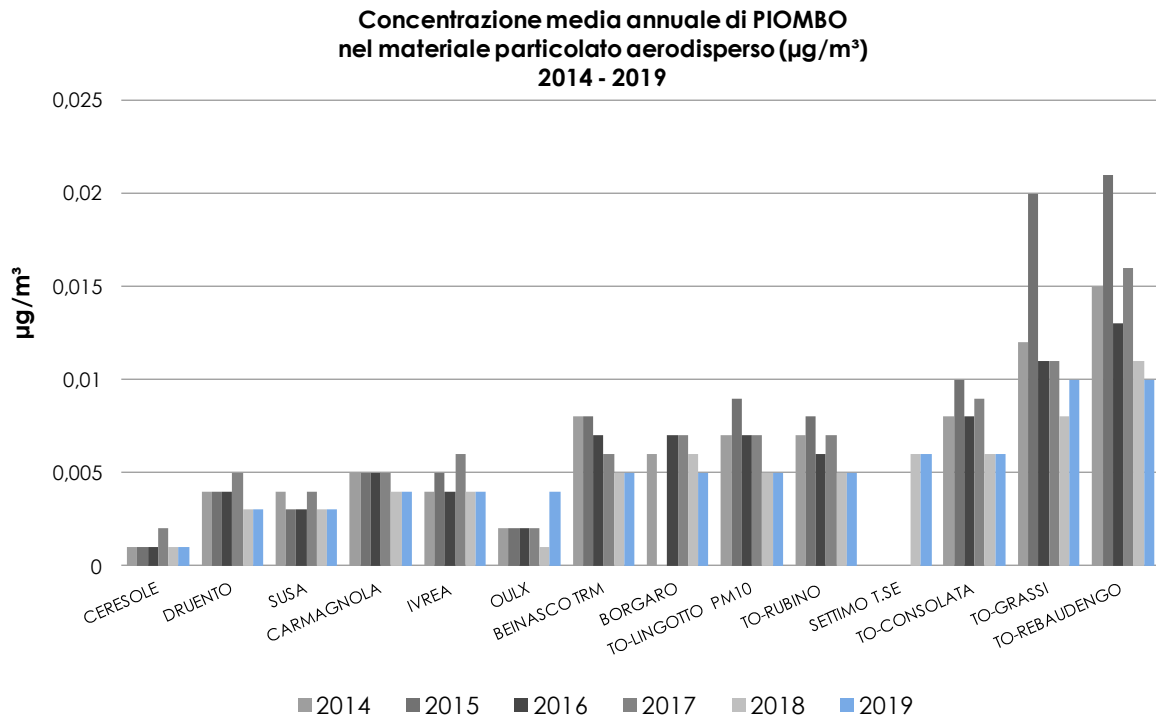


FIGURA 57: concentrazioni medie annuali di piombo determinate sul Particolato Atmosferico – 2014-2019.

Nel complesso i dati relativi ai metalli presenti sul particolato aerodisperso mettono in luce una situazione esente da criticità, grazie alla ridotta presenza sul territorio della città metropolitana di Torino di significative attività estrattive e metallurgiche, nonché alla dismissione di grandi centrali termoelettriche a carbone e ad olio combustibile, che sono le principali sorgenti antropiche di metalli pesanti quali arsenico, cadmio e piombo. Il quadro di insieme registrato nel 2019 mostra un generale incremento dei livelli rispetto agli anni precedenti pur rimanendo sotto il livello di criticità.

Per la stazione di qualità dell'aria denominata Beinasco-TRM, prevista ed installata a seguito del progetto di costruzione e avvio del termovalorizzatore di rifiuti urbani della provincia di Torino (zona Gerbido), tipologia di attività che può essere fonte di metalli pesanti, si osserva per tutti i metalli previsti dalla normativa un livello di concentrazione, negli anni di rilevamento disponibili, paragonabile a quelli rilevati in stazioni della rete di simile tipologia.

STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Cd										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beinasco-TRM					0,0006	0,0003	0,0006	0,0007	0,0006	0,0004	0,0004
Borgaro	0,0005	0,0005	0,0007	0,0005	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004
Carmagnola	0,0004	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
Ceresole Reale	0,0013	0,001	0,0009	0,0008	n.c.	n.c.	n.c.	0,0008	0,0006	0,0006	0,0011
Druento	0,0004	0,0004	0,0006	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0005
Ivrea	0,0005*	0,0006	0,0008	0,0005	0,0004	0,0006	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004
Oulx					0,0006	0,0006	0,0006*	0,0006	0,0006	0,0006	0,0007
Settimo									0,0007	0,0003	0,0003
Susa	0,0005	0,0003	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0004	0,0007
To-Consolata	0,0005	0,0004	0,0006	0,0006	0,0006	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003	0,0004
To-Grassi	0,0005	0,0005	0,0009	0,0007	0,0006	0,0005	0,0007	0,0005	0,0005	0,0004	0,0005
To-Lingotto PM10	0,0006	0,0005	0,0007	0,0006	0,0005	0,0004	0,0005	0,0004	0,0003	0,0004	0,0004
To-Rebaudengo					0,0009	0,0007	0,0009	0,0007	0,0006	0,0005	0,0009
To-Rubino	0,0005*	0,0004	0,0006	0,0006	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004
STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Ni										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beinasco-TRM					0,009	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,009
Borgaro	0,015	0,012	0,012	0,011	0,010	0,010	0,012	0,008	0,011	0,007	0,008
Carmagnola	0,010	0,009	0,010	0,008	0,008	0,007	0,007	0,005	0,006	0,006	0,008
Ceresole Reale	0,021	0,018	0,020	0,011	0,012	0,018	0,013	0,009	0,008	0,007	0,009
Druento	0,014	0,013	0,013	0,011	0,007	0,008	0,017	0,005	0,010	0,006	0,009
Ivrea	0,015	0,013	0,013	0,009	0,009	0,010	0,011	0,006	0,007	0,006	0,006
Oulx					0,008	0,011	0,009	0,008	0,011	0,007	0,011
Settimo									0,009	0,006	0,016
Susa	0,013	0,011	0,015	0,011	0,006	0,012	0,015	0,008	0,006	0,006	0,008
To-Consolata	0,018	0,019	0,017	0,015	0,012	0,014	0,013	0,011	0,009	0,008	0,012
To-Grassi	0,017	0,015	0,015	0,013	0,012	0,012	0,011	0,009	0,010	0,008	0,012
To-Lingotto PM10	0,014	0,014	0,013	0,011	0,009	0,010	0,009	0,006	0,006	0,005	0,006
To-Rebaudengo					0,014	0,011	0,011	0,008	0,007	0,006	0,012
To-Rubino	0,014	0,012	0,011	0,012	0,009	0,010	0,009	0,006	0,007	0,006	0,009
STAZIONE	Percentuale in massa dei metalli nel particolato %Pb										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beinasco-TRM					0,027	0,027	0,024	0,024	0,017	0,018	0,019
Borgaro	0,027	0,027	0,030	0,021	0,026	0,019	0,026	0,023	0,018	0,020	0,019
Carmagnola	0,020	0,020	0,020	0,016	0,017	0,014	0,012	0,014	0,011	0,011	0,011
Ceresole Reale	0,022	0,029	0,025	0,011	0,017	0,020	0,014	0,011	0,018	0,009	0,011
Druento	0,025	0,026	0,026	0,021	0,017	0,021	0,017	0,019	0,019	0,014	0,016
Ivrea	0,030	0,036	0,029	0,018	0,022	0,017	0,018	0,015	0,019	0,016	0,017
Oulx					0,011	0,012	0,011	0,013	0,011	0,006	0,027
Settimo									0,034	0,017	0,018
Susa	0,038	0,032	0,026	0,024	0,022	0,025	0,017	0,018	0,018	0,017	0,020
To-Consolata	0,031	0,030	0,030	0,027	0,025	0,023	0,025	0,023	0,021	0,018	0,021
To-Grassi	0,032	0,034	0,034	0,030	0,026	0,028	0,038	0,026	0,023	0,020	0,026
To-Lingotto PM10	0,029	0,031	0,027	0,021	0,018	0,022	0,025	0,021	0,018	0,018	0,019
To-Rebaudengo					0,051	0,038	0,049	0,035	0,035	0,028	0,029
To-Rubino	0,027	0,028	0,023	0,025	0,026	0,023	0,022	0,019	0,018	0,017	0,018

TABELLA 32: concentrazioni medie annuali di cadmio, nichel e piombo determinate sul Particolato Atmosferico, 2009-2019.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

E. Calderaro, ARPA Piemonte, Dipartimento territoriale Piemonte Nord-Ovest.

DESCRIZIONE

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, noti come IPA, sono composti chimici organici formati da due o più anelli aromatici condensati. Gli IPA presenti in aria ambiente si originano prevalentemente dalla combustione incompleta della biomassa e dei combustibili fossili utilizzati per la produzione di energia. Gli IPA sono presenti nell'atmosfera in quantità più contenute rispetto ad altri inquinanti e la loro concentrazione negli ultimi anni è diminuita in seguito all'adozione dei convertitori catalitici sui veicoli, l'introduzione di moderne tecnologie di riduzione delle emissioni industriali, la chiusura/delocalizzazione delle grandi industrie manifatturiere presenti sul territorio e l'utilizzo di combustibili a minore impatto ambientale. Infatti, in termini generali la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, se da un lato ha indubbi benefici in termini di bilancio complessivo di gas serra, dall'altro va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è notevolmente maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (kerosene, gasolio da riscaldamento, ecc.); il rapporto "EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook" stima un fattore di emissione di oltre 1000 volte superiore⁷⁰.

In termini di massa, gli IPA costituiscono una frazione molto piccola del particolato atmosferico rilevabile in aria ambiente (< 0,1%), ma rivestono un grande rilievo tossicologico, specialmente i composti con 5 o più anelli, dal momento che per la quasi totalità sono adsorbiti sulla frazione di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm, la frazione che più facilmente raggiunge la regione alveolare del polmone e da qui il sangue.

I dati ricavati da test su animali di laboratorio indicano che molti IPA hanno effetti sanitari rilevanti che includono l'immunosoppressione, la genotossicità e la cancerogenicità. Va comunque sottolineato che, da un punto di vista generale, la maggiore fonte di esposizione a IPA, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è costituita dall'inalazione diretta, ma dall'ingestione di alimenti contaminati a seguito della deposizione al suolo del particolato atmosferico. In particolare, il benzo(a)pirene genera sugli animali da laboratorio tumori a livello di diversi tessuti ed è inoltre l'unico idrocarburo policiclico aromatico per il quale sono disponibili studi approfonditi di tossicità per inalazione, che evidenziano come questo composto sia in grado di indurre il tumore polmonare in alcune specie.

A tal proposito, l'International Agency for Research on Cancer (IARC)⁷¹ classifica il benzo(a)pirene nel gruppo 1 come "cancerogeno per l'uomo", il dibenzo(a,h)antracene nel gruppo 2A come "probabile cancerogeno per l'uomo" mentre tutti gli altri IPA sono inseriti nel gruppo 2B come "possibili cancerogeni per l'uomo".

La normativa italiana (D.Lgs. 155/2010) prevede per gli IPA, determinati nella frazione PM10 del particolato atmosferico, un valore limite di concentrazione esclusivamente per il benzo(a)pirene, (TABELLA 33). Non sono previsti limiti normativi per gli altri IPA perché, essendo il BaP il composto più pericoloso per la salute, viene considerato come rappresentativo dell'inquinamento ambientale dell'intero gruppo degli IPA.

VALORE OBIETTIVO		
Periodo di mediazione	Valore Obiettivo	Data alla quale il valore obiettivo deve essere rispettato
Anno civile	1 ng/m ³	31 dicembre 2012

TABELLA 33: benzo(a)pirene, valori di riferimento e normativa in vigore.

⁷⁰ EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook – 2016 Part. 1.A.4. Small Combustion Tab. 3-5 e Tab. 3-6

⁷¹ International Agency for Research on Cancer (IARC) –Agents reviewed by the IARC monographs Volumes 1-100A last updated 2 april 2009

ESAME DEI DATI

In TABELLA 34 sono riportate le concentrazioni medie annuali di Benzo(a)Pirene rilevate nella frazione di particolato atmosferico con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm nelle stazioni presenti sul territorio metropolitano a partire dal 2008. La revisione della rete di monitoraggio regionale nonché l'attivazione della stazione TRM di Beinasco nel 2013 hanno determinato nel corso degli ultimi anni un incremento del numero di centraline presso le quali vengono effettuate le determinazioni degli IPA.

STAZIONE	Rendimento strumentale. 2019 (% giorni validi)	Concentrazione media annuale di Benzo(a)pirene nel materiale particolato aerodisperso (ng/m ³)											
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Beinasco-TRM	96%						0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,5	0,5
Borgaro	86%	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8*	0,7*	0,7*	0,9*	0,8	0,8	0,6	0,6*
Carmagnola	98%	0,7	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,5	0,6
Ceresole Reale	88%		0,2*	0,1*	0,1*	0,1*	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0*	0,0*
Druento	97%	0,4	0,5*	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2
Ivrea	81%	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7	1,1	0,8	0,9*	0,6	0,7*
Oulx	95%						0,5	0,5*	0,5*	0,3	0,3	0,2	0,2
Settimo	97%					1,0	1,2	1,3	1,4	1,1	1,3*	0,7*	0,8
Susa	97%	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
To-Consolata	96%	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,4	0,4
To-Grassi	98%	0,8	0,8	0,8	0,9	1,1*	1,1*	1,0*	1,7*	0,9	1,0	0,7*	0,7
To-Lingotto PM10	96%	0,6*	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	0,5*	0,5
To-Rebaudengo	96%					0,9	1,2	1,1	1,2	1,1	1,6	0,7	0,9
To-Rubino	85%	0,5	0,6*	0,5	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9	0,7	0,7	0,5*	0,4*

* percentuale di giorni validi inferiore al 90%

TABELLA 34: concentrazioni medie annuali di benzo(a)pirene rilevate sul Particolato Atmosferico– 2008-2019.

Si fa presente che per l'analisi dei dati sono stati utilizzati i valori di concentrazione relativi alle medie annuali calcolate partendo dalle medie giornaliere; tali valori potrebbero presentare piccole differenze rispetto al valore ricavato dalle medie mensili, a causa del diverso peso statistico dei singoli mesi.

Si precisa inoltre che le medie annuali misurate nei siti di Borgaro, Ceresole, Ivrea e To-Rubino sono calcolate su un numero di dati validi inferiore al 90%, pertanto non sono pienamente rappresentative dell'intero anno solare.

I dati raccolti nel corso del 2019 mostrano, rispetto al 2018, una situazione pressoché stazionaria dei valori di concentrazione media annuale del B(a)P; gli unici casi in cui si è registrato un decremento sono Susa e To-Rubino, mentre l'incremento più cospicuo pari al 29% si è verificato presso la stazione di To-Rebaudengo, stazione che presenta anche i maggiori valori di concentrazione media annuale di B(a)P con un valore di 0,9 ng/m³. In più della metà delle stazioni, i valori di concentrazione misurati non sono variati rispetto all'anno precedente; tali stazioni, come si evince dalla TABELLA 34 sono: Beinasco-TRM, Borgaro, Ceresole, Druento, Oulx, To Consolata, To-Grassi e To- Lingotto.

Durante l'anno in esame, in nessuna stazione è stato registrato il superamento del valore obiettivo di 1 ng/m³ fissato dalla normativa per il Benzo(a)Pirene, come già si era verificato per l'anno 2018.

La stazione con le concentrazioni più basse di B(a)P si conferma quella di Ceresole Reale, per la quale spesso i livelli mensili risultano di poco superiori o addirittura inferiori all'ordine di quantificazione del metodo. Questo è dovuto sia alla lontananza dalle fonti di inquinamento antropogenico, sia per il fatto che la stazione si trova ad un'altitudine alla quale nei periodi invernali non si verificano le condizioni di stabilità atmosferica che determinano i fenomeni di confinamento al suolo degli inquinanti.

I valori delle concentrazioni medie mensili di Benzo(a)Pirene registrate presso la stazione di To-Rebaudengo sono stati confrontati con i valori medi, minimi e massimi registrati nelle altre stazioni del territorio provinciale. Come evidenziato in FIGURA 58, le concentrazioni misurate presso questa stazione, nei primi mesi dell'anno si discostano in modo piuttosto evidente dai valori delle altre stazioni di monitoraggio.

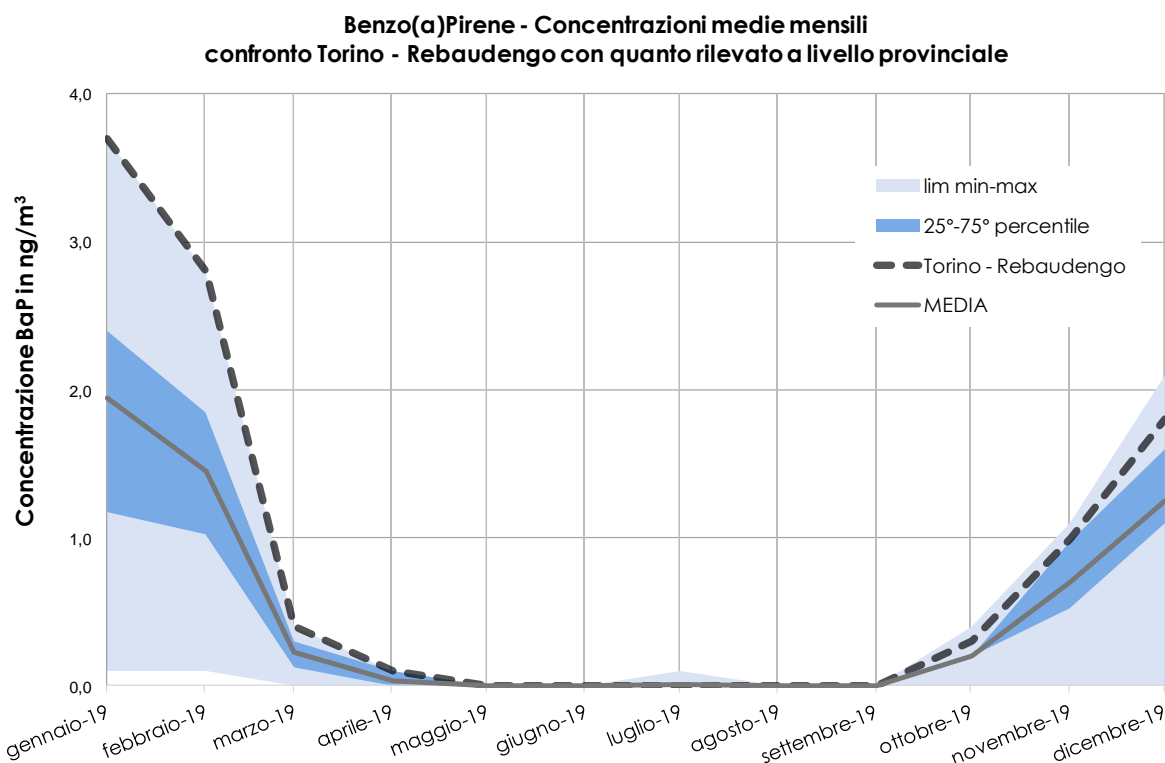


FIGURA 58: benzo(a)pirene presso To-Rebaudengo.

In FIGURA 59 è stato riportato l'andamento nel periodo 2014-2019 delle concentrazioni medie annuali degli IPA totali (Benzo(a)Pirene + Benzo(a)Antracene + Benzo(b,j,k)Fluorantene + Indeno(1,2,3-cd)Pirene) rilevate presso le stazioni di monitoraggio provinciali.

Nel 2019 la stazione di To-Rebaudengo ha registrato le più alte concentrazioni medie annuali di IPA, presentando un lieve aumento del 9% rispetto al dato del 2018. L'aumento più cospicuo con un valore di +15% è stato riscontrato presso Beinasco TRM, mentre nel 50% delle stazioni provinciali il valore di concentrazione di IPA totali risulta in diminuzione e il massimo del decremento (con -22% rispetto al 2018) è stato rilevato a Susa.

La diminuzione dei valori di concentrazione degli IPA totali che si è registrata negli ultimi due anni, rispetto al trend di crescita che ha caratterizzato il periodo 2014-2017, può essere imputabile alle condizioni climatiche che hanno favorito la dispersione degli inquinanti. Infatti, nel biennio 2018-2019 le precipitazioni cumulate medie in Piemonte sono risultate superiori alla norma del periodo 1971-2000 soprattutto nei mesi autunnali e invernali, ossia durante i mesi nei quali sono più marcati i fenomeni di accumulo al suolo degli inquinanti. Inoltre, si sono verificati pochi episodi di nebbia⁷², tipico fenomeno atmosferico del periodo freddo che influisce negativamente sulla dispersione degli inquinanti.

⁷² Il clima in Piemonte 2019 - Arpa Piemonte Sistemi Previsionali

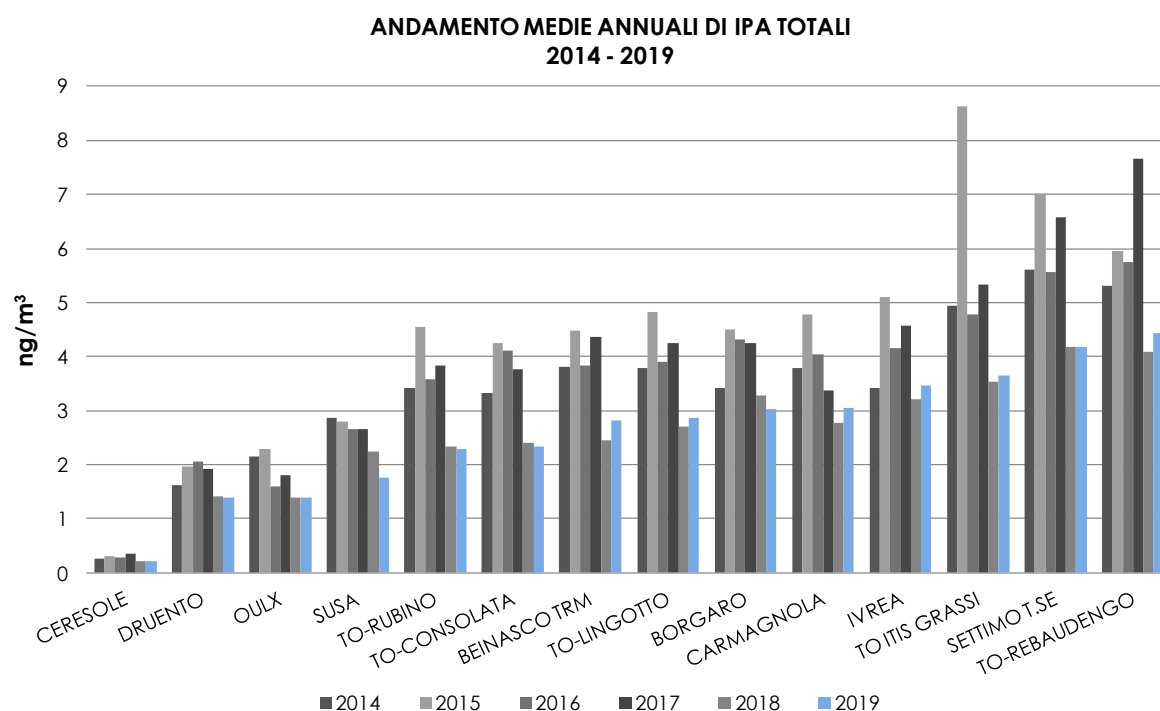


FIGURA 59: andamento medie annuali IPA totali periodo 2014-2019 – Benzo(a)Pirene + Benzo(a)Antracene + Benzo(b,j,k)Fluorantene + Indeno(1,2,3-cd)Pirene.

Oltre all'informazione relativa alla quantità totale di IPA rilevata nei vari siti, è stato analizzato anche il valore relativo alla percentuale in cui essi sono presenti nella frazione di particolato atmosferico con diametro aerodinamico inferiore a $10 \mu\text{m}$ ⁷³.

Come evidenziato in FIGURA 60, la composizione delle polveri presenta una notevole variazione stagionale. Infatti, nei mesi caldi (da aprile a settembre) si osservano percentuali molto basse e piuttosto uniformi nei vari siti perché si verificano condizioni atmosferiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti e l'elevata radiazione solare contribuisce notevolmente alla degradazione degli IPA. Al contrario, nei mesi freddi autunnali e invernali le polveri risultano maggiormente arricchite di questi composti in quanto si creano condizioni atmosferiche che ne favoriscono l'accumulo.

Le stazioni con percentuali maggiori di IPA nelle polveri si confermano essere, come per gli anni precedenti, quelle di Susa, Ivrea e Oulx, rappresentative di siti suburbani maggiormente influenzati dalle emissioni prodotte dalla combustione di biomassa utilizzata per il riscaldamento domestico.

La stazione di Ceresole risulta essere il sito con i livelli di IPA più bassi, sia come valori assoluti sia come presenza percentuale sul PM10.

Per valutare l'andamento mensile delle percentuali di IPA totali, sono stati confrontati i dati delle stazioni di Druento, Susa e To-Consolata, identificate come rappresentative delle diverse situazioni territoriali. In particolare, la stazione di Druento è rappresentativa di una situazione di fondo di tipo rurale, quella di Susa di fondo suburbano e quella di To-Consolata è una stazione di traffico urbano.

In FIGURA 61 si osserva il basso contenuto percentuale di IPA durante i mesi caldi, con valori equivalenti nelle varie aree territoriali confrontate. Durante il periodo freddo i valori sono più elevati in quanto le condizioni climatiche favoriscono l'accumulo degli inquinanti negli strati dell'atmosfera più a contatto con il suolo. I valori percentuali nei mesi invernali presentano differenze più marcate tra le varie stazioni analizzate. In particolare, a Susa la percentuale di IPA nel particolato atmosferico risulta, nei mesi freddi (soprattutto a gennaio e febbraio, caratterizzati nel 2019 da scarse precipitazioni atmosferiche), molto più elevata rispetto a Druento e To-Consolata. Tale situazione confermerebbe l'ipotesi che la presenza di IPA in atmosfera sia principalmente imputabile alla combustione delle biomasse per il riscaldamento domestico.

⁷³ Le percentuali utilizzate nelle figure, in riferimento alla media dei mesi freddi e a quella dei mesi caldi, sono calcolate sulla base delle concentrazioni medie giornaliere di IPA e PM10 misurate per il semestre freddo nei mesi di gennaio, febbraio, marzo, ottobre, novembre, dicembre e per il semestre caldo le concentrazioni misurate nei mesi di aprile, maggio, giugno, luglio, agosto, settembre.

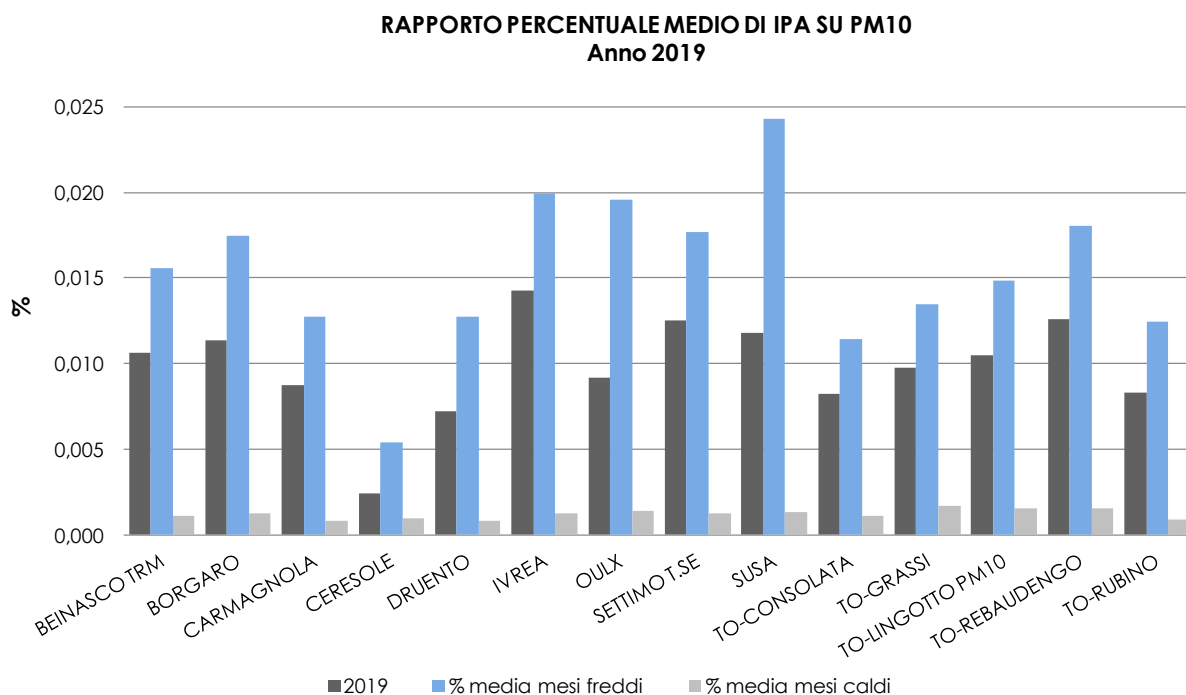


FIGURA 60: percentuale di IPA totali nel PM10 – anno 2019.

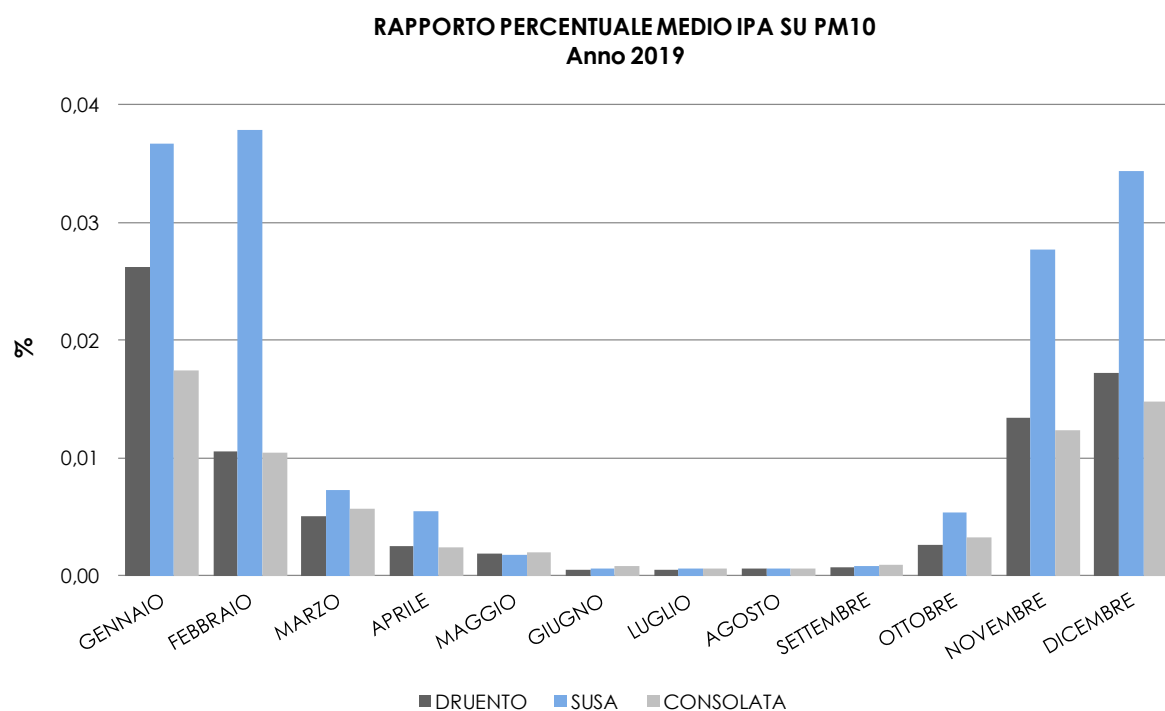


FIGURA 61: percentuale IPA totali nel PM10 – Andamento delle medie mensili – anno 2019.

DEPOSIZIONI ATMOSFERICHE “BULK” DI IPA E METALLI NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

L.Gerosa, ARPA Piemonte, Dipartimento di Torino.

DESCRIZIONE

Gli inquinanti atmosferici emessi dalle diverse sorgenti possono essere trasportati dai venti anche per distanze considerevoli, ma possono anche ricadere al suolo a causa di particolari processi chimico-fisici, detti genericamente deposizioni. Nel tempo che intercorre dalla loro emissione alla loro ricaduta al suolo, gli inquinanti atmosferici possono andare incontro a processi chimici che ne modificano le caratteristiche e la natura nonché il loro grado di tossicità e pericolosità nei confronti dell'ambiente. La loro ricaduta al suolo può avvenire con le precipitazioni meteoriche che danno luogo alle cosiddette “deposizioni umide”, con le nebbie sottoforma di minute goccioline (deposizioni occulte) o, ancora, sotto forma di gas e particelle (deposizioni secche). Le deposizioni totali (umide + secche) sono particolarmente adatte per misurare la concentrazione ambientale di inquinanti organici, metalli e metalloidi e per stimare l'esposizione della popolazione a tali inquinanti che avviene non direttamente ma attraverso l'accumulo nella catena alimentare in seguito alla contaminazione dei suoli agricoli. Infatti, l'accumulo degli inquinanti nel suolo può provocare, nel breve periodo, una contaminazione per deposito superficiale e, nel lungo periodo, un aumento della contaminazione delle piante che vi crescono. Questo può aumentare il rischio di trasferimento di tali sostanze all'uomo sia per contatto diretto con piante e suolo sia mediante il consumo di vegetali, provocando così l'ingresso di sostanze tossiche nella catena alimentare.

Nel corso del 2010 e fino al 2012, il quadro normativo in materia di qualità dell'aria ha subito sostanziali modifiche.

Con il D.Lgs del 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”, poi modificato dal D.Lgs. 250/2012, si ha un'unica norma che sostituisce la precedente legge quadro (D.Lgs. 351/99) e vari decreti attuativi.

Con Decreto 29 novembre 2012, Art.4, vengono individuate le stazioni speciali di misurazione della qualità dell'aria previste dal D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155.

Nessuna di queste leggi prevede valori limite o valori obiettivo per le deposizioni atmosferiche totali ma fornisce indicazioni di riferimento per i diversi inquinanti, permettendo quindi una valutazione dell'aria, su base annuale in relazione alla concentrazione.

Il dato ottenuto è il risultato del rapporto tra la quantità di analita, in relazione con i giorni di esposizione, e la superficie di esposizione espressa in m².

In caso di dati inferiori al limite di quantificazione, nel calcolo dei risultati analitici si è utilizzato l'approccio “medium-bound”, sostituendo NR con LR/2 (Rapporto ISTISAN 04/15).

Seguendo quanto previsto dalla norma ogni singolo campionamento ha la durata di un mese, nel corso del quale in un unico contenitore vengono raccolte le deposizioni secche e quelle umide in caso di pioggia o neve, nelle quali sono stati analizzati, a mesi alterni IPA e Metalli.

A scopo di studio, ARPA ha deciso di inserire nelle analisi un'altra serie di metalli quali: Cobalto, Cromo, Rame, Selenio e Vanadio.

Lo studio delle deposizioni descrive la ricaduta degli inquinanti al suolo e consiste nella valutazione degli inquinanti presenti nel particolato e nelle precipitazioni che si depositano su una determinata superficie nell'unità di tempo. Nelle tabelle seguenti sono riportati i flussi di deposizione dei metalli e dei microinquinanti organici presenti nelle deposizioni totali presso i siti di monitoraggio installati nella città metropolitana di Torino. I risultati sono espressi come rapporto tra la quantità di analita in relazione con i giorni di esposizione e per m² di superficie esposta. In caso di dati inferiori al limite di quantificazione, nel calcolo dei risultati analitici si è utilizzato l'approccio “medium-bound”, sostituendo NR con LR/2 (Rapporto ISTISAN 04/15).

Nella città metropolitana di Torino il primo deposimetro è stato installato nel 2007 nella cabina di monitoraggio di Baldissero T.se acquistata da GdF Suez Produzione S.p.A. in ottemperanza alle prescrizioni emanate dal Ministero delle Attività Produttive in fase di autorizzazione alla costruzione e all'esercizio della centrale termoelettrica sita nel comune di Leini e secondo quanto previsto da tali prescrizioni, tramite convenzione, i dati prodotti e le analisi effettuate sui campioni sono gestiti da Arpa. Dal 2007 al 2012 nelle deposizioni raccolte presso Baldissero sono stati determinati i metalli

(dal 2007 a febbraio 2010 era presente un campionatore wet&dry, sostituito con un campionatore bulk nel marzo 2010), a partire da gennaio 2013 a dicembre 2019 invece si sono determinati gli idrocarburi policiclici aromatici, per poter avviare uno studio del sito anche in merito a questi inquinanti.

Nel mese di agosto 2012 sono stati installati altri tre deposimetri nella provincia di Torino, nello specifico nell'area indicata dalle simulazioni modellistiche come potenzialmente interessata alle ricadute del termovalorizzatore TRM che è stato avviato l'anno successivo nel mese di aprile. Sono stati scelti tre siti di monitoraggio presso i comuni di Rivalta, Orbassano e Grugliasco in cui a mesi alterni si campionano IPA e metalli. In merito alla costruzione ed autorizzazione del termovalorizzatore, con D.G.P. n. 1317- 433230/2006, successivamente modificata con D.G.P. n. 35-225/2012, la Provincia di Torino ha espresso giudizio positivo di compatibilità ambientale prevedendo, tra le diverse prescrizioni, l'installazione di una cabina di monitoraggio della qualità dell'aria nel punto di potenziale massima ricaduta, con l'obbligo per TRM S.p.A. di affidarne la gestione tecnica a Arpa Piemonte. La cabina è stata installata nel comune di Beinasco presso il giardino pubblico Aldo Mei a partire da novembre 2012. In tale sito vengono determinate le deposizioni di IPA e metalli tramite due campionatori bulk.

Pur descrivendo in modo dettagliato la metodica di campionamento, la norma non prevede livelli limite o valori obiettivo per i vari composti, per cui come termine di confronto sono riportati i valori, dove disponibili di studi reperibili in letteratura.

ESAME DEI DATI

Idrocarburi policiclici aromatici

Secondo il d.lgs. 155/2010 la presenza di benzo(a)pirene nell'aria ambiente non deve superare 1 ng/m³ come media annuale nella frazione PM10, ma non vengono date indicazioni per valori nelle deposizioni.

Si precisa che i dati relativi alla determinazione di IPA risultano frequentemente inferiori al limite di rilevabilità del metodo di analisi, in tali casi sono stati cautelativamente posti uguali alla metà del limite di quantificazione (come indicato nelle linee US EPA 2000) e pertanto le medie calcolate su base annuale vanno considerate come "valori indicativi".

Per tutti i siti l'ordine di grandezza dei vari IPA rilevati risultano confrontabili e piuttosto uniformi nei cinque anni di monitoraggio.

In TABELLA 35 sono riportati i dati relativi ai campioni raccolti e analizzati negli anni 2013 - 2019 presso i 5 siti della Città Metropolitana di Torino, nei quali sono installati deposimetri bulk per la determinazione degli IPA. A Baldissero T.se e Beinasco - TRM gli IPA sono stati determinati in tutti i mesi, mentre presso i siti di Grugliasco - Circolo Golf, Str. del Gerbido, Rivalta - Campo Pozzi SMAT, Campo Fregoso Dojrone e Orbassano - Ospedale San Luigi a mesi alterni vengono analizzati IPA e metalli.

In FIGURA 62 è rappresentato, per ogni singolo sito di campionamento, il contributo che ogni IPA, oggetto di studio ha nel quadro generale per l'anno 2019. Grugliasco, Rivalta ed Orbassano, data la loro posizione geografica, subiscono infatti lo stesso tipo di inquinamento con valori molto simili, mentre Baldissero situato in una zona geograficamente diversa per esposizioni, presenta una riduzione generale dei contaminanti.

	Anno	Benzo[a]pirene	Indeno[1,2,3-cd]pirene	Benzo[a]antracene	Benzo [b+j+k]fluorantene
Baldissero	2013	12,3	9,7	4,1	14,1
	2014	6,2	15,9	6,5	29,6
	2015	9,1	11,5	6,6	24,9
	2016	6,1	13,9	4,4	22,2
	2017	9,3	9,3	5,8	16,8
	2018	5,9	11,1	3,5	15,2
	2019	1,9	1,9	1,9	5,4
Grugliasco	2013	16,4	11,1	5,7	17,8
	2014	6,9	8,7	5,2	19,5
	2015	7,5	8,9	8,1	22,0
	2016	6,9	9,4	4,6	18,4
	2017	14,3	21,0	13,2	31,9
	2018	10,5	19,4	10,6	35,7
	2019	3,8	9,7	3,8	14,4
Rivalta	2013	12,5	5,2	3,6	14,3
	2014	10,4	12,5	10,4	18,4
	2015	5,3	7,8	5,4	24,3
	2016	10,1	9,3	5,7	21,9
	2017	15,1	17,1	9,0	24,0
	2018	10,6	22,2	8,8	35,9
	2019	4,0	8,6	3,5	13,7
Orbassano	2013	23,5	11,6	7,9	24,2
	2014	5,2	8,8	5,1	18,7
	2015	5,8	7,7	7,7	18,3
	2016	8,9	11,4	8,4	24,9
	2017	11,2	18,0	10,6	25,4
	2018	7,8	18,1	18,1	28,2
	2019	6,6	11,2	11,2	19,5
Beinasco (TRM) Aldo Mei	2013	16,0	12,3	6,6	24,0
	2014	8,3	18,9	10,2	26,9
	2015	7,3	8,9	7,1	19,2
	2016	6,2	9,9	4,5	18,2
	2017	10,3	18,5	7,5	22,8
	2018	7,9	10,2	4,9	17,7
	2019	6,6	9,9	4,2	18,0

TABELLA 35: IPA nelle deposizioni – Indicatori statistici anni 2013-2019

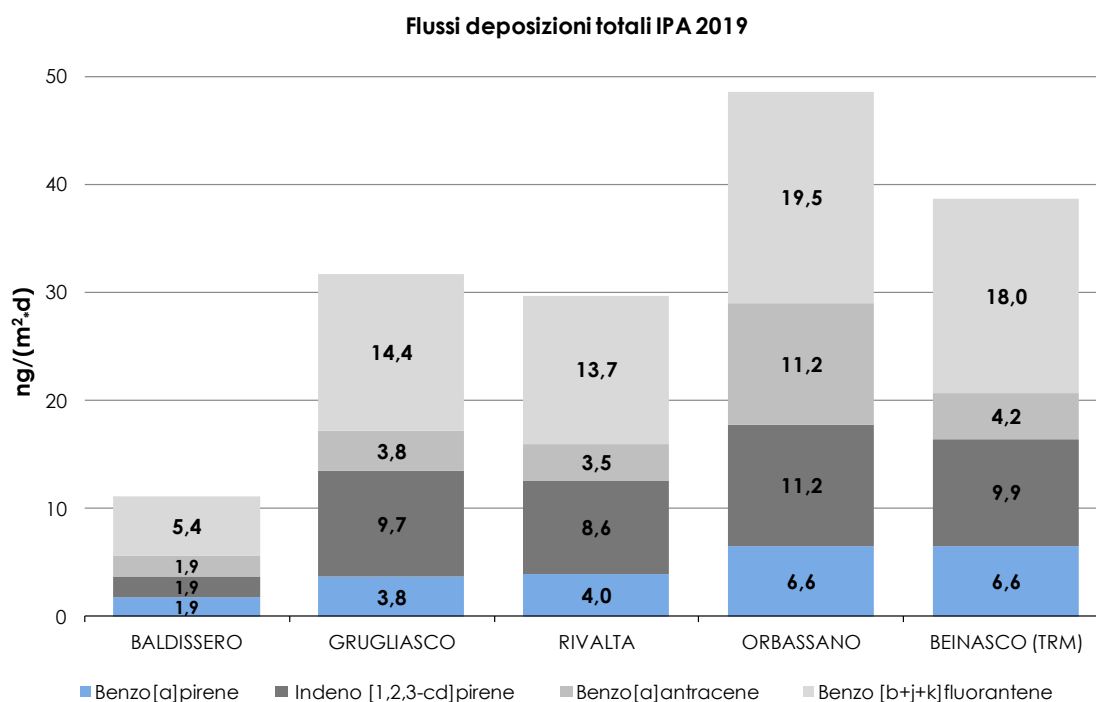


FIGURA 62: grafico di confronto flussi deposizioni totali anno 2019.

Nella FIGURA 63, viene evidenziato l'andamento del B(a)P nelle diverse località di campionamento dal 2013 al 2019. Il trend, come si può notare, è uniforme nei diversi siti. Dopo un successivo innalzamento dei valori nel 2017, dovuto a fattori meteorologici e solo in parte imputabili agli incendi boschivi divampati a fine ottobre - inizio novembre nelle vallate alpine, si ha una diminuzione significativa nel 2018 che riporta i valori ad un livello simile a quello del 2014, trend ancora più accentuato nel 2019 con un ulteriore decremento dei valori. L'uniformità nell'andamento fa pensare anche all'influenza del traffico veicolare sui livelli di inquinamento dell'aria in tutta la zona interessata nel monitoraggio.

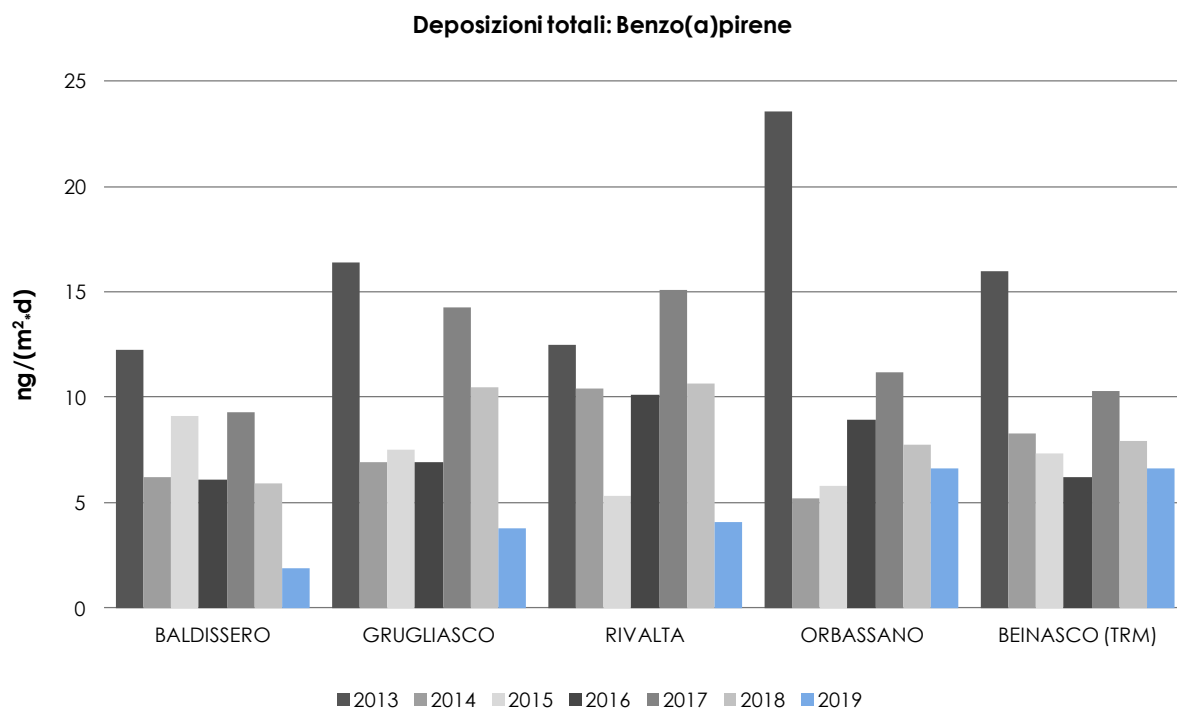


FIGURA 63: benzo(a)pirene nelle deposizioni confronto andamento 2013-2019.

Per avere un'idea più ampia delle deposizioni di Benzo(a)pirene nella TABELLA 36 sono riportati alcuni dati disponibili in letteratura. Nelle aree rurali si nota che i siti italiani hanno valori massimi inferiori rispetto ai siti europei di Pallas e Rorvik, i valori minimi sono invece allineati.

Nelle aree urbane si osserva che il valore della media annuale di B(a)P misurato nella città di Venezia è in linea con il valore di Parigi, nonostante la realtà geografica diversa ed è nettamente inferiori rispetto a quello di Cardiff e Manchester. Tutto ciò può essere imputabile alla presenza di fonti specifiche del contaminante stesso, quali centrali termiche alimentate con combustibili solidi e olio combustibile e attività industriali pesanti (cokerie, produzione e lavorazione di grafite, trattamento del carbon fossile).

			B[a]P (ng/m ² d)	Riferimenti bibliografici
AREE RURALI min-max	Italia	Melfi	1,9-6,9	Menichini et al. 2006
		Laguna di Venezia	6-9	Rossini et al. 2001, magistrato acque 2000
	Finlandia	Pallas	2-10	EMEP 2005
	Svezia	Rorvik	5-17	EMEP 2005
AREE URBANE media annua	Italia	Venezia	30	Rossini et al. 2001, magistrato Acque 2000
	Francia	Parigi	25	Motelay-Massei et al. 2003
	Inghilterra	Cardiff	219	Halsall et al. 1997
		Manchester	300	

TABELLA 36: dati estratti dalla letteratura Benzo(a)Pirene (Fonte convegno Istituto Superiore di Sanità).

Nelle figure che seguono (FIGURA 64, FIGURA 65, FIGURA 66) sono riportati gli andamenti nel corso degli anni degli idrocarburi policiclici significativi.

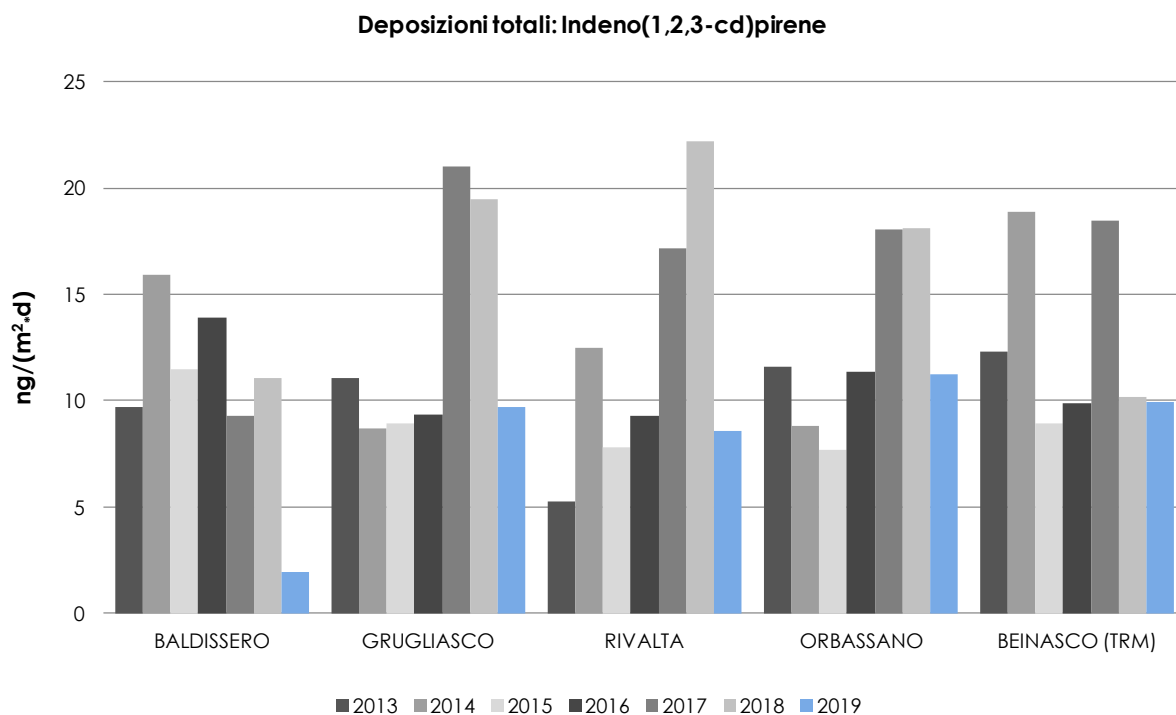


FIGURA 64: indeno(1,2,3-cd)pirene nelle deposizioni confronto andamento 2013-2019.

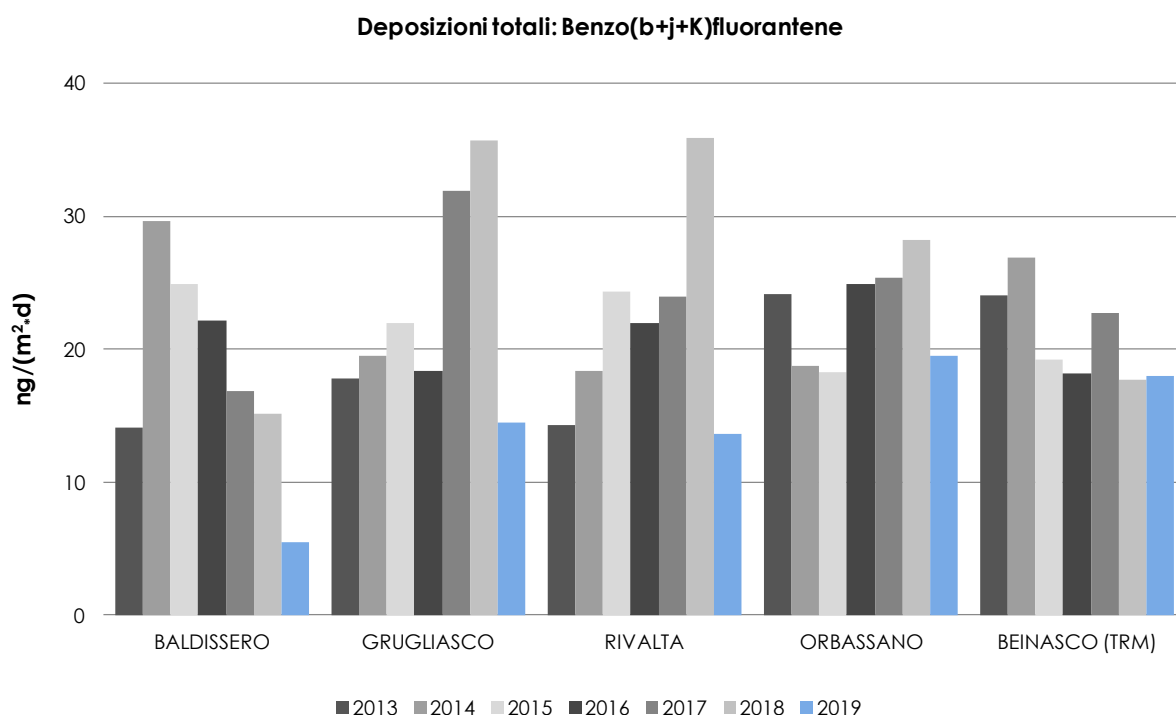


FIGURA 65: benzo(b+j+K)fluorantene nelle deposizioni confronto andamento 2013-2019.

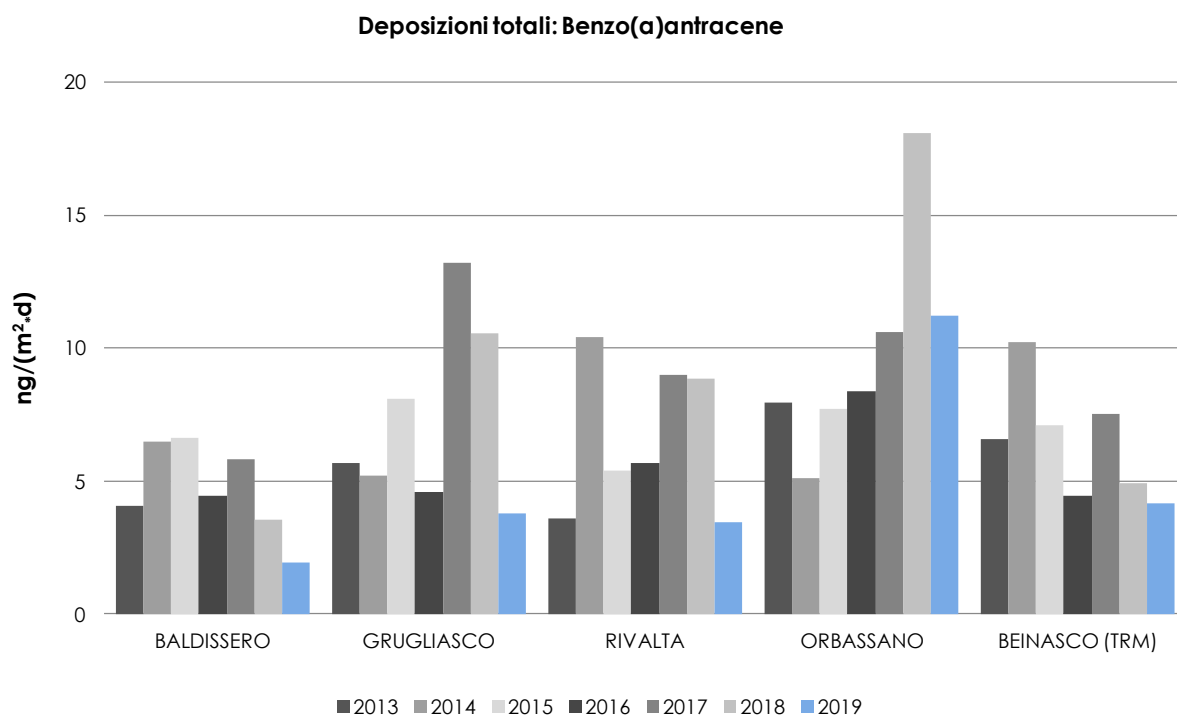


FIGURA 66: benzo(a)antracene nelle deposizioni confronto andamento 2013-2019.

Metalli

Come detto in premessa, la determinazione dei metalli nelle deposizioni nella città metropolitana di Torino ha avuto inizio nel 2007 presso la stazione di Baldissero T.se utilizzando campionatori wet & dry. A marzo 2012 tale campionario è stato sostituito con un deposimetro bulk e, a partire da gennaio dello stesso anno, la Struttura Semplice di Arpa "Laboratorio Specialistico Nord Ovest" del Dipartimento Territoriale Piemonte Nord Ovest ha messo a punto la metodica analitica conforme al D.lgs 155/2010 e alla norma BS EN 15841/2009.

Da agosto 2012 è iniziata la determinazione dei metalli nelle deposizioni bulk presso i siti di Grugliasco – Circolo Golf, Str. del Gerbido, Rivalta – Campo Pozzi SMAT, Frazione Dojrone e Orbassano – Ospedale San Luigi (che viene effettuata a mesi alterni con le determinazioni di IPA) e da novembre 2012 è stato installato un deposimetro bulk anche nella cabina di monitoraggio di Beinasco – Aldo Mei. Le determinazioni risultano confrontabili per metodo di campionamento, analisi e omogeneità di copertura annuale a partire dal gennaio 2013 (i dati sono riportati in TABELLA 37). Si sottolinea che nel calcolo dei risultati analitici in caso di dati inferiori al limite di quantificazione, si è utilizzato l'approccio "medium-bound", sostituendo NR con LR/2 (Rapporto ISTISAN 04/15); ciò comporta che in alcuni casi, ad esempio l'arsenico, il dato finale possa apparire leggermente superiore in un sito rispetto all'altro pur essendo tutti sotto il limite di quantificazione. Anche per il selenio nella maggior parte dei campioni è risultato sotto il limite di quantificazione del metodo.

Dai dati riportati in TABELLA 37 si osserva che per ogni metallo nei vari siti l'ordine di grandezza risulta paragonabile nel corso dei sei anni di monitoraggio(2013–2019) nonostante un lieve ma costante incremento dei valori.

		Flusso di deposizione $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$									
		As	Cd	Co	Cr	Ni	Pb	Cu	Se	V	Zn
Grugliasco	2013	1,2	0,1	1,2	2,8	3,2	4,2	13,9	2,0	1,7	51,1
	2014	2,1	0,2	2,2	4,4	4,6	3,8	13,6	2,1	3,2	35,2
	2015	1,6	0,2	1,6	2,7	2,8	5,2	12,3	1,6	1,8	41,0
	2016	1,0	0,1	1,0	4,7	2,7	4,4	11,9	1,0	1,5	44,9
	2017	0,9	0,1	0,9	4,1	2,9	6,7	11,8	0,8	1,3	76,1
	2018	1,8	0,3	0,9	3,3	3,3	3,9	10,6	1,9	1,5	47,8
	2019	0,9	0,1	0,9	3,1	2,8	3,9	11,0	0,8	1,7	56,5
Rivalta	2013	1,3	0,2	1,3	3,0	4,7	3,7	12,5	1,3	1,8	64,8
	2014	2,2	0,2	2,3	3,8	3,1	3,2	10,6	2,2	3,0	69,7
	2015	1,3	0,2	1,3	2,6	3,4	5,4	10,7	1,3	1,9	43,4
	2016	1,0	0,2	1,0	5,6	2,2	3,4	7,6	1,0	1,7	37,1
	2017	0,9	0,1	0,9	2,7	2,2	5,0	9,5	0,9	1,3	76,9
	2018	1,9	0,3	2,1	3,2	3,3	5,2	17,8	2,0	2,4	60,7
	2019	0,8	0,1	0,8	1,7	2,2	4,4	9,2	0,8	1,7	54,3
Orbassano	2013	1,4	0,2	1,4	3,2	3,7	30,8	14,3	1,4	1,7	102,3
	2014	2,2	0,3	2,3	4,5	10,3	22,7	12,9	2,1	3,2	54,8
	2015	1,4	0,2	1,4	2,7	4,0	17,5	12,2	1,3	1,7	80,7
	2016	0,9	0,4	1,0	6,0	3,9	21,1	13,9	0,9	2,1	103,1
	2017	1,0	0,2	1,0	4,7	3,6	22,2	12,8	0,9	1,5	92,0
	2018	1,9	0,3	1,1	5,5	3,5	11,8	8,3	2,0	2,3	80,5
	2019	0,8	0,2	0,9	3,9	4,4	16,6	11,8	0,8	1,7	73,4
Beinasco (TRM) Aldo Mei	2013	1,7	0,2	1,6	3,4	3,5	11,2	15,7	1,5	2,0	119,5
	2014	1,9	0,2	1,8	4,2	11,7	10,7	14,6	1,9	3,1	100,7
	2015	1,4	0,1	1,4	3,1	3,2	11,3	11,9	1,3	1,7	85,6
	2016	1,3	0,1	1,5	6,3	2,9	6,6	12,2	1,3	1,9	98,3
	2017	1,0	0,2	1,1	4,2	3,3	7,9	14,1	1,0	1,7	126,9
	2018	1,8	0,2	1,9	3,2	4,5	7,5	18,9	1,8	2,1	131,0
	2019	1,7	0,3	1,7	4,2	4,2	8,4	15,8	1,7	2,3	144,6

TABELLA 37: metalli nelle deposizioni – indicatori statistici anno 2013-2019.

Anche per i metalli, analogamente a quanto avviene per gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, la normativa italiana e comunitaria non indica valori limite, ma prevede la sola determinazione nelle deposizioni di arsenico, cadmio, piombo e nichel; gli altri metalli sono stati quantificati da Arpa Piemonte a scopo di studio. Alcuni Paesi hanno definito dei valori limite espressi in termini di media annuale dei tassi di deposizione giornaliera per i parametri deposizioni totali, cadmio, piombo e tallio riportati, come riferimento, in TABELLA 38.

	Deposizione atmosferica totale (media annuale) $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	Cd $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	Pb $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$	Tl $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$
Austria	-	2	-	-
Germania	350-650 (*)	5	250	10
Svizzera	-	2	-	-
Spagna	200	-	-	-
Finlandia	333	-	-	-
Argentina	333	-	-	-
Canada	153-180	-	-	-
USA	183-262	-	-	-

*breve periodo

TABELLA 38: valori limite internazionali per le deposizioni atmosferiche totali e per alcuni elementi contenuti nelle deposizioni – estratta da Rapporto ISTISAN 06/43 (Tabella 7).

Nei grafici successivi (FIGURA 67, FIGURA 68, FIGURA 69, FIGURA 70, FIGURA 71), sono riportati i valori dei metalli nelle deposizioni totali per l'anno 2019 nei vari siti e i confronti nel tempo (anni 2013-2019) per ogni singola stazione di misura.

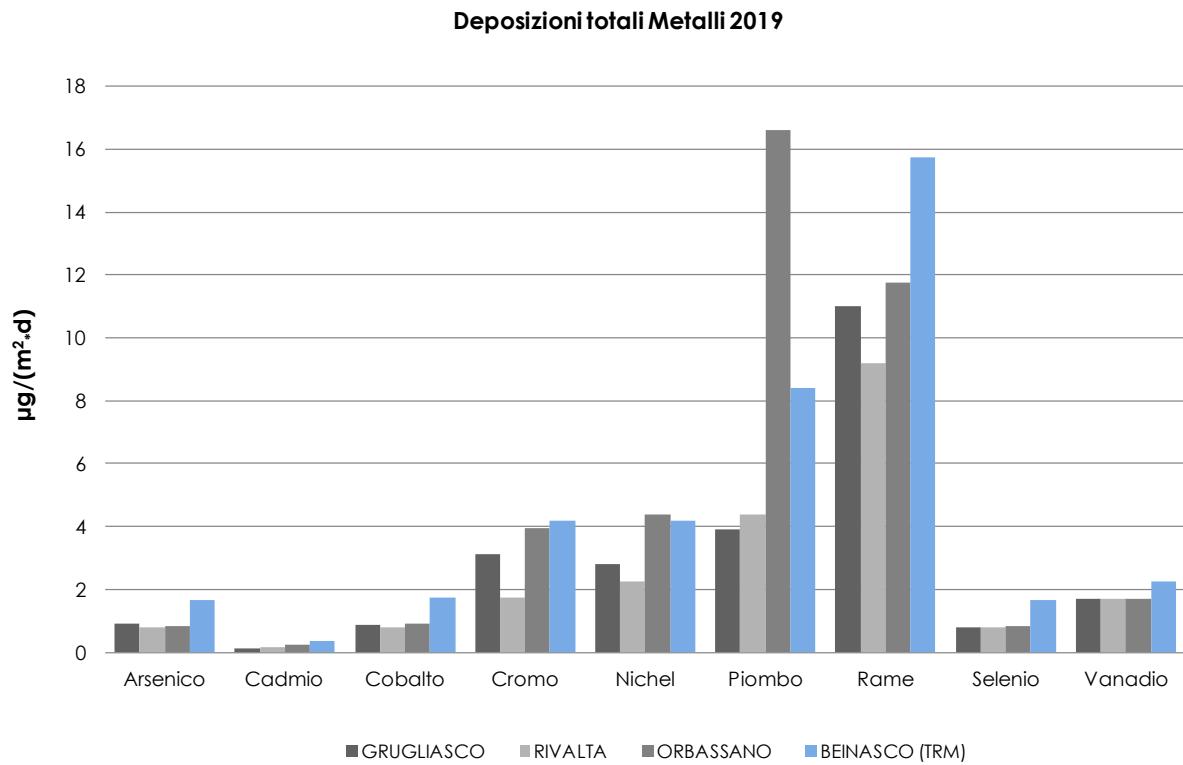


FIGURA 67: metalli nelle deposizioni totali 2019.

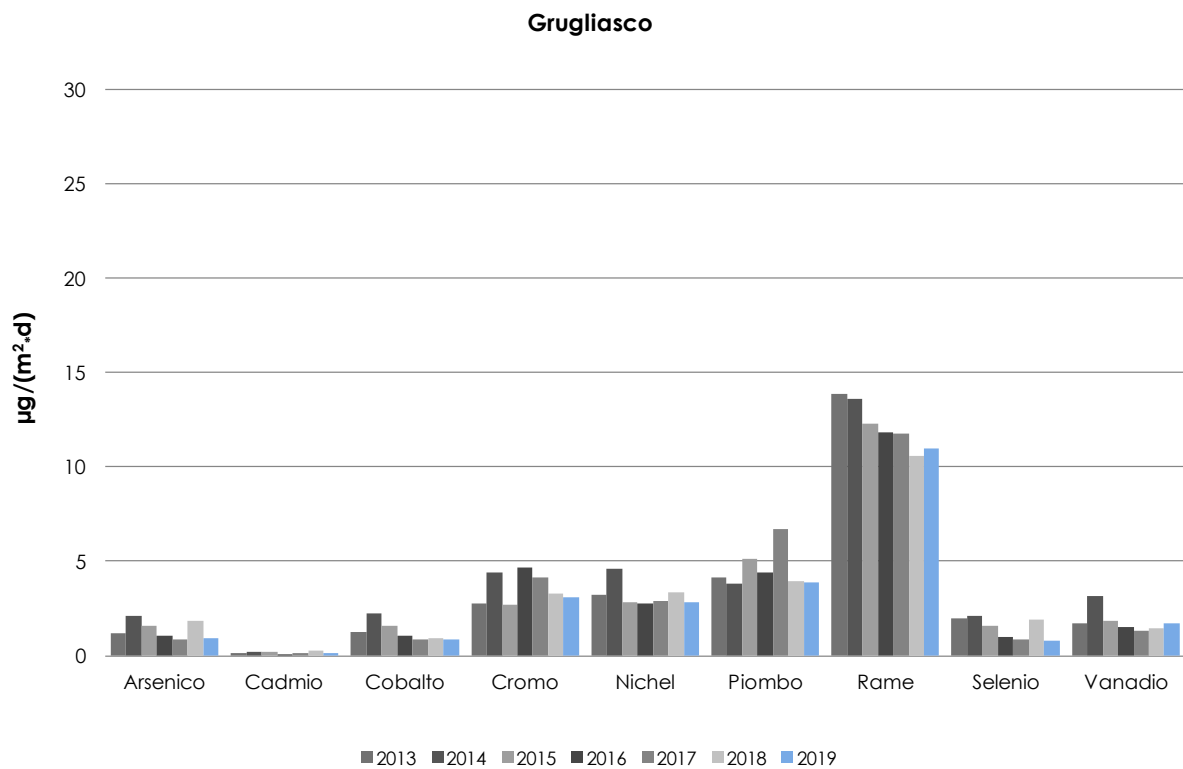


FIGURA 68: metalli nelle deposizioni totali 2013-2019 nel sito di Grugliasco.

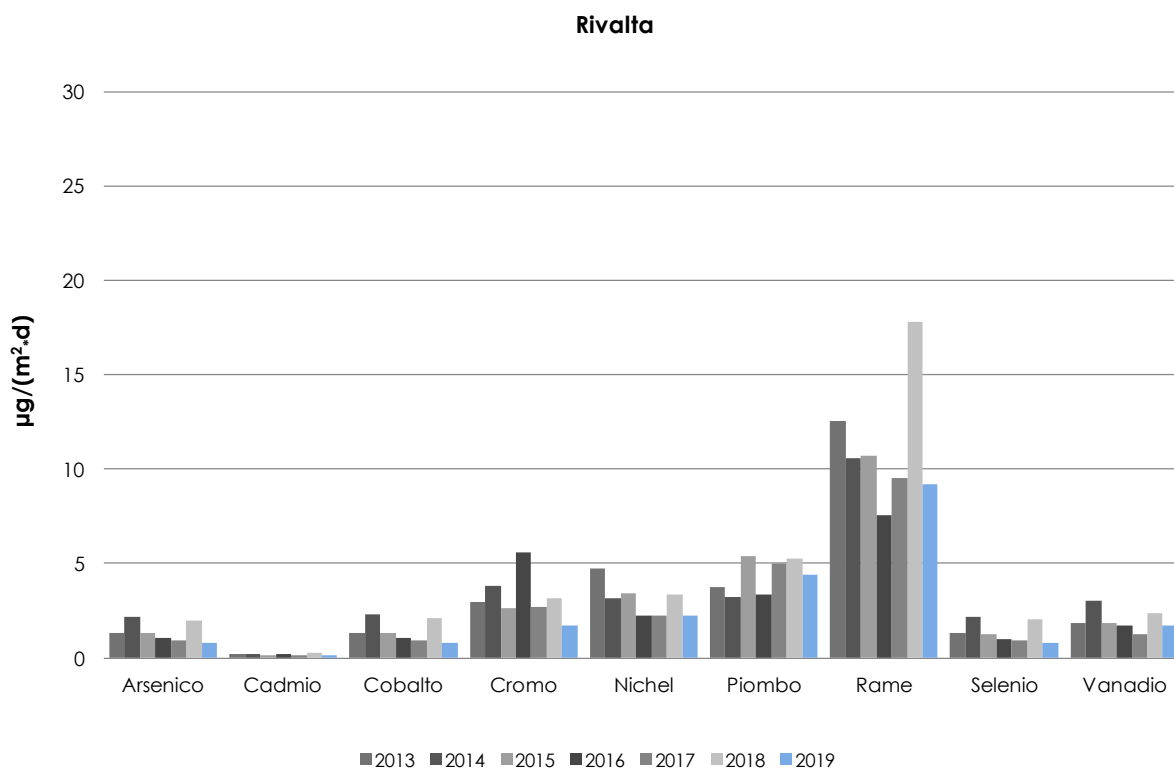


FIGURA 69: metalli nelle deposizioni totali 2013-2018 nel sito di Rivalta.

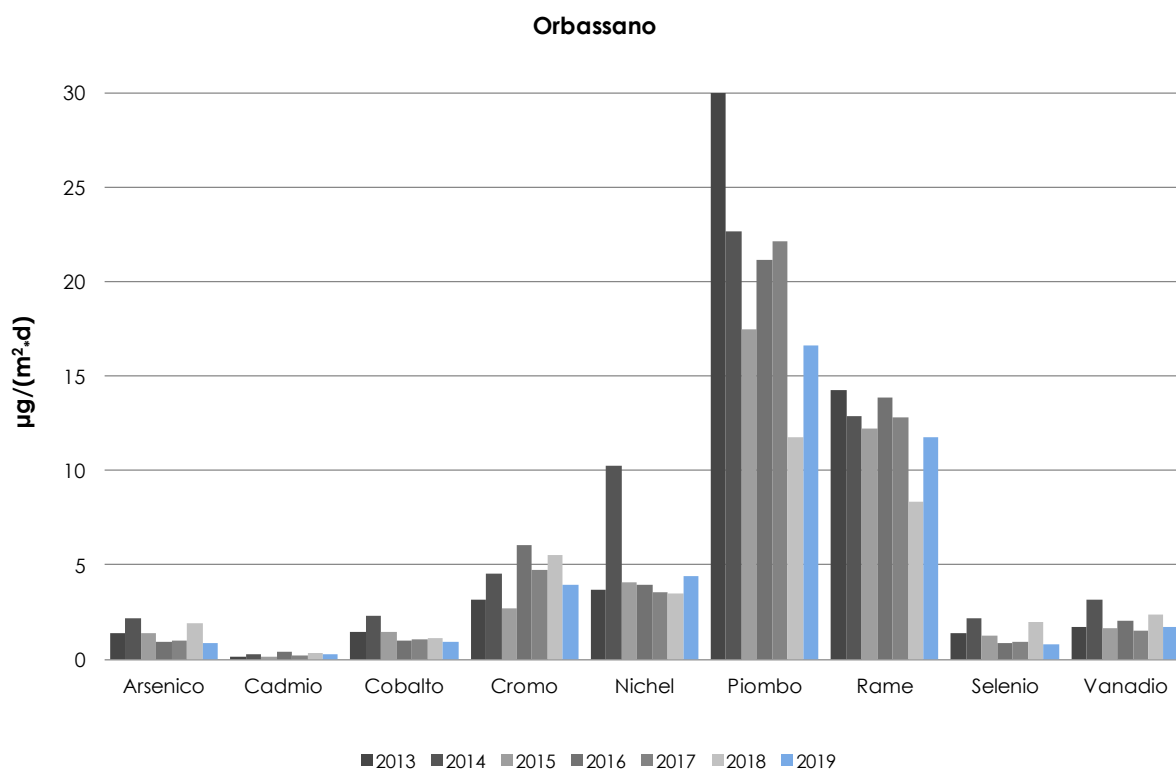


FIGURA 70: metalli nelle deposizioni totali 2013-2019 nel sito di Orbassano.

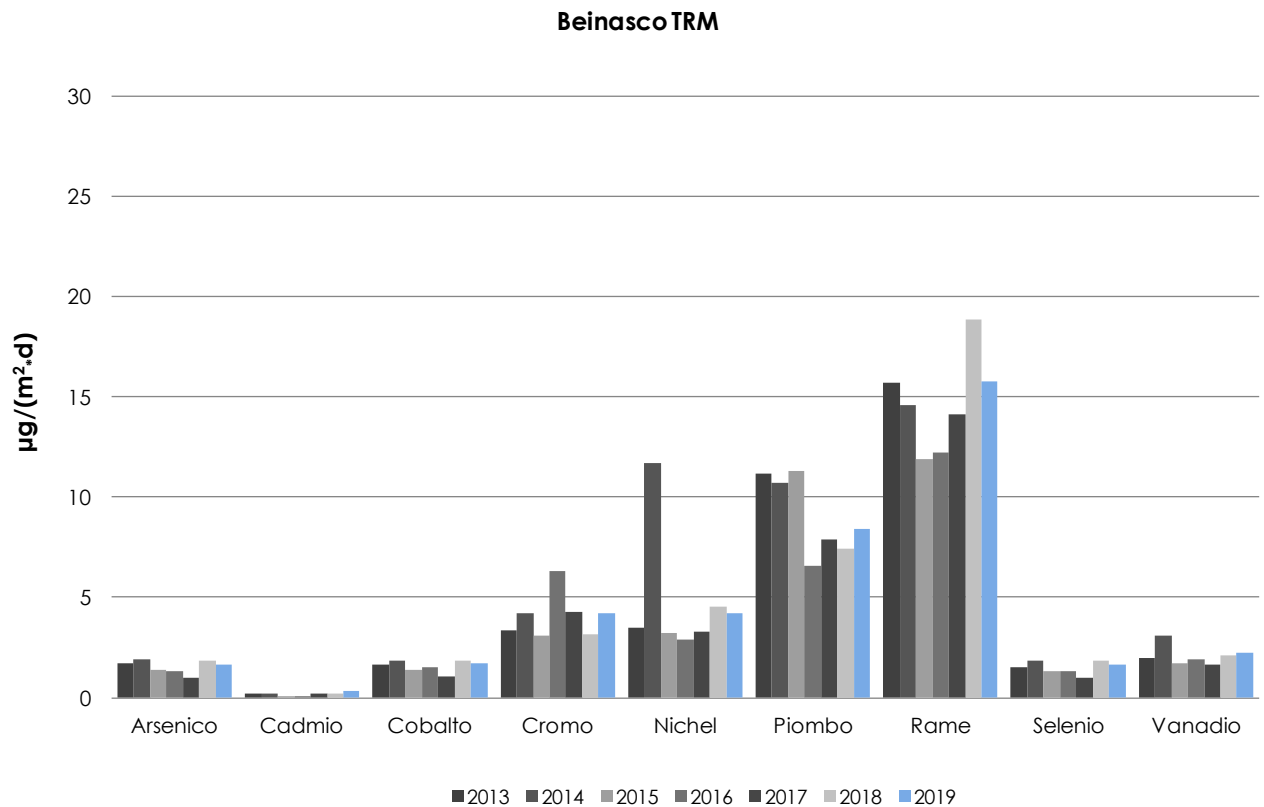


FIGURA 71: metalli nelle deposizioni totali 2013-2019 nel sito di Beinasco TRM.

Oltre i metalli dei quali è stato riferito precedentemente, Arpa effettua il controllo anche sul mercurio nelle deposizioni atmosferiche totali.

Le norme tecniche che vengono seguite per il campionamento e l'analisi sono la BS EN 15853 2010 "Ambient air quality. Standard method for the determination of mercury deposition" e la UNI EN ISO 17852:2008, la quale specifica un metodo per la determinazione del mercurio in acqua potabile, superficiale, sotterranea e di pioggia, utilizzando la spettrometria di fluorescenza atomica.

Nel Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155 all'Art. 6, comma b), è previsto il controllo delle concentrazioni nell'aria ambiente del mercurio gassoso totale e la deposizione totale del mercurio. Il DM Ambiente 29 novembre 2012 all'Art.4, ha individuato la stazione EMEP dell'Istituto Inquinamento Atmosferico del CNR a Montelibretti (RM), come stazione di riferimento in cui misurare le deposizioni del mercurio, i cui dati però non sono ancora disponibili al pubblico.

Attualmente la normativa nazionale ed europea non prevede valori limite per le deposizioni di mercurio. Tuttavia la Germania e la Croazia hanno identificato un valore di 1000 ng/(m²-d) come valore medio annuale per la protezione di effetti dannosi inclusi quelli di alterazione dei suoli.

Avendo pochissimi dati a disposizione sul mercurio nelle deposizioni totali atmosferiche, sono state confrontate le concentrazioni ottenute da Arpa Piemonte e Arpa Toscana, dall'Istituto Superiore di Sanità e dall'Azienda Sanitaria Locale di Mantova, i quali hanno realizzato un programma comune di ricerca avente come obiettivo la localizzazione delle aree maggiormente a rischio e la valutazione dei possibili livelli di concentrazione, nell'aria e nelle deposizioni al suolo, di microinquinanti. In TABELLA 39 sono state riportate le concentrazioni medie del contenuto totale di mercurio dei campioni di deposizioni atmosferiche totali che sono stati raccolti in due campagne di circa un mese ciascuno, dal 15 ottobre 2000 al 8 novembre 2000 e dal 2 febbraio al 5 aprile 2001.

Sito	campagna	Hg solubile	Hg insolubile	totale
Post 1 - ASL v. Trento	15/10/00 - 6/11/00	0,53	0,05	0,58
	2/2/01 - 5/4/01	0,33	0,02	0,35
Post 2 - Sede CGIL	15/10/00 - 4/11/00	0,63	0,04	0,67
	2/2/01 - 5/4/01	0,38	0,02	0,4
Post.3 - v.le Ariosto	15/10/00 - 6/11/00	0,47	0,01	0,48
	2/2/01 - 5/4/01	0,23	0,001	0,24
Post. 4 - Forte Frassino	15/10/00 - 6/11/00	0,53	0,01	0,54
	2/2/01 - 5/4/01	0,42	0,0001	0,42
Post.5 - Parrocchia Frassino	15/10/00 - 6/11/00	0,53	0,02	0,55
	2/2/01 - 5/4/01	0,34	0,02	0,36
Post. 6 - ASI Virgiliana	15/10/00 - 4/11/00	0,57	0,03	0,6
	2/2/01 - 5/4/01	0,32	0,0001	0,32
Post. 7 - Foresteria	15/10/00 - 6/11/00	0,5	0,01	0,51
	2/2/01 - 5/4/01	0,35	0,01	0,36
Burgo Post. 8 - Bosco Fontana	15/10/00 - 8/11/00	0,45	0,01	0,46
	2/2/01 - 5/4/01	0,4	0,01	0,41

*nella somma dei dati relativi alla frazione solubile, i valori inferiori al limite di rilevabilità sono stati considerati, cautelativamente, al 50% come valore da sommare al dato della frazione insolubile

TABELLA 39: rapporti ISTISAN 06/43. Concentrazione media di metalli espressa in $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ nelle deposizioni atmosferiche*.

Per il confronto con le concentrazioni del mercurio sono stati utilizzati i dati prodotti dall'Arpa Toscana nella "Campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013 postazione Castelluccio comune Capolona – Arezzo" (TABELLA 40).

In FIGURA 72 è riportato l'andamento annuale del flusso di Beinasco – Aldo Mei nel corso degli anni 2013-2019. Il valore determinato presso la stazione nel corso del 2019 risulta pari a $31 \mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$, in linea con il valore degli altri anni ad eccezione del 2016, caratterizzato dall'anomalia verificatasi presso l'impianto nell'autunno 2016⁷⁴.

Il dettaglio dei valori mensili riportato in TABELLA 41 mostra che nel 2019 i valori maggiori sono stati rilevati a novembre, il mese più piovoso del 2019. Non viene tenuto in considerazione il dato di gennaio 2019 in quanto non essendoci state precipitazioni atmosferiche non è stato possibile raccogliere un campione significativo.

Parametro	medie delle deposizioni annuali 2011-2013 - $\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{y})$				
	Castelluccio	Badia al Pino	Laguna di Venezia	Parco Caviglia	Beinasco TRM 2019
Arsenico	207	153	290	100	1,8
Cadmio	364	55	672	17	0,2
Cromo	807	979	536	257	3,2
Rame	6685	5316	5818	570	18,9
Mercurio	40	40	6	--	31
Nichel	916	821	1633	190	4,5
Piombo	1367	1945	11392	157	7,5
Vanadio	757	499	1109	281	2,1
Zinco	31516	29735	11864	7933	131

Fonte ARPAT _provincia di Arezzo campagna di caratterizzazione deposizioni umide e secche 2011-2013 postazione Castelluccio comune Capolona - Arezzo

TABELLA 40: dati comparativi ratei medi di deposizione annuali ($\mu\text{g}/(\text{m}^2\cdot\text{y})$) Badia al Pino, Castelluccio, Laguna di Venezia, Enel Parco Caviglia (Tabella 8.3.2).

⁷⁴ <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/torino/impianti/termovalorizzatore-del-gerbido/dati/relazioni/2016/rapporto-stazione-monitoraggio-qualita-aria-beinasco-anno-2016/view>

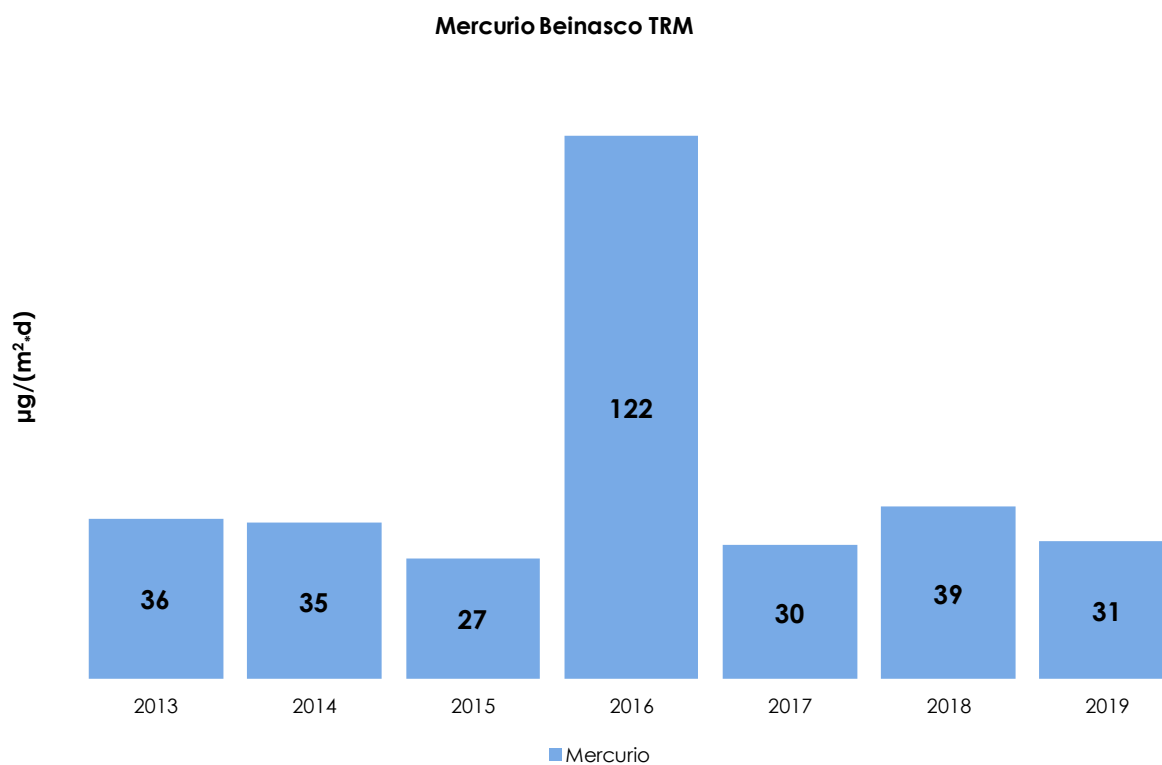


FIGURA 72: andamento concentrazione Mercurio TRM 2013-2019.

Mese	Beinasco – Aldo Mei Mercurio ng/(m²·d)						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Gennaio	7	47	20	13	18	63	n.d.
Febbraio	22	99	7	15	27	23	11
Marzo	39	22	26	57	17	38	30
Aprile	78	22	20	50	23	49	42
Maggio	78	22	69	37	28	79	31
Giugno	8	38	55	21	37	69	14
Luglio	58	26	21	53	48	51	16
Agosto	50	26	29	35	n.d.	18	30
Settembre	10	30	27	22	n.d.	26	43
Ottobre	25	22	18	794	n.d.	23	47
Novembre	37	56	0	333	n.d.	33	70
Dicembre	20	24	22	23	63	2	16

n.d.: dati non disponibili per guasto strumentale

TABELLA 41: dettaglio mensile del flusso di deposizione di mercurio a Beinasco – Aldo Mei 2013 – 2019.

CONSIDERAZIONI SULLE CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'ANNO 2019

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

M. Nicoletta, D. Gandini, S. Bande, ARPA PIEMONTE, Dipartimento Sistemi Previsionali

La relazione "Uno sguardo all'aria" costituisce un utile documento per la conoscenza e la comprensione dei fenomeni d'inquinamento atmosferico. A tal fine, oltre alla consueta analisi dei dati chimici rilevati nel corso del 2019, è stata svolta una breve caratterizzazione meteorologica dell'anno in esame, per dare una descrizione a grande scala del tempo meteorologico che ha caratterizzato il Piemonte nel corso di tutto l'anno.

Nella caratterizzazione dei vari periodi temporali del 2019 vengono descritti sommariamente i seguenti parametri meteorologici: andamento delle temperature, delle precipitazioni e dell'altezza del geopotenziale in relazione ai valori climatologici. L'altezza del geopotenziale⁴⁰ è un parametro meteorologico fondamentale per caratterizzare sinteticamente la configurazione meteorologica.

I valori climatologici presi come riferimento, per quanto riguarda i dati puntuali misurati a terra, sono relativi al periodo 2009-2019; invece per quanto riguarda i campi in quota, sono relativi al periodo 1971-2000 e derivano dalle ri-analisi (note come "archivio ERA40") del Centro Meteorologico Europeo di Reading (ECMWF). Questa climatologia di 30 anni viene utilizzata (anche a livello internazionale) come termine di paragone per le analisi climatiche correnti e viene quindi usata qui per tracciare una valutazione delle anomalie e interpretare la fenomenologia del 2019.

Nel complesso si osserva come l'anno 2019 in Piemonte è stato il 5° più caldo degli ultimi 62 anni, con un'anomalia termica media di circa +1.5 °C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000.

Ogni mese dell'anno ha registrato anomalie termiche positive tranne maggio, che è risultato il 5° mese di maggio più freddo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni. A giugno spicca l'eccezionale ondata di calore dei giorni 26-29 giugno nel corso della quale il 46% dei termometri della rete di Arpa Piemonte hanno registrato il primato assoluto di temperatura massima. In particolare, il 27 giugno 2019 ha fatto registrare la più elevata temperatura media misurata sul Piemonte dal 1958, superando l'11 agosto 2003.

Importante è stato l'apporto delle precipitazioni che, con 1295.5 mm medi sulla regione, posizionano il 2019 come il 9° anno più piovoso degli ultimi 62, con un surplus pluviometrico del 23% rispetto alla norma 1971-2000.

A ottobre e novembre, si sono verificati eventi alluvionali intensi che hanno fatto superare sensibilmente i valori climatologici. Da evidenziare l'evento pluviometrico dei giorni 19-24 ottobre 2019, nel corso del quale si sono verificate situazioni di criticità nel territorio piemontese e il pluviometro di Gavi (AL) ha registrato 432.2 mm in 12 ore e 480 mm in 24 ore che rappresentano i primati assoluti per le stazioni piemontesi della rete di Arpa Piemonte, e quello dei giorni 22-25 novembre 2019, che ha causato precipitazioni intense e persistenti sul territorio piemontese con diffuse situazioni di criticità.

Durante l'anno sono stati registrati sulla regione 86 giorni di foehn, nuovo primato del nuovo millennio, superando così il precedente valore massimo di 84 giorni registrato nel 2009 e nel 2017.

E' stato anche il secondo anno con meno episodi di nebbia fitta e persistente da quando è attiva la rete dei visibilimetri di Arpa Piemonte.

⁴⁰ L'altezza di geopotenziale (qui espressa in decimetri) indica a quale altezza si trova un determinato valore di pressione atmosferica, che nelle mappe mostrate generalmente è la pressione di 500 hPa o millibar. In pratica tali mappe sono simili alle carte della pressione al suolo, ma si riferiscono ad una superficie in quota, a circa 5'500 metri. Le linee che uniscono punti di uguale valore di geopotenziale, dette isoipse, possono assumere la forma di "promontori" (simili a montagne) e di "saccature" (simili a valli): i "promontori" sono aree di alta pressione, mentre le "saccature" sono aree di bassa pressione. Il flusso dominante a grande scala è fondamentalmente governato da tale configurazione meteorologica in quota (sinottica), in quanto segue proprio le isolinee di geopotenziale (le "isoipse"), muovendosi da ovest verso est alle nostre latitudini.

IL CLIMA DEL 2019

Gennaio

In Piemonte il mese di gennaio è stato secco e con temperature di poco superiori alla norma. Sono caduti solo 9.5 mm di precipitazione media e pertanto è risultato il mese dell'anno più carente di precipitazioni. Le temperature mensili sono state le più basse dell'anno; gennaio 2019 è stato anche l'unico mese, oltre a maggio, ad avere avuto un'anomalia termica negativa per le temperature minime.

Il picco annuale del freddo si è verificato tra il 23 ed il 25 gennaio, giorni caratterizzati anche da un evento di neve in pianura.

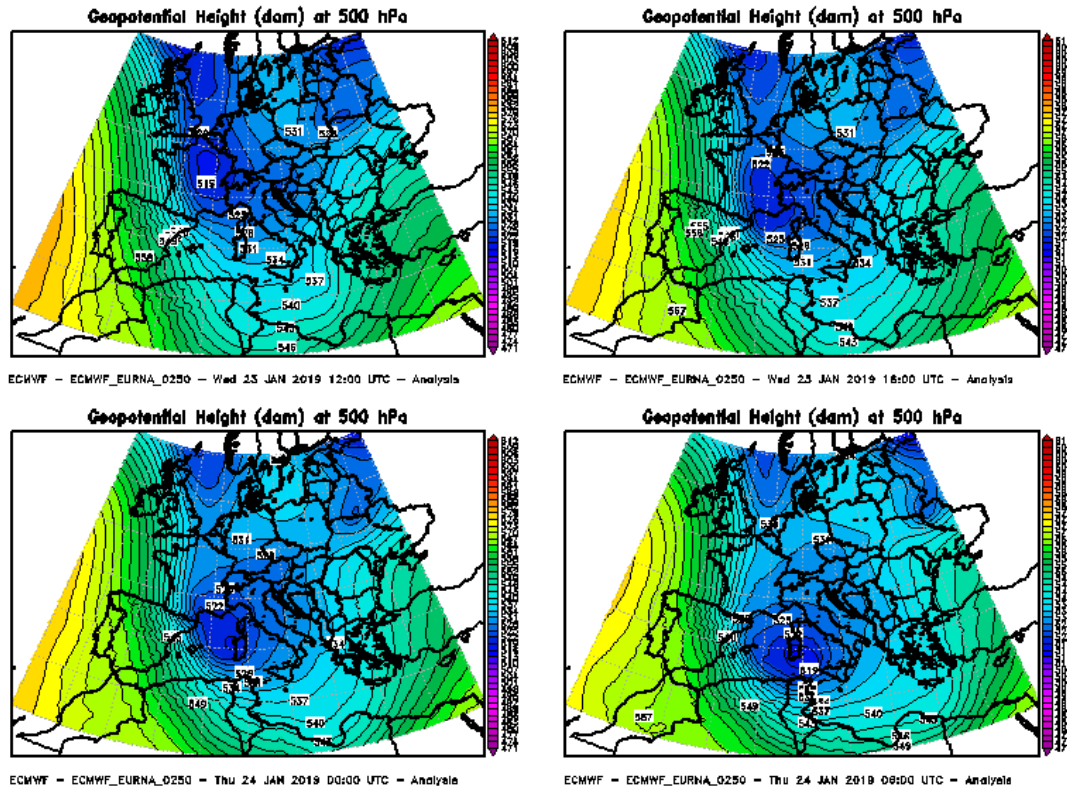


FIGURA 73: evoluzione dell'altezza di geopotenziale (dam) a 500 hPa tra le ore 12 UTC del 23 e 06 UTC del 24 gennaio 2019, intervallata ogni 6 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Tra il pomeriggio di martedì 23 e la mattina di mercoledì 24 gennaio il Piemonte è stato interessato da un evento di neve in pianura causato dalla discesa di una circolazione depressionaria di origine polare dalla Francia verso la Sardegna (FIGURA 73) mentre al livello del mare si era formato un minimo barico tra la Costa Azzurra e la Corsica in successivo approfondimento e spostamento verso il medio Tirreno (FIGURA 74).

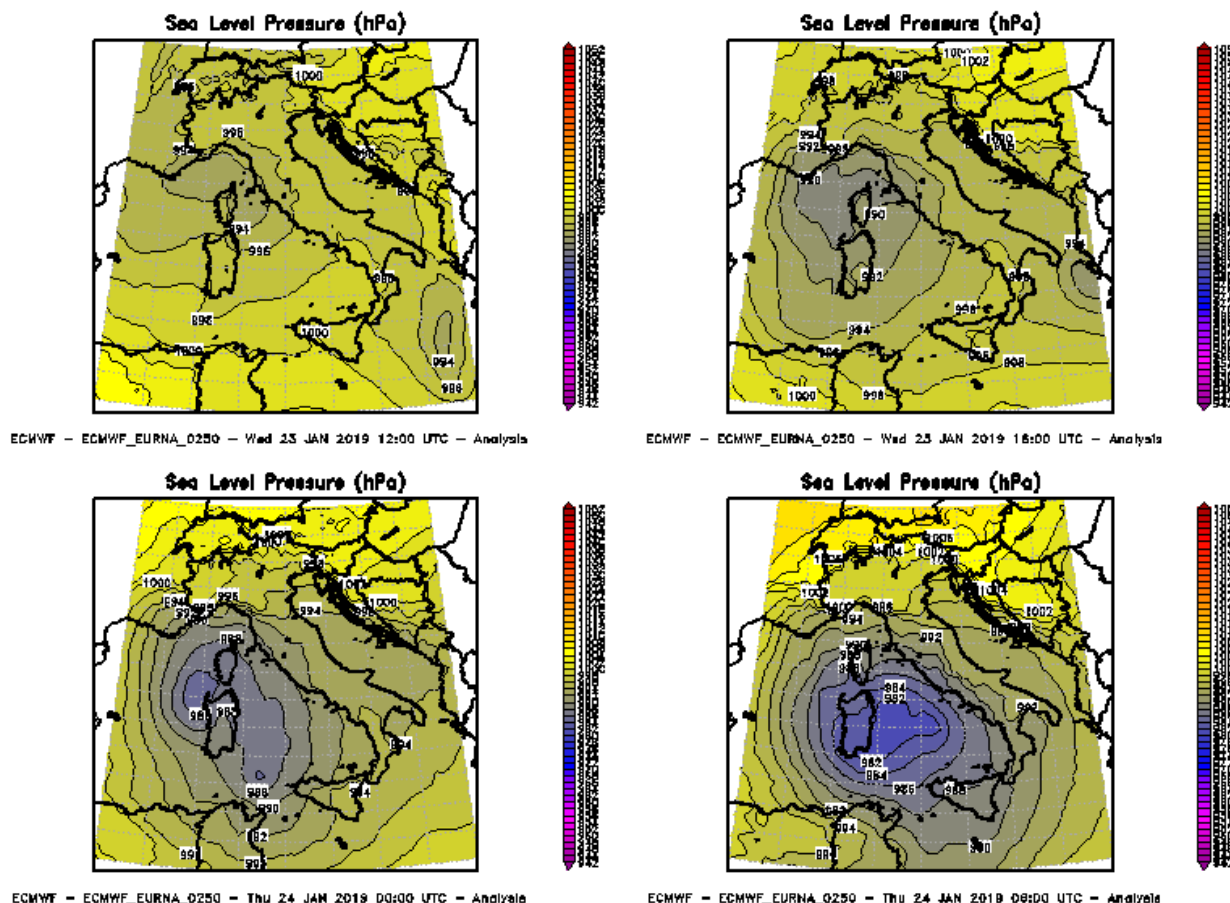


FIGURA 74: evoluzione della pressione al livello del mare (hPa) tra le ore 12 UTC del 23 e 06 UTC del 24 gennaio 2019, intervallata ogni 6 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

L'azione della depressione di origine polare ha avuto un effetto anche sui valori di temperatura. Il 23 gennaio è risultato il giorno mediamente più freddo dell'anno mentre in pianura i valori più bassi di temperatura minima sono stati raggiunti all'alba del 25 gennaio con picco negativo di -15.2 °C a Sezzadio (AL).

Febbraio

In Piemonte nei primi tre giorni del mese di febbraio si è verificato l'evento di neve in pianura più rilevante dell'anno.

Il 1° febbraio 2019 una circolazione depressionaria di origine nordatlantica in discesa verso il golfo di Bisaglia ha convogliato aria umida da sudovest verso il territorio piemontese (FIGURA 75).

Le precipitazioni hanno avuto carattere nevoso anche in pianura grazie alla presenza di aria fredda nei bassi strati atmosferici; in tale giornata i nivometri della rete di Arpa Piemonte situati a bassa quota hanno registrato circa 40 cm di neve nel Cuneese a Cuneo Cascina Vecchia e Boves, 15-20 cm sull'Appennino alessandrino a Capanne Marcarolo e Ponzone Bric Berton. Ricordiamo ancora i 12 cm ad Asti ed i 10 cm a Caluso (TO) mentre sul resto della regione i valori cumulati sono stati inferiori, con circa 4 cm a Torino Giardini Reali.

Nel corso del pomeriggio del 1° febbraio l'afflusso di aria mite marittima ha determinato un innalzamento della temperatura in quota sul settore appenninico in provincia di Alessandria con episodi di pioggia congelante.

Il giorno successivo 2 febbraio, all'interno della saccatura nordatlantica si è strutturata una circolazione depressionaria secondaria sul Golfo del Leone in movimento verso il mar Ligure nel corso della giornata.

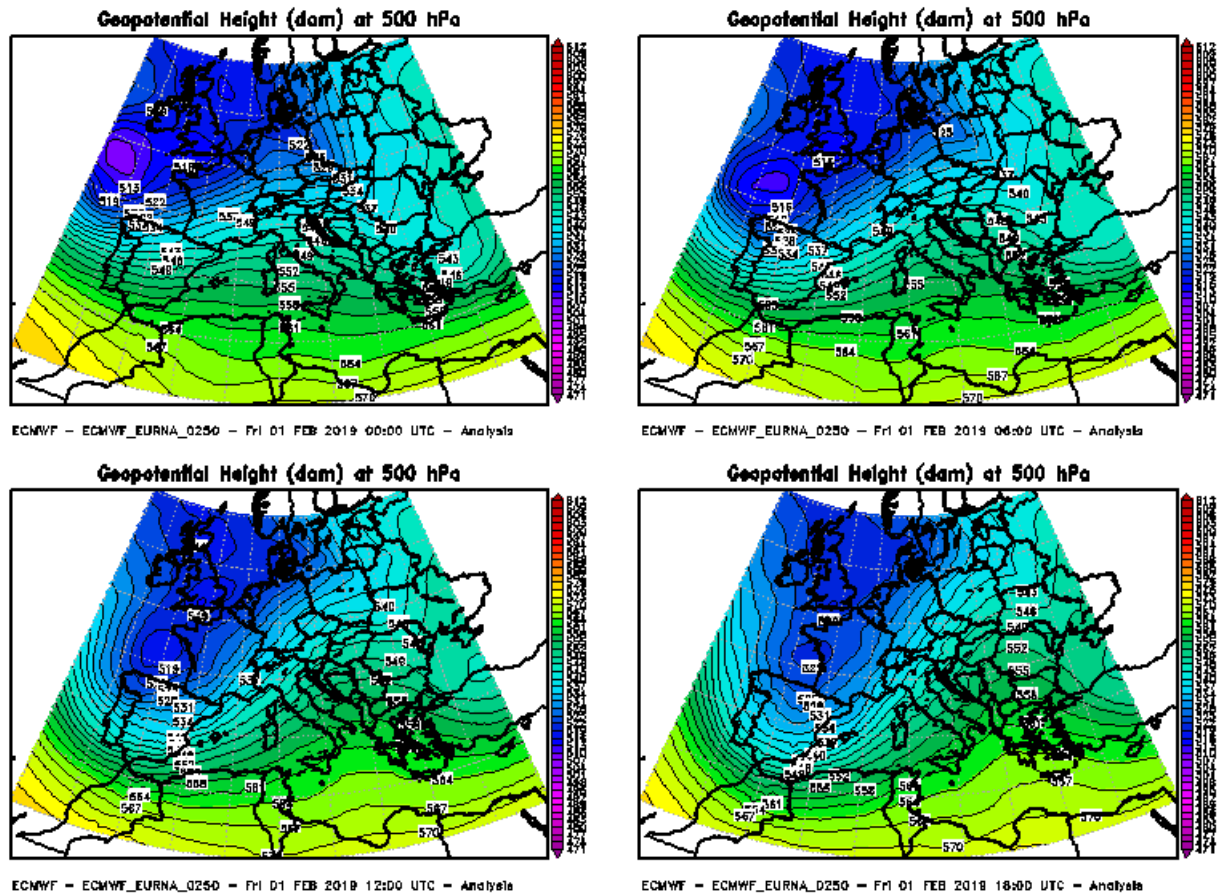


FIGURA 75: evoluzione dell'altezza di geopotenziale (dam) a 500 hPa tra le ore 00 e 18 UTC del 1° febbraio 2019, intervallata ogni 6 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

In mattinata si è avuta una temporanea pausa delle precipitazioni con attenuazione della copertura nuvolosa e schiarite, nel pomeriggio sono ripresi i fenomeni precipitativi, risultati a carattere nevoso anche in pianura sul settore centro-meridionale ed a quote collinari a nord. Infine, domenica 3 febbraio la circolazione depressionaria si è gradualmente allontanata verso sud e le precipitazioni si sono gradualmente esaurite, dapprima sui settori settentrionali ed occidentali del Piemonte in mattinata e nel pomeriggio su tutta la regione.

Dopo il freddo dei primi giorni del mese, le temperature di febbraio hanno avuto una risalita su valori superiori alla norma, in particolare nell'ultima decade che ha registrato uno scostamento positivo di 6°C, con il decisivo contributo dell'evento di foehn del 22 febbraio con temperature massime in pianura superiori ai 20°C e dell'episodio di caldo anomalo del 27 febbraio.

Il giorno 27 febbraio la situazione meteorologica sullo scenario europeo era caratterizzata da un promontorio dell'anticiclone delle Azzorre sull'Europa occidentale (FIGURA 76); lo zero termico è salito fino a circa 3400 m di quota così il giorno 27 è risultato il giorno di febbraio più caldo degli anni compresi tra il 1958 ed il 2019 in Piemonte, con una temperatura media di 11.3°C ed un valore medio delle temperature massime pari a 17.2°C. E' stato recentemente superato dal 3 febbraio 2020.

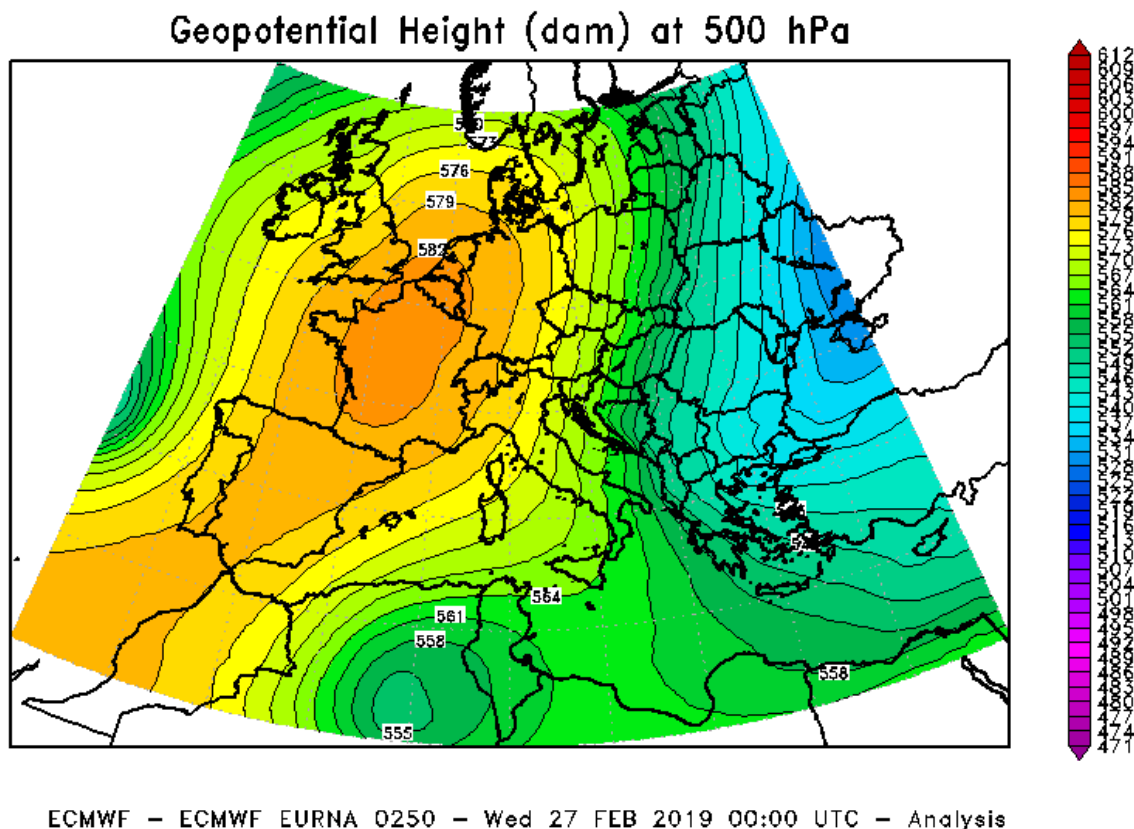


FIGURA 76: altezza di geopotenziale (dam) a 500 hPa alle ore 00 UTC del 27 febbraio 2019. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Dal punto di vista precipitativo in Piemonte le precipitazioni sono state inferiori alla media degli anni 1971-2000, con 35.5 mm medi ed un deficit di 20.8 mm (pari al 37%) e febbraio 2019 si pone così al 24° posto nella distribuzione storica dei mesi di febbraio più asciutti dal 1958 ad oggi.

Marzo

In Piemonte marzo ha avuto un'anomalia termica positiva di circa 2.2°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato l'8° mese di marzo più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni. L'anomalia positiva è stata più marcata per i valori massimi di temperatura (+3.5°C con 6° posto nella distribuzione storica) rispetto ai valori minimi (+1.0°C con 17° posizione). La prevalenza di notti serene con rilevante irraggiamento notturno ha attenuato lo scostamento positivo delle temperature minime.

Nonostante l'anomalia termica i record di temperatura massima per il mese di marzo sono stati percentualmente molto bassi.

Le precipitazioni sono state inferiori alla media degli anni 1971-2000, con 18.4 mm medi ed un deficit di 62.2 mm (pari al 77%) e marzo 2019 si pone così al 9° posto nella distribuzione storica dei mesi di marzo più asciutti dal 1958 ad oggi.

Si sono verificati 16 giorni con episodi di foehn sulla regione, valore inferiore solo ai 18 giorni del 2009 per quanto riguarda il nuovo millennio.

Aprile

In Piemonte nel mese di aprile le precipitazioni sono state superiori alla media degli anni 1971-2000, con 170 mm medi ed un surplus di 52.4 mm (pari al 45%) e aprile 2019 si pone così al 12° posto nella distribuzione storica dei mesi di aprile più piovosi dal 1958 ad oggi. Ha interrotto una sequenza di 4 mesi consecutivi con precipitazioni inferiori alla norma.

Dal punto di vista termometrico ha avuto un'anomalia termica positiva di circa 0.7°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 25° mese di aprile più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni.

L'evento più rilevante è comunque un episodio di neve a bassa quota e freddo avvenuto all'inizio del mese.

Nel pomeriggio del 3 aprile 2019 una vasta area depressionaria di origine polare avente il minimo sul canale della Manica era in fase di avvicinamento all'Arco Alpino (FIGURA 77 in alto a sinistra).

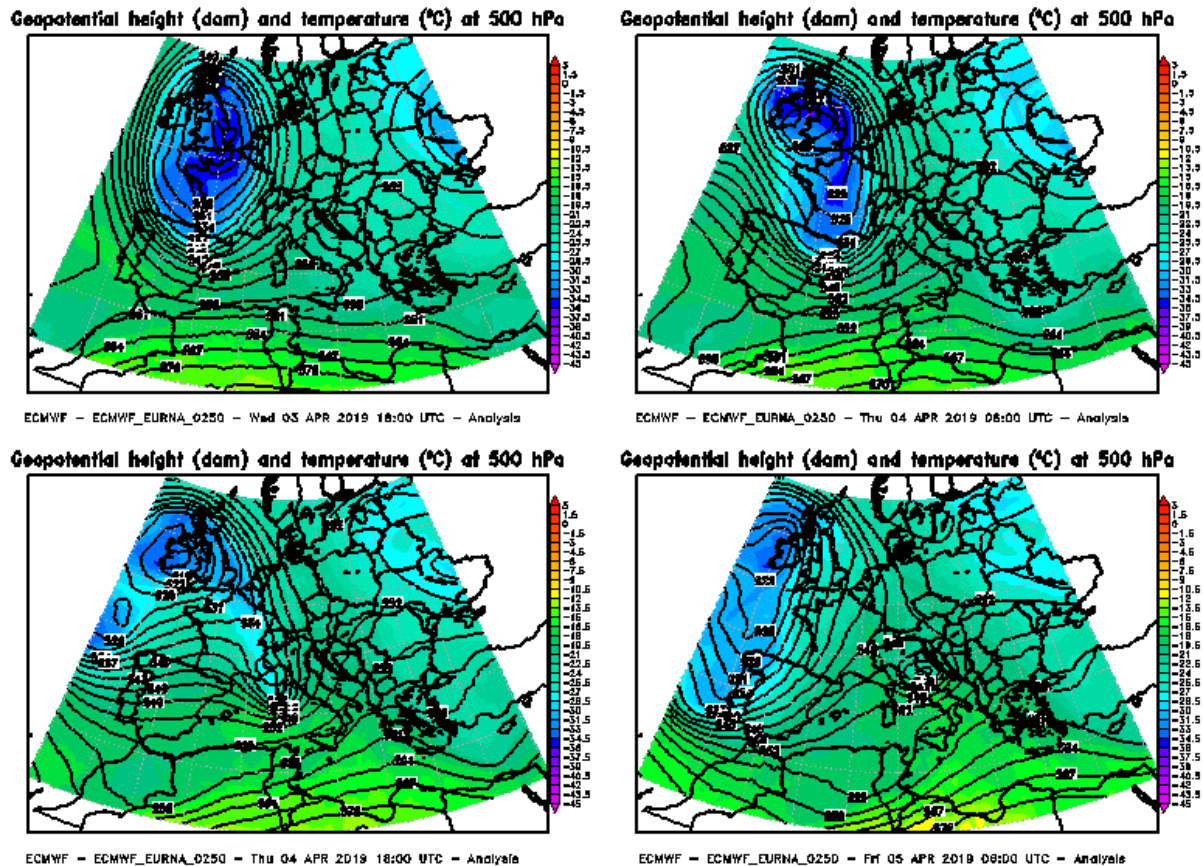


FIGURA 77: evoluzione di temperatura (colori) e altezza di geopotenziale (isolinee) a 500 hPa tra le ore 18 UTC del 3 e 06 UTC del 5 aprile 2019, intervallate ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Contemporaneamente si era formato un minimo barico secondario a bassa quota sul Piemonte sudoccidentale (FIGURA 78 in alto a sinistra). Il giorno 3 aprile le precipitazioni connesse a tale struttura depressionaria hanno interessato soprattutto il settore settentrionale e sudoccidentale del Piemonte; sugli intervalli di breve durata i picchi più elevati sono stati registrati sul colle San Bernardo in provincia di Cuneo con 49 mm/3h e 72mm/6h mentre su 12 e 24 ore i massimi sono stati rilevati a Sparone, nella valle dell'Orco in provincia di Torino, con 81 e 86.8 mm rispettivamente.

Nella notte tra il 3 ed il 4 aprile la depressione è avanzata verso est (FIGURA 77 in alto a destra), causando un calo dei valori di temperatura e pressione sul territorio piemontese (FIGURA 78 in alto a destra) ed anche del livello delle nevicate. La quota neve era localizzata sui 1200-1500 m all'inizio dell'evento ed è scesa fino a 500-700 m sul Piemonte settentrionale (localmente fino a 250 m a Domodossola), mentre si è mantenuta più in alto andando verso sud, passando da 800-1200 m su Alpi Graie e Cozie settentrionali a 1100-1400 m sui settori meridionali.

Nel corso della giornata del 4 aprile la circolazione depressionaria ha proseguito il suo moto verso est ed in serata si è formato un minimo barico secondario anche in quota tra la Costa Azzurra ed il Piemonte sudoccidentale (FIGURA 77 in basso a sinistra). Le precipitazioni si sono intensificate ed hanno interessato maggiormente il Piemonte orientale con picco massimo di 137.6 mm in 12 ore a Cicogna (VB). Tra il 3 ed il 4 aprile una dozzina di pluviometri della rete di Arpa Piemonte hanno stabilito il primato di precipitazione in 24 ore per il mese di aprile; il valore più elevato è stato nuovamente registrato a Cicogna con 224.6 mm mentre in altre 8 stazioni pluviometriche la precipitazione è stata superiore a 100 mm/24h.

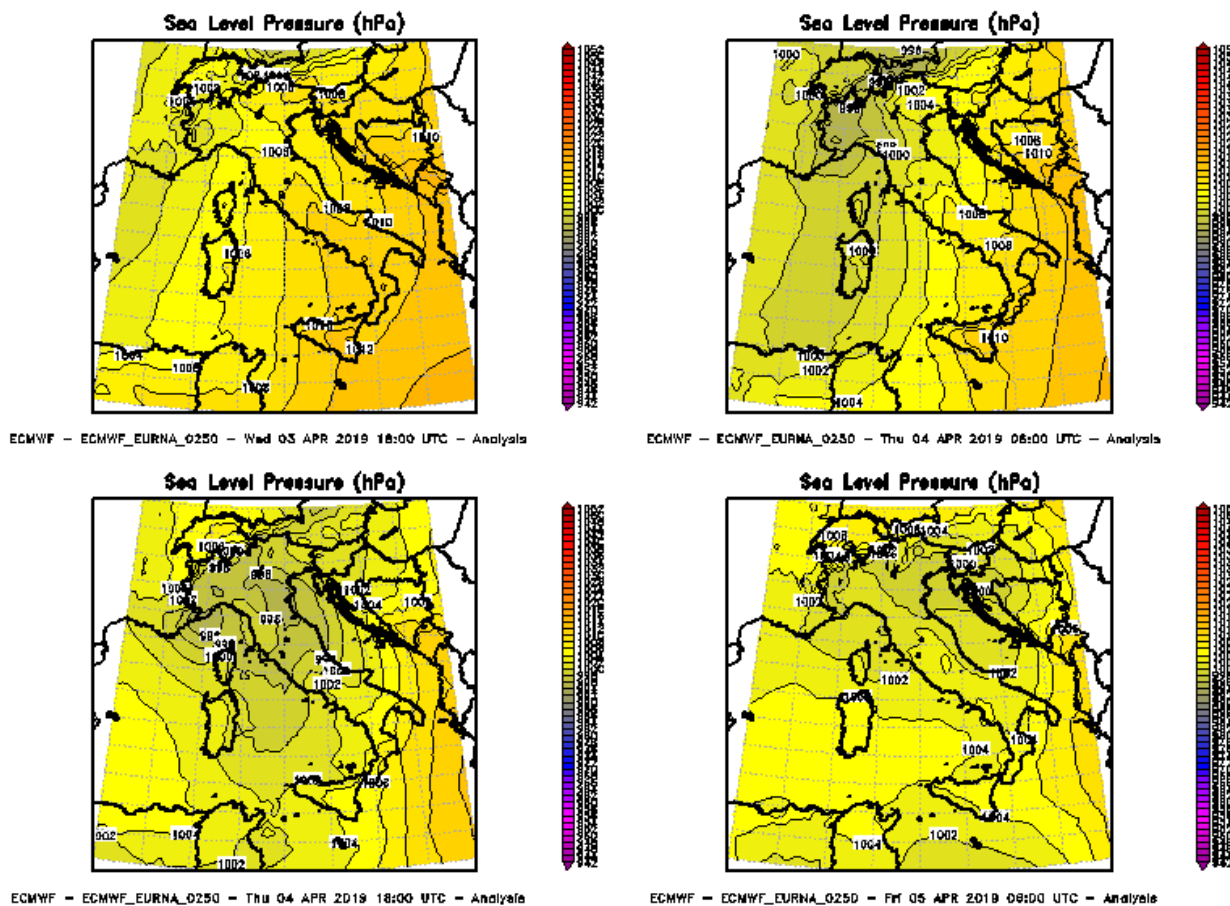


FIGURA 78: evoluzione della pressione al livello del mare (hPa) tra le ore 18 UTC del 3 e 06 UTC del 5 aprile 2019, intervallate ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Nel giorno 5 l'allontanamento del minimo barico verso l'alto Adriatico (FIGURA 77 in basso a destra) ha determinato un esaurimento dei fenomeni precipitativi.

Il 4 aprile è anche risultato il giorno mediamente più freddo del mese con 4.2°C di temperatura sul territorio piemontese mentre all'alba del 5 aprile si sono verificate le temperature minime più basse con 0.8°C di media.

Maggio

In Piemonte il mese di maggio ha avuto un'anomalia termica negativa di circa 1.5°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 5° mese di maggio più freddo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni. Ha interrotto una sequenza di 13 mesi consecutivi con temperature superiori alla norma ed è stato l'unico mese del 2019 con un'anomalia termica negativa.

Dal punto di vista pluviometrico le precipitazioni sono state inferiori alla media degli anni 1971-2000, con 102.4 mm medi ed un deficit di 28.6 mm (pari al 22%).

Anche per maggio l'evento di maggior rilievo è un evento di neve a quote collinari.

Nel pomeriggio del 4 una saccatura di origine polare è scesa velocemente verso sud evolvendo in una circolazione depressionaria con minimo sul Golfo Ligure nella mattinata del 5 (FIGURA 79 in alto).

Sul territorio piemontese i fenomeni precipitativi connessi a tale circolazione depressionaria non sono stati particolarmente rilevanti; hanno interessato il Piemonte orientale nella seconda parte della giornata del 4 ed il basso Piemonte nella mattina successiva con picco massimo di 43.6 mm/3h a Vercelli alle ore 21:30 UTC del 4.

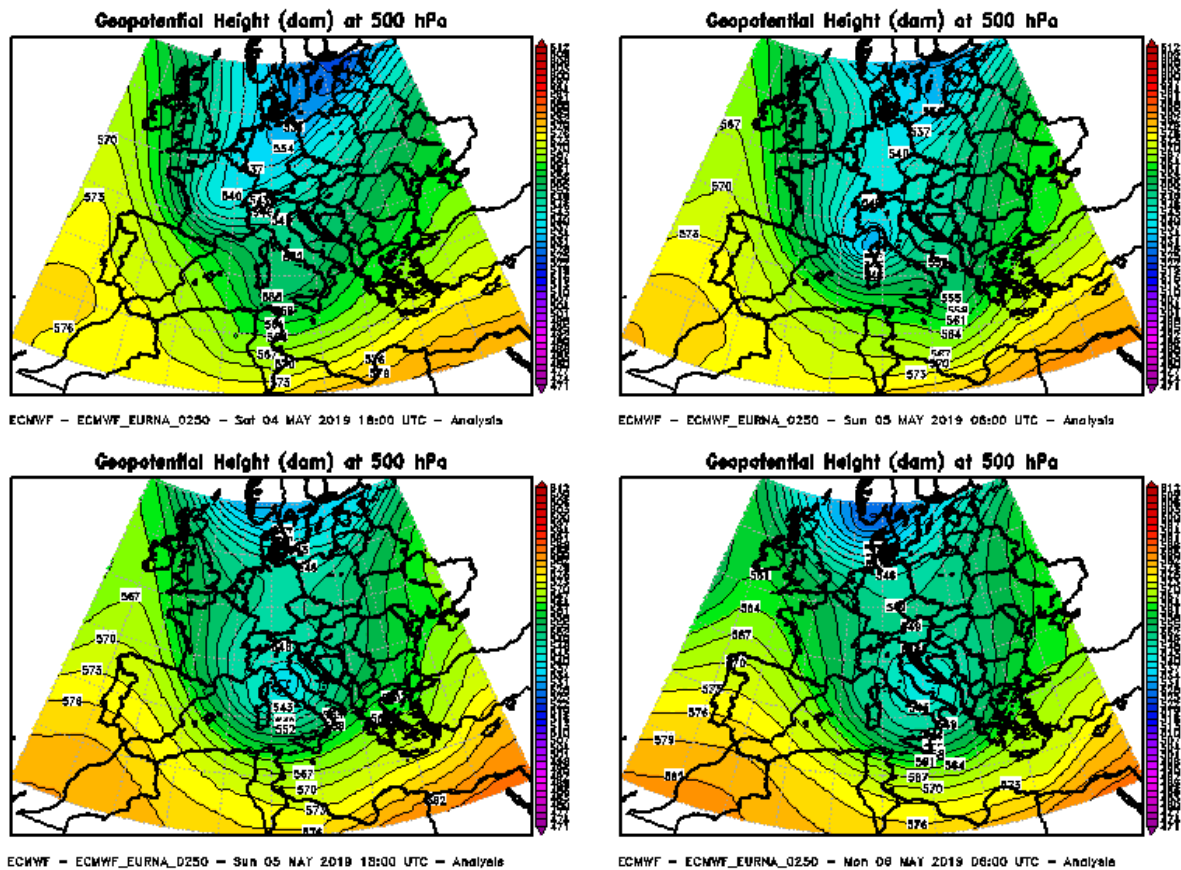


FIGURA 79: evoluzione dell'altezza di geopotenziale (dam) a 500 hPa tra le ore 18 UTC del 4 e 06 UTC del 6 maggio 2019, intervallata ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Il calo termico ha avuto un maggiore impatto; il 5 è risultato il giorno mediamente più freddo del mese e la quota neve è scesa fino a 700-800 m sull'Appennino. Tra la serata di domenica 5 e la mattina di lunedì 6 la depressione si è allontanata verso il centro Italia (FIGURA 79 in basso) permettendo un rasserenamento del cielo sul Piemonte. Il forte irraggiamento notturno ha causato una diminuzione delle temperature all'alba del 6 che ha avuto le temperature minime più basse del mese con 3.5°C sulle zone pianeggianti e locali valori inferiori a 0°C.

Nei giorni 5 e 6 un centinaio di termometri della rete di Arpa Piemonte (pari al 36% del totale) hanno registrato il record di temperatura minima mensile.

Giugno

Il mese di giugno ha avuto un'anomalia termica positiva di circa 3°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 3° mese di giugno più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni, dopo i corrispondenti mesi del 2003 e 2017.

Spicca l'eccezionale ondata di calore dei giorni 26-29 nel corso della quale il 46% dei termometri della rete di Arpa Piemonte ha registrato il primato assoluto di temperatura massima ed il 27 giugno ha avuto la più elevata temperatura sul Piemonte dal 1958 ad oggi, superando l'11 agosto 2003.

Il caldo da primato degli ultimi giorni di giugno è stato causato da un'area di alta pressione di matrice africana.

Il 26 il massimo barico della struttura anticiclonica era localizzato sul Nordovest italiano (FIGURA 80 in alto a sinistra); in questa giornata i primati di temperatura massima assoluta si sono verificati in 7 termometri della rete di Arpa Piemonte. Si è trattato di sensori situati in località montane.

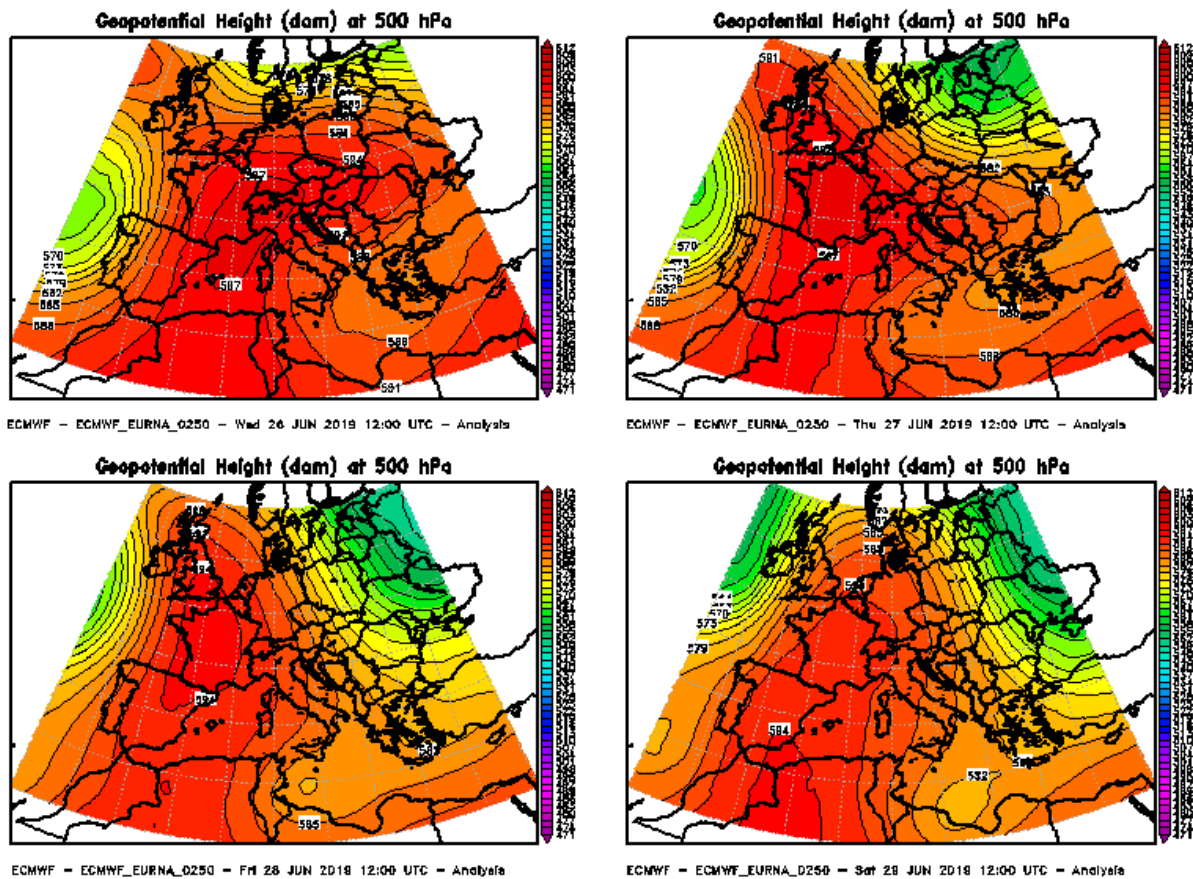


FIGURA 80: evoluzione dell'altezza di geopotenziale (dam) a 500 hPa tra le ore 12 UTC del 26 e del 29 giugno 2019, intervallata ogni 24 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Il 27 giugno il nucleo dell'alta pressione si è spostato verso la Francia (FIGURA 80 in alto a destra); nel pomeriggio sul Piemonte si è instaurato un vento da ovest nei bassi strati atmosferici mentre in quota si è intensificato il flusso da nord; pertanto si sono create condizioni di foehn in discesa dalle vallate alpine verso la pianura piemontese. La ventilazione non è stata particolarmente rilevante (i picchi massimi sono stati di poco superiori ai 40 km/h) ma comunque sufficiente a determinare un aumento dei valori termici fino a rendere il 27 giugno il giorno in assoluto più caldo sul Piemonte degli ultimi 62 anni superando l'11 agosto 2003.

In questa giornata 102 termometri (percentuale del 37% del totale dei sensori termometrici) hanno registrato il record assoluto di temperatura più elevata. Per la prima volta nella storia della rete Arpa Piemonte (attiva dalla fine degli anni 80) sono stati superati i 40°C nel mese di giugno in 6 stazioni: Govone (CN), Verolengo (TO), Isola Sant'Antonio (AL), Alessandria Lobbi, Sezzadio (AL) e San Damiano Borbore (AT) che ha registrato il valore più elevato con 40,6°C

Il 28 la situazione meteorologica a grande scala non ha presentato grandi variazioni ed i massimi pressori dell'area anticiclonica erano sempre posizionati sulla Francia (FIGURA 80 in basso a sinistra); tuttavia all'alba il vento nei bassi strati atmosferici si è disposto da nord, nord-est ed è terminato il debole episodio di foehn del giorno precedente. Questo ha permesso un lieve calo delle temperature massime sul Piemonte, rimaste comunque ampiamente superiori alla norma del periodo. Nella giornata del 28, 18 termometri hanno registrato il record assoluto di temperatura massima con picco più elevato a Torino Vallere con 40,4°C. Inoltre, il 28 giugno con 29,4°C ha avuto le temperature medie in pianura più elevate del nuovo millennio, superando i 29,2°C dell'11 agosto 2003.

Il 29 giugno si è intensificato il flusso da est, nord-est sul Piemonte negli strati medio-bassi dell'atmosfera; nella notte precedente si è formata della nuvolosità bassa che ha ostacolato il raffreddamento notturno e pertanto la media delle temperature minime in pianura è risultata di 23,4 °C, valore più alto per il nuovo millennio superando i 22,7 °C del 7 luglio 2015. La ventilazione da est ha comunque permesso un calo di circa 5 °C delle temperature massime ed in questa

giornata l'unico record di temperatura massima assoluta si è verificato a Capanna Margherita (VC) con 10.1 °C.

Dal punto di vista pluviometrico in Piemonte nel mese di giugno le precipitazioni sono state inferiori alla media degli anni 1971-2000, con 60 mm medi ed un deficit di 36.1 mm (pari al 38%); giugno 2019 si pone al 13° posto tra i corrispondenti mesi più secchi degli ultimi 62 anni.

Luglio

Il mese di luglio è stato caratterizzato da temperature risultate quasi sempre superiori alla norma e, al contempo, da frequenti condizioni di instabilità, con fenomeni temporaleschi di intensità forte o anche molto forte.

Dal punto di vista pluviometrico le precipitazioni sono state superiori alla media degli anni 1971-2000, con 103.6 mm medi ed un surplus di 42.8 mm (pari al 70%); luglio 2019 si pone al 7° posto tra i corrispondenti mesi più piovosi degli ultimi 62 anni.

In questo mese si sono verificati i temporali più intensi dell'anno.

Il giorno 9 un minimo barico localizzato sulla catena pirenaica è stato assorbito da una vasta e profonda area depressionaria situata sull'Europa centro-orientale ed è evoluto in una saccatura che è avanzata verso est con asse sull'alto Tirreno nelle ore prima dell'alba del 10 (FIGURA 81).

Il transito di questa onda depressionaria è stato associato ad un afflusso sul Piemonte di aria più fresca ed instabile che ha favorito lo sviluppo di temporali soprattutto tra la tarda serata del 9 e le prime ore del 10. Il valore puntualmente più alto si è verificato a Lanzo (TO) con 82.4 mm/h alle ore 20:30 UTC del giorno 9 e rappresenta anche il picco assoluto annuale sul Piemonte per l'intervallo orario.

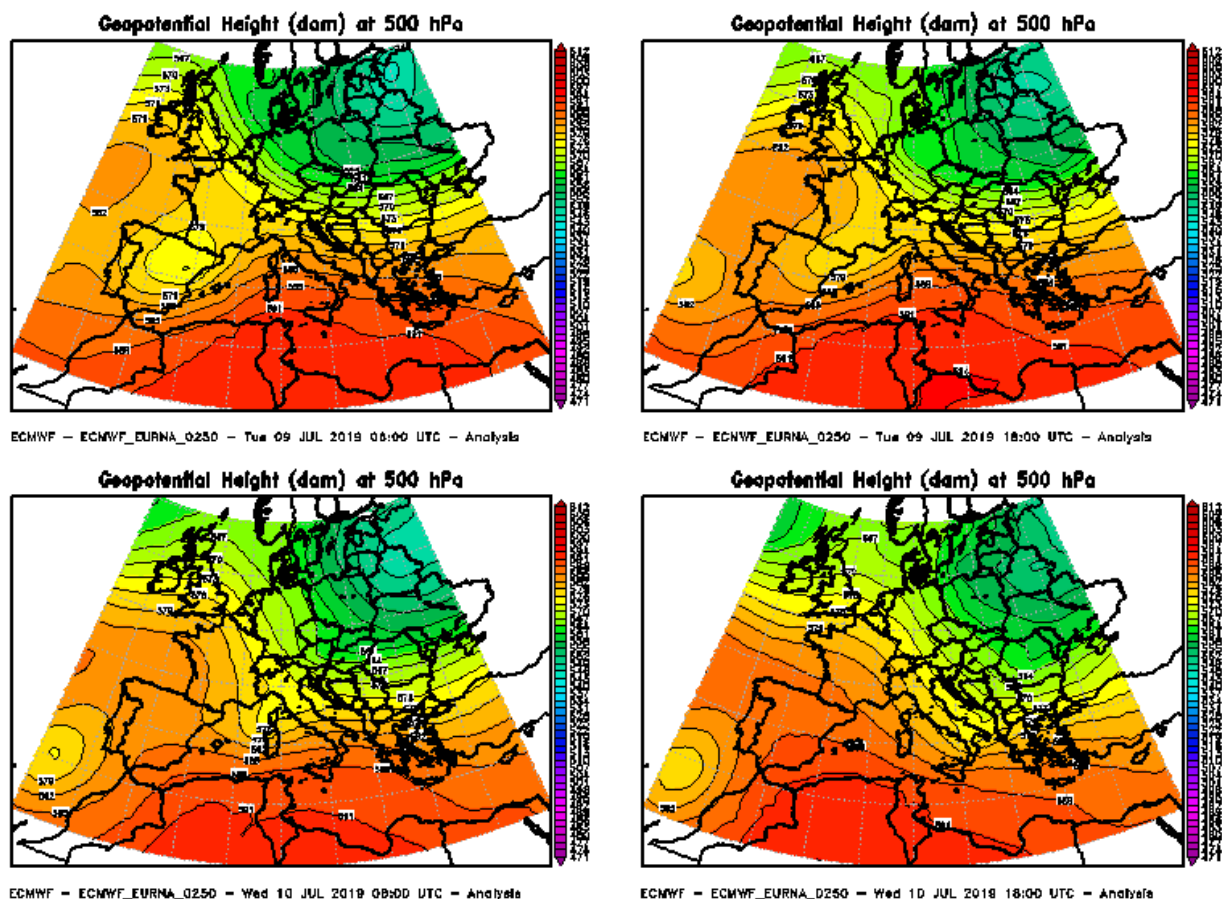


FIGURA 81: evoluzione dell'altezza di geopotenziale (dam) tra le ore 06 UTC del 9 e 18 UTC del 10 luglio 2019, intervallata ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

In Piemonte luglio 2019 ha avuto un'anomalia termica positiva di circa 1.9°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 6° mese di luglio più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni ed anche il mese più caldo dell'anno 2019. In tale mese si è verificata la seconda ondata

di calore più forte dell'anno dopo quella di fine giugno anche se non ha raggiunto valori da primato.

Tra il 24 ed il 25 l'Europa centrale è stata interessata da un promontorio anticiclonico di matrice africana al cui interno si è strutturata un'area di alta pressione con massimi barici sull'Italia centro-settentrionale nella giornata del 25 (FIGURA 81).

Considerando il Piemonte in generale, il 25 luglio è stato il giorno mediamente più caldo del mese con 24.5 °C di temperatura media mentre il 24 luglio con 29.3 °C ha avuto le temperature massime più elevate. Sulle località pianeggianti il picco del caldo è stato raggiunto il 25 luglio con una media di 33.9 °C dei valori massimi.

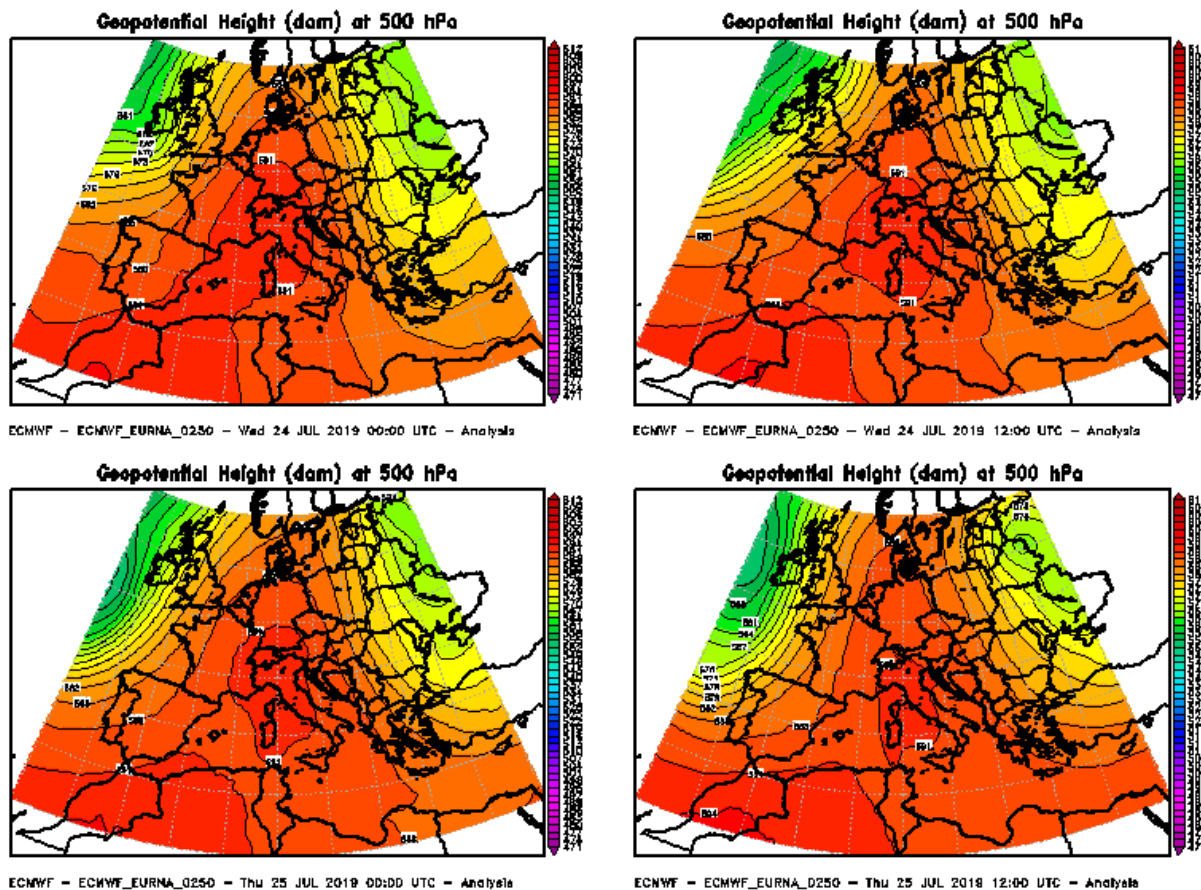


FIGURA 82: evoluzione dell'altezza di geopotenziale (dam) a 500 hPa tra le ore 00 UTC del 24 e 12 UTC del 25 luglio 2019, intervallata ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Agosto

Agosto ha avuto una temperatura media di 19.7°C con un'anomalia termica positiva di circa 1.4°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 12° mese di agosto più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni.

Dal punto di vista pluviometrico le precipitazioni sono state inferiori alla media degli anni 1971-2000, con 70.2 mm medi ed un deficit di 12.8 mm (pari al 15%); agosto 2019 si pone al 28° posto tra i corrispondenti mesi meno piovosi degli ultimi 62 anni.

Pertanto, è risultato caldo e con precipitazioni inferiori alla norma, tuttavia si sono verificati episodi temporaleschi localmente intensi. Analizziamo l'evento in cui si è verificata la più forte raffica di vento nei capoluoghi.

Nella FIGURA 83 vediamo il lento ma graduale avanzamento verso est di una saccatura atlantica avvenuto tra l'11 ed il 12 agosto.

Il giorno 11 il Piemonte si è trovato nel settore prefrontale del fronte freddo associato alla saccatura atlantica; non si è ancora avuto un afflusso di aria fredda instabile in quota tuttavia nel pomeriggio si sono innescati forti temporali grazie all'elevata energia disponibile per la convezione ed alla

convergenza delle masse d'aria nei bassi strati tra un flusso da sud proveniente dall'Appennino ed un vento da est, nordest dalla Lombardia verso il Piemonte.

I picchi pluviometrici associati ai fenomeni temporaleschi non sono stati particolarmente rilevanti, con 26.4 mm/h a Torino Vallere, 29 mm/3h a Pizzanco (VB) e 35 mm/6h a Torino Giardini Reali; i danni maggiori sono stati causati dalle grandinate che si sono verificate tra la collina torinese ed il Piemonte orientale, interessando in maniera particolare il Monferrato. Si sono manifestate anche forti raffiche di vento con 64.8 km/h a Buttiglieria d'Asti (AT) e 60.8 km/h a Bauducchi Moncalieri (TO).

Il giorno 12 l'ulteriore avanzamento verso est della saccatura ha convogliato aria fredda ed instabile in quota sul Piemonte. In tale giornata i fenomeni precipitativi sono stati più intensi e diffusi rispetto al giorno precedente.

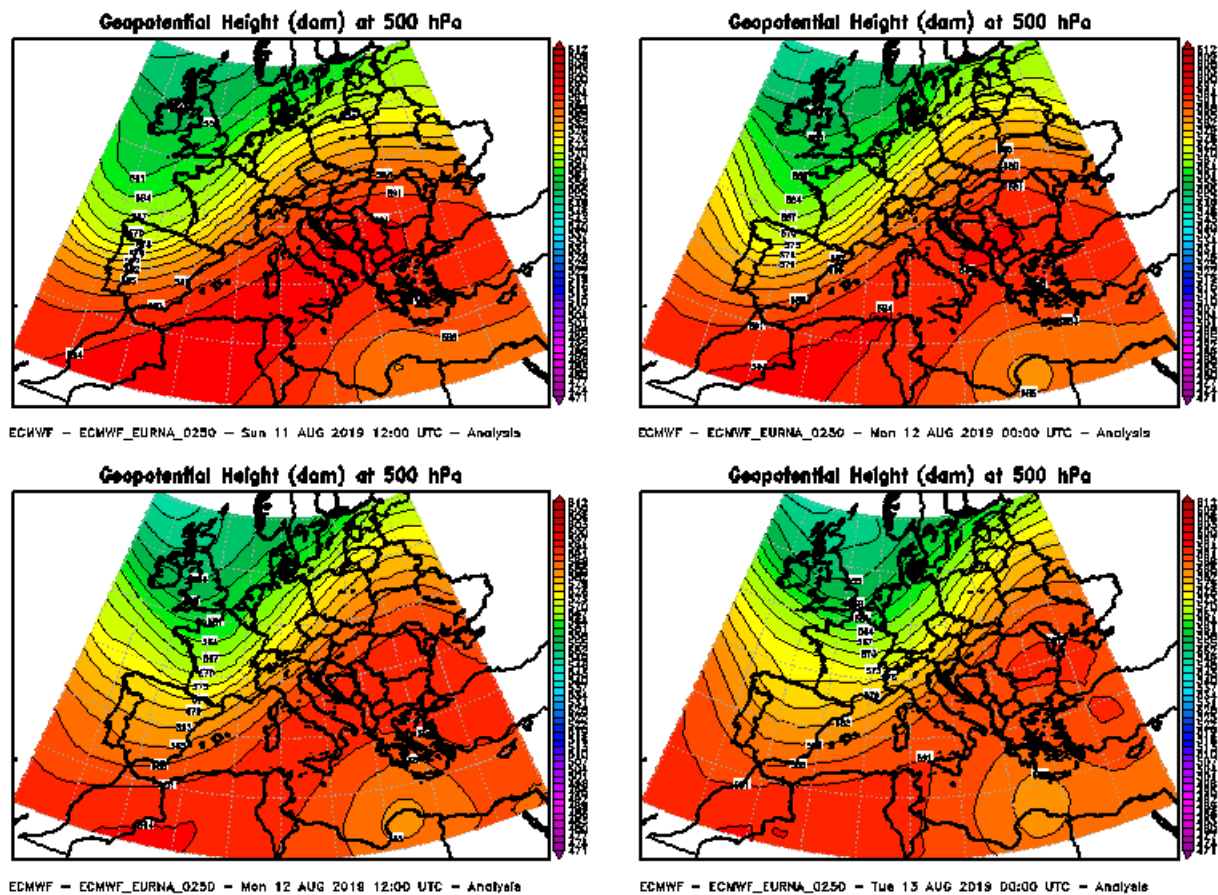


FIGURA 83: evoluzione dell'altezza di geopotenziale (dam) a 500 hPa tra le ore 12 UTC dell'11 e 00 UTC del 13 agosto 2019, intervallata ogni 12 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Nelle prime 12 ore i temporali hanno interessato solo il Piemonte settentrionale ed in particolare il Verbano mentre nel pomeriggio ed alla sera si sono estesi a tutto il territorio regionale. La provincia di Verbania ha registrato i picchi più elevati ad Alpe Devero con 62.6 mm/h, 77.8 mm/3h, 81.6 mm/6h e 89.8 mm/24h, mentre sulle 12 ore il valore più alto si è verificato a Cannobio con 86.2 mm. Le forti precipitazioni hanno causato una colata detritica del Rio Croso nel comune di Varzo (VB). Inoltre, Pallanza ha registrato una raffica di vento pari a 33.2 m/s (119.5 km/h) che rappresenta il picco massimo annuale per i capoluoghi di provincia. Sul resto del territorio piemontese si sono verificate grandinate tra Carmagnola (To) ed Asti e venti di intensità istantanea superiore agli 80 km/h a Casale Monferrato (AL), Villanova Solaro (CN), Asti e Montalto Scarampi (AT).

Settembre

Il mese di settembre ha avuto una temperatura media di 15.8°C con un'anomalia termica positiva di circa 1.4°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 16° mese di settembre più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni.

Dal punto di vista pluviometrico le precipitazioni sono state inferiori alla norma degli anni 1971-2000, con 57.4 mm medi ed un deficit di 42 mm (pari al 42%); settembre 2019 si pone al 25° posto tra i corrispondenti mesi meno piovosi degli ultimi 62 anni.

Ottobre

Nei giorni compresi tra il 19 ed il 24 ottobre, il Piemonte è stato interessato da intense correnti umide dai quadranti meridionali associate ad una depressione atlantica, che hanno apportato maltempo con precipitazioni molto intense, dapprima sulla fascia orientale della regione e, successivamente, su quella occidentale.

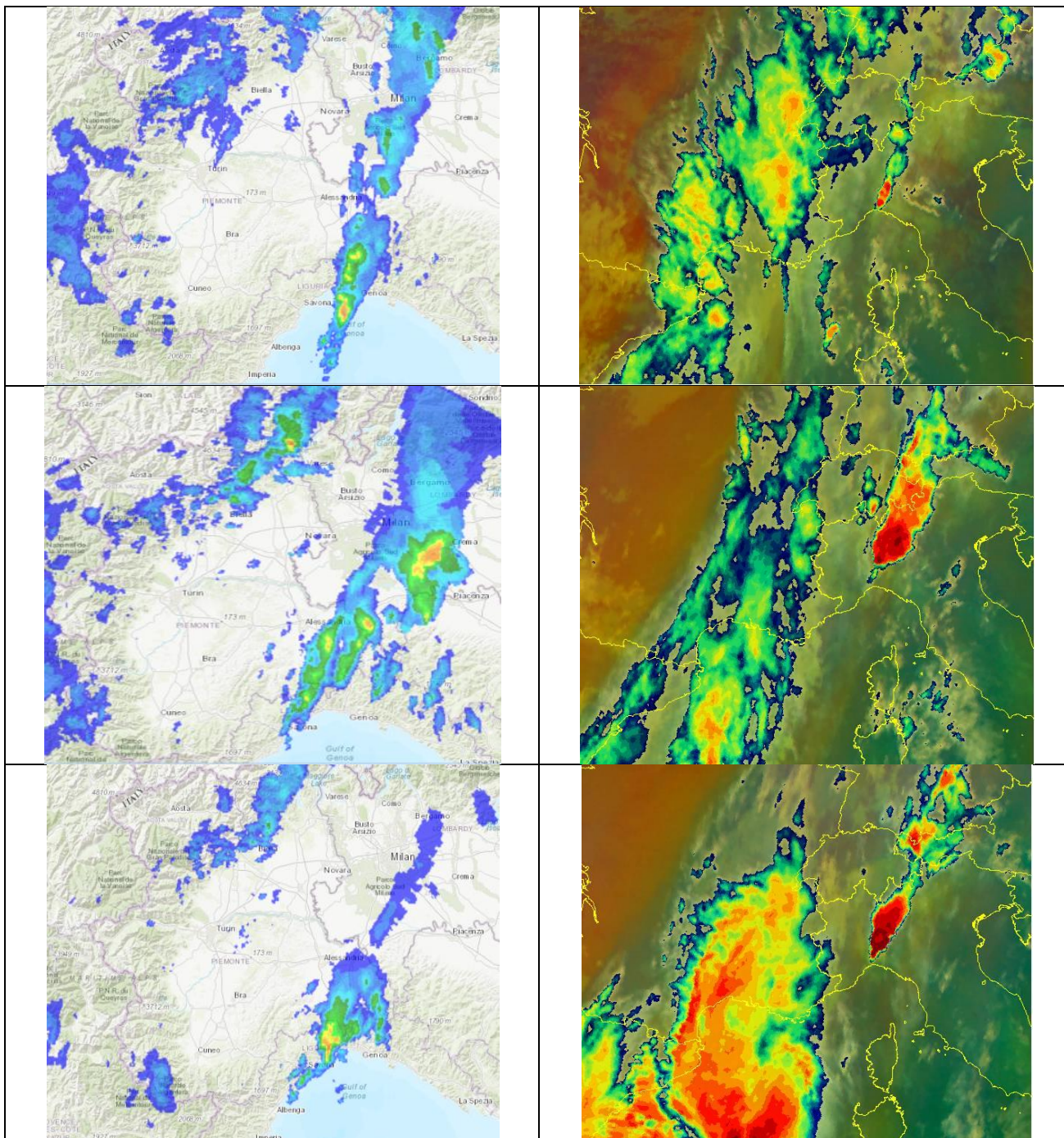


FIGURA 84: intensità di precipitazione stimata dal radar meteorologico (sinistra) e immagini da satellite Meteosat composta dei canali infrarosso e vapore acqueo (destra) alle scadenze (dall'alto in basso) del 21/10/2019 ore 12 UTC, 21/10/2019 ore 18 UTC e 22/10/2019 ore 00 UTC. Nelle immagini del radar, in verde sono indicate le piogge con valori compresi tra i 10 e i 30 mm/h e in arancione quelle tra i 30 e i 60 mm/h.

Le precipitazioni nella parte meridionale del Piemonte sono state a carattere convettivo, con la formazione di strutture organizzate. In particolare, nel primo pomeriggio di lunedì 21 una struttura

temporalesca autorigenerante si è formata sul Mar Ligure per estendersi rapidamente sull'Alessandrino, dove è rimasta stazionaria per circa 12 ore.

Le immagini del radar meteorologico e del satellite (FIGURA 84) mostrano come il sistema convettivo auto-rigenerante si sia formato sul Golfo Ligure verso le 12:00 UTC del giorno 21 e si sia quindi spostato verso l'entroterra, tra Rossiglione (GE) e Gavi (AL), crescendo ulteriormente grazie all'effetto orografico dei primi rilievi appenninici e rimanendo quasi-stazionario in quell'area per circa 12 ore, fino alle prime ore del giorno 22.

I valori di precipitazione connessi a tale struttura temporalesca sono stati eccezionali, soprattutto sugli intervalli temporali più ampi: Rossiglione (GE) ha registrato il picco orario con 84.2 mm mentre a Gavi (AL) si sono avuti i massimi su 3, 6, 12 e 24 ore con, rispettivamente, 205.4 mm, 318 mm, 432.2 mm e 480 mm.

I valori pluviometrici 432.2 mm in 12 ore e 480 mm in 24 ore caduti a Gavi rappresentano i primati assoluti per le stazioni piemontesi della rete Arpa Piemonte.

L'evento ha coinvolto diffusamente le località in provincia di Alessandria situate al confine con la Liguria.

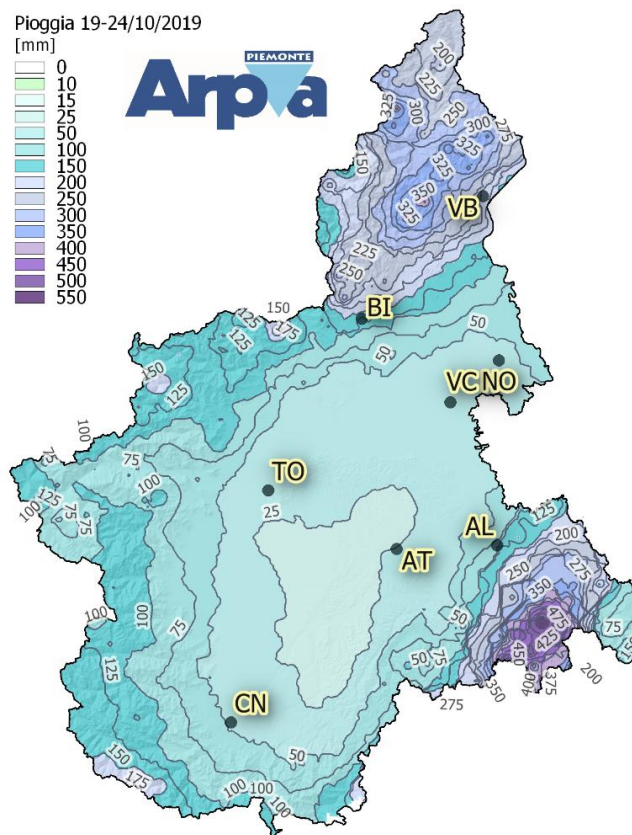


FIGURA 85: precipitazione cumulata dal 19 al 24 ottobre 2019 in Piemonte.

Le precipitazioni sono state rilevanti anche nel Piemonte settentrionale, su Verbania, Biellese e sui settori nord delle province di Novara e Vercelli, con valori cumulati inferiori rispetto all'Alessandrino ma comunque considerevoli. Sabbia (VC) ha registrato i picchi più alti con 221.4 mm/24h e 152.4 mm/12h.

La risposta del reticolo idrografico secondario è stata rapida in relazione alle forti precipitazioni della giornata del 21 nell'Alessandrino, sia per le intensità registrate, sia per l'effetto delle precipitazioni dei giorni precedenti.

Nel settore settentrionale si sono avuti incrementi, anche significativi, dei corsi d'acqua principali e le livello del Lago Maggiore.

La FIGURA 85 mostra la mappa con le precipitazioni cumulate cadute in Piemonte tra il 19 ed il 24 ottobre 2019: da notare il massimo principale sull'Appennino Alessandrino e quello secondario sul Piemonte settentrionale.

Grazie al decisivo contributo dell'evento precipitativo esaminato, il mese di ottobre ha avuto una precipitazione media di 216.2 mm, superiore di 83.2 mm (pari al 63%) rispetto alla norma del periodo 1971-2000, risultando il 13° mese di ottobre più piovoso degli ultimi 62 anni.

Dal punto di vista termometrico ottobre ha avuto una temperatura media di 11.8°C con un'anomalia termica positiva di circa 2.3°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 7° mese di ottobre più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni.

Novembre

Nei giorni compresi tra il 22 ed il 25 il Piemonte è stato nuovamente interessato da una struttura depressionaria di origine atlantica che ha causato una prolungata fase di maltempo con diffuse condizioni di criticità idro-geologica.

Il picco precipitativo è stato registrato il 23 che, con 83.1 mm di precipitazione media sul Piemonte, è risultato il giorno più piovoso dell'anno ed anche il 6° giorno più piovoso in assoluto degli ultimi 62 anni.

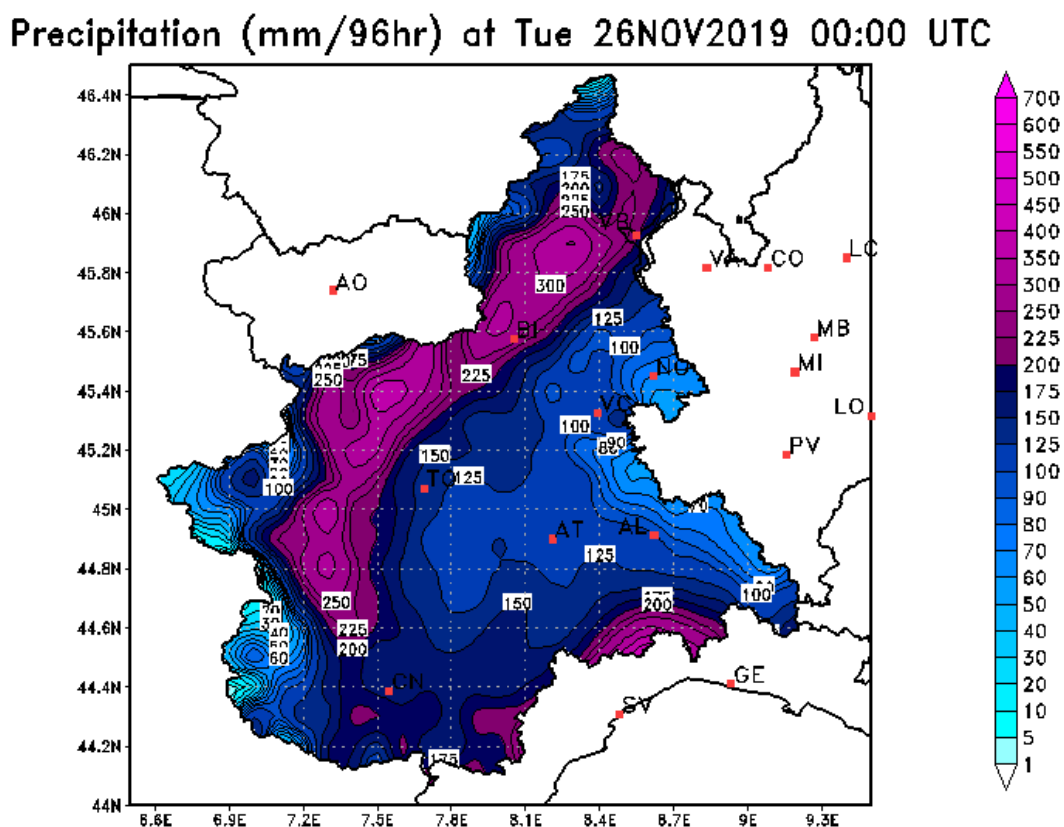


FIGURA 86: precipitazione caduta in 96 ore tra le ore 00 UTC del 22 e del 26 novembre 2019.

Nei due giorni successivi si è avuta una diminuzione delle precipitazioni sull'Appennino Alessandrino, mentre hanno ancora avuto una buona intensità e persistenza le piogge sul settore occidentale della regione con forti picchi su Torinese, Cuneese e Biellese.

Nella FIGURA 86 vediamo la precipitazione caduta in 96 ore tra le ore 00 UTC del 22 e 00 UTC del giorno 26, quindi in sostanza nei giorni 22-25. Le zone maggiormente interessate dalle precipitazioni sono state la fascia pedemontana settentrionale e nordoccidentale ed il settore appenninico in provincia di Alessandria.

La condizione dei suoli prossima alla saturazione a causa delle importanti precipitazioni che si sono verificate nel mese di ottobre e nella prima parte del mese di novembre ha avuto un ruolo importante nelle esondazioni e frane che si sono verificate. Infine, la lunga durata delle precipitazioni ha causato dei colmi di piena insolitamente lunghi in diversi corsi d'acqua con livelli di pericolo superati per intervalli temporali compresi tra 24 e 48 ore.

Anche le nevicate che hanno accompagnato questo evento sono state decisamente importanti, persistenti e caratterizzate da una densità piuttosto elevata sin dal primo giorno di precipitazione. Complessivamente, a 2000 m circa si sono avuti apporti di 100-130 cm di neve su tutti i settori.

Anche questo evento pluviometrico ha avuto un ruolo importante nell'abbondante precipitazione mensile caduta sul territorio piemontese: in Piemonte il mese di novembre ha avuto una precipitazione media di 327.6 mm, superiore di 249 mm (pari al 317%) rispetto alla norma del periodo 1971-2000, risultando il 2° mese di novembre più piovoso degli ultimi 62 anni.

Dal punto di vista termometrico novembre ha avuto una temperatura media di circa 4.8°C con un'anomalia termica positiva di circa 0.6°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 26° mese di novembre più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni.

Dicembre

Il mese di dicembre ha avuto una temperatura media di circa 3.8°C con un'anomalia termica positiva di circa 2.5°C rispetto alla media del periodo 1971-2000 ed è risultato il 3° mese di dicembre più caldo nella distribuzione storica degli ultimi 62 anni.

Meritano una citazione i 13 giorni con episodi di foehn durante il mese, circa il doppio rispetto alla norma del periodo 2000 – 2015, che hanno contribuito allo scostamento termico positivo.

Dal punto di vista pluviometrico ha avuto una precipitazione media di 123 mm, superiore di 68.7 mm (pari al 127%) rispetto alla norma del periodo 1971-2000, risultando l'8° mese di dicembre più piovoso degli ultimi 62 anni.

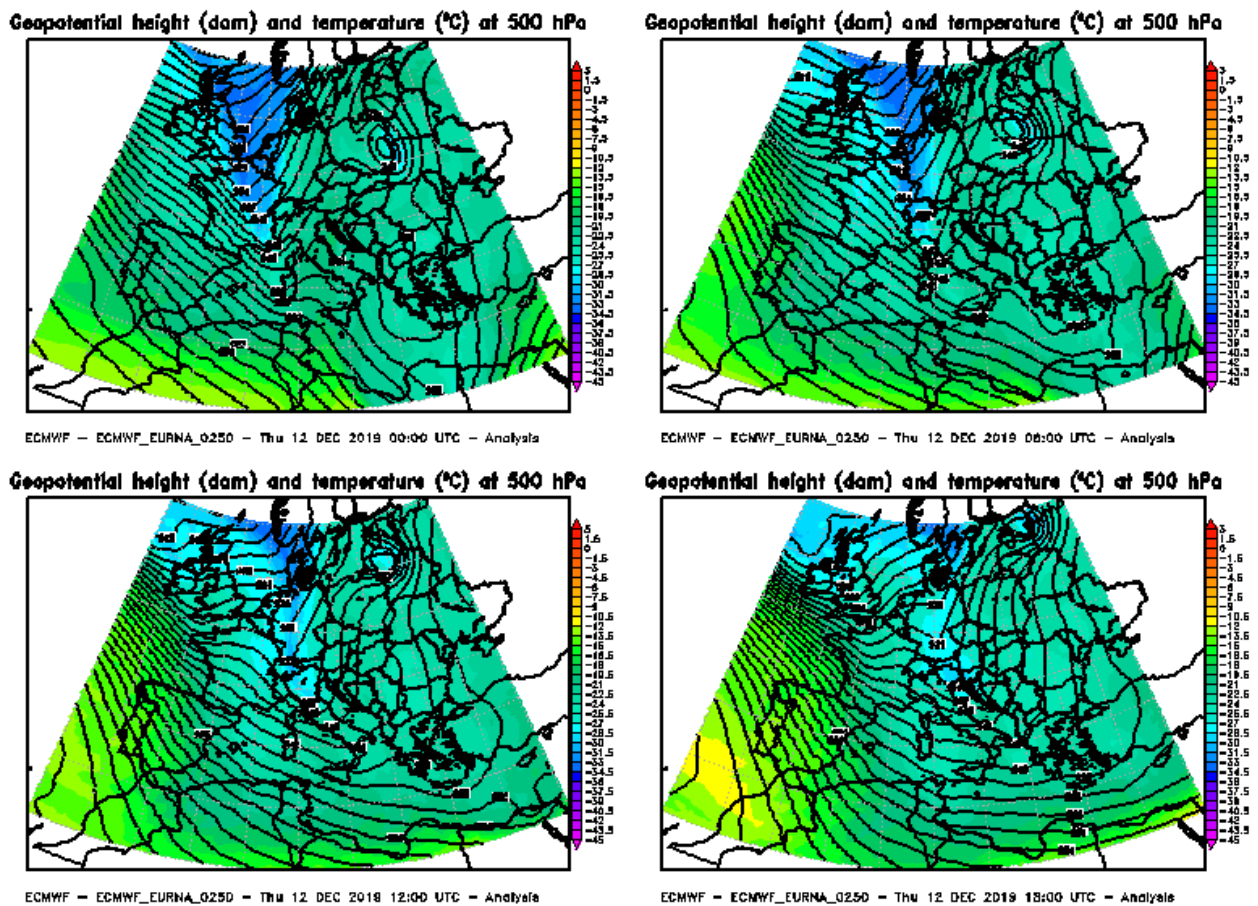


FIGURA 87: evoluzione di temperatura (°C, colori) ed altezza di geopotenziale (dam, isolinee) a 500 hPa tra le ore 00 e 18 UTC del 12 dicembre 2019, intervallate ogni 6 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Tra il 12 ed il 13 il Piemonte è stato interessato da due veloci e ravvicinate onde depressionarie di origine polare.

Il primo impulso di aria fredda è transitato sul Piemonte nella mattinata del 12 (FIGURA 87), con precipitazioni deboli e sostanzialmente limitate al settore più orientale della provincia di Alessandria

anche se a carattere nevoso anche in pianura. Il calo termico ha avuto un'importanza maggiore ed il giorno 12 è stato il giorno mediamente più freddo del mese in Piemonte ed il valore medio delle temperature è stato pari a -0.9 °C.

Nella giornata successiva una saccatura polare è scesa velocemente verso sudest e nella notte tra il 13 ed il 14 è evoluta in una circolazione depressionaria in quota sull'Italia centro-meridionale che si è in seguito allontanata verso il mar Ionio (FIGURA 88).

Nella mattinata del 13 si è formato anche un minimo al livello del mare sul Golfo Ligure e pertanto le precipitazioni, sia pure di intensità debole localmente moderata, hanno interessato quasi tutto il territorio piemontese ad eccezione di un'area compresa tra le province di Cuneo ed Asti. I fenomeni precipitativi hanno avuto carattere nevoso anche in pianura ma gli accumuli sono stati modesti, di 1-2 cm.

Nel pomeriggio del 13 l'onda depressionaria si è allontanata verso sudest ed il Piemonte è stato interessato da una forte ventilazione da ovest, nordovest che ha favorito il rasserenamento del cielo sulla pianura piemontese mentre sui rilievi alpini la nuvolosità e le precipitazioni sono rimaste presenti fino alla mattinata del 14.

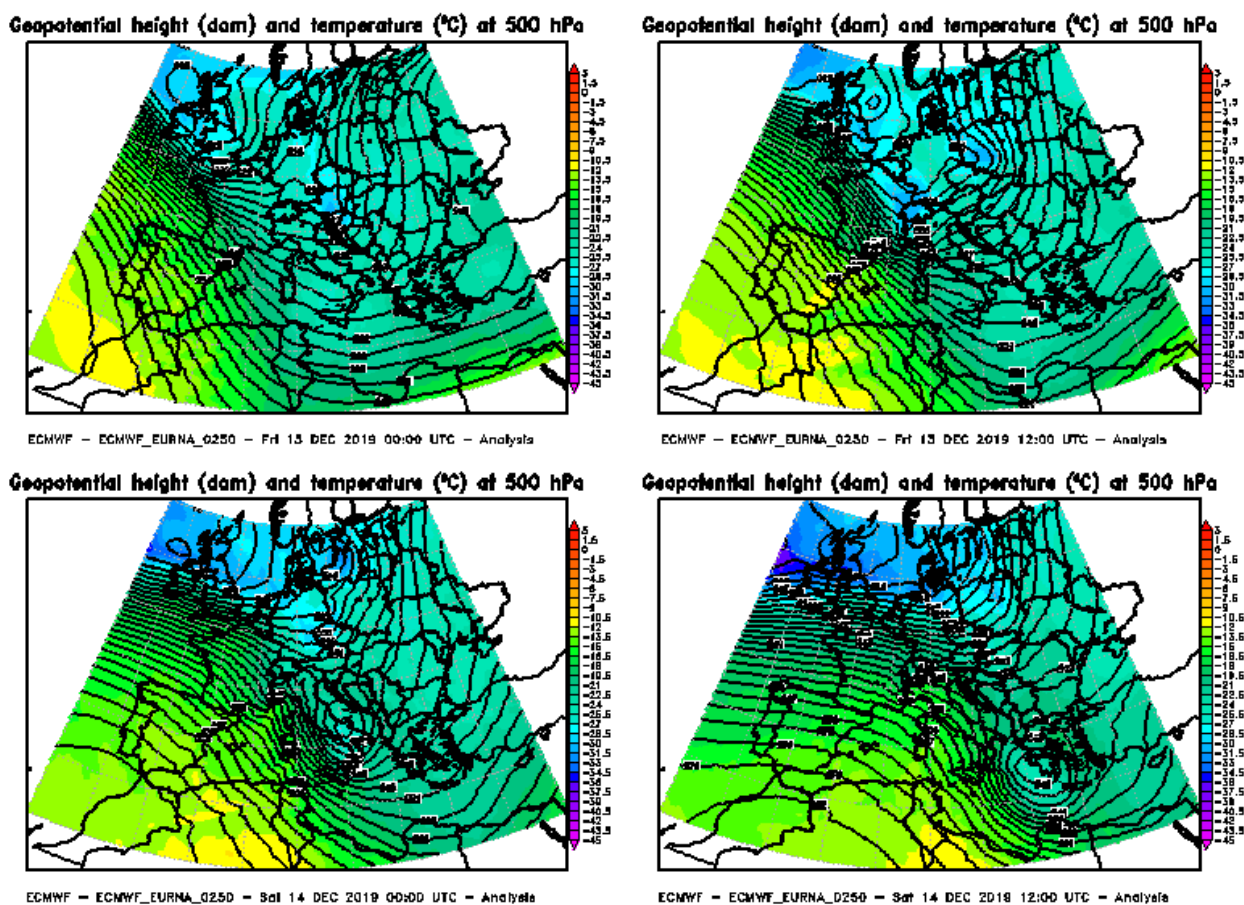


FIGURA 88: evoluzione di temperatura (°C, colori) ed altezza di geopotenziale (dam, isolinee) a 500 hPa tra le ore 00 UTC del 13 dicembre 2019 e 12 UTC del 14 dicembre 2019, intervallate ogni 6 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Dalla seconda parte della giornata del 13 si sono verificate condizioni di foehn sui settori alpini con estensione alle vallate ma scarso interessamento delle pianure; la raffica più intensa al di sotto dei 2000 m di quota è stata registrata a Mottarone (VB) con circa 104 km/h alle ore 20 UTC.

Il giorno 13 ha anche avuto le temperature minime più basse del mese con -3,1°C medi sul territorio piemontese.

I DATI METEO MISURATI NEL 2019

Al termine della caratterizzazione meteorologica, si è ritenuto interessante effettuare l'analisi dei dati meteorologici misurati dalle stazioni a terra nell'anno 2019, limitata all'andamento delle variabili meteorologiche maggiormente significative in rapporto al decennio precedente 2009-2018.

Per l'analisi statistica è stata scelta una stazione appartenente alla Rete Meteoidrografica di Arpa Piemonte, rappresentativa per l'area urbana di Torino.

I parametri ritenuti caratterizzanti, dal punto di vista meteorologico, ai fini di un confronto su scala pluriennale, sono la temperatura e le precipitazioni atmosferiche.

La temperatura media dell'anno 2019 per la stazione Torino-Giardini Reali risulta pari a 14,3 °C, quindi superiore sia alla media dei dati rilevati negli ultimi dieci anni nella stessa stazione (13,7 °C), sia a quella calcolata per il capoluogo piemontese sul periodo 1951-1986 (13,0 °C).

L'andamento delle temperature medie mensili è stato confrontato con l'andamento medio del decennio 2009-2018 (FIGURA 89). Si segnalano valori significativi di temperatura superiori alla media climatologica nei mesi di febbraio (+2,3°C), marzo (+1,8°C) e dicembre (+2,6°C). Le differenze negative rispetto alle relative medie del decennio precedente si riscontrano soltanto nei mesi di aprile (-1,2°C), maggio (-2,5°C) e agosto (-0,1°C).

Il valore più basso delle temperature medie mensili è stato registrato nel mese di gennaio ed è pari a 3,1 °C nel 2019 mentre è pari a 3,0°C nel decennio di riferimento. Il valore massimo è stato registrato nel mese di luglio: nel 2019 è di 25,2°C, invece è di 24,7°C nel decennio climatologico 2009-2018.

Dal confronto grafico fra l'andamento dei dati orari acquisiti nel corso del 2019 e l'intervallo di valori medi studiato a partire dai minimi e dai massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio precedente (FIGURA 90), si osserva che soltanto nel mese di gennaio (-4,2°C il giorno 3) e nel mese di maggio (5,9°C il giorno 7) si registrano picchi di temperature minime inferiori ai valori medi dei minimi assoluti registrati mensilmente nel decennio di riferimento (linea blu). Per quanto riguarda i superamenti dei massimi assoluti si notano valori di temperatura al di sopra dei valori massimi assoluti (oltre la linea rossa dell'andamento dei massimi assoluti registrati mensilmente nel decennio 2009-2018) nei mesi di gennaio, da metà a fine febbraio, a fine giugno e nella terza decade di dicembre.

Per quanto riguarda le precipitazioni atmosferiche, l'analisi dei dati statistici evidenzia per l'anno 2019 (FIGURA 91) un totale di precipitazioni di 1227 mm, mentre il numero di giorni piovosi (si definisce giorno piovoso quello in cui si registra almeno 1 mm di pioggia su tutto l'arco della giornata) è pari a 100. Quindi il 2019 risulta più piovoso rispetto alla media 2009-2018, sia in termini di precipitazioni totali (1227 mm contro 1041 mm di media), sia per il numero di giorni piovosi che nel 2019 è pari a 100 giorni contro 83 giorni di media).

Il 2019 si colloca al terzo posto tra gli anni più piovosi dell'ultimo decennio, dopo il 2010 (1352 mm) e il 2014 (1340 mm).

Utilizzando come parametro di confronto l'intensità delle precipitazioni atmosferiche, calcolata come il rapporto fra la quantità totale di pioggia ed il numero di giorni piovosi, si osserva che i valori più alti sono stati registrati nel 2011 (17,3 mm pioggia/giorno) e nel 2016 (14,1 mm pioggia/giorno), mentre il valore più basso è stato registrato nel 2017 (8,6 mm pioggia/giorno). Nel 2019 l'intensità giornaliera media è risultata inferiore a quella del decennio (12,3 mm pioggia/giorno contro una media di 12,7 mm pioggia/giorno).

L'analisi della distribuzione annuale delle precipitazioni nell'ambito dei vari mesi può inoltre essere utilizzata per definire il *regime pluviometrico* di un'area geografica. Nello studio climatologico della Regione Piemonte⁴¹, l'andamento di tale distribuzione per il Piemonte risulta bimodale con i massimi localizzati in primavera ed in autunno. In base alla collocazione nell'anno del minimo principale, del massimo principale e del massimo secondario, si possono distinguere nella nostra regione cinque tipi di regime pluviometrico, dei quali quattro di tipo "continentale" (minimo principale in inverno) ed uno di tipo "mediterraneo" (minimo principale in estate):

⁴¹ "Precipitazioni e temperature" - Collana studi climatologici in Piemonte - Regione Piemonte: Direzione dei Servizi Tecnici di Prevenzione - Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio; Università degli Studi di Torino: Dipartimento di Scienze della Terra.

- regime pluviometrico prealpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in autunno;
- regime pluviometrico sublitoraneo: minimo principale in estate, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico subalpino: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in primavera;
- regime pluviometrico continentale alpino: minimo principale in inverno, massimo principale in primavera, massimo secondario in estate;
- regime pluviometrico subcontinentale: minimo principale in inverno, massimo principale in autunno, massimo secondario in estate.

Sempre secondo tale studio, il regime pluviometrico prealpino è il più diffuso in Piemonte, anche se quello attribuito all'area del capoluogo torinese risulta continentale alpino (Mennella, 1967; Biancotti, 1996) ⁴².

Nel grafico illustrato in FIGURA 89 è riportato il confronto tra l'andamento delle precipitazioni totali mensili per il 2019 e le precipitazioni medie mensili (media delle sommatorie mensili) del decennio 2009-2018. Il decennio di riferimento rientra nel regime pluviometrico "subcontinentale" con il massimo principale a novembre (134,0 mm), il massimo secondario a giugno (118,3 mm) e il minimo principale a gennaio (42,2 mm). Il profilo del 2019 invece si discosta dal regime pluviometrico "subcontinentale" in quanto il minimo principale si registra a marzo (9,8 mm) e non in inverno, mentre il massimo principale è stato registrato a novembre (288,2 mm) e quello secondario a luglio (226,2 mm).

Un'ulteriore elaborazione è stata effettuata aggregando gli stessi dati di precipitazione su base trimestrale. Nella FIGURA 93 sono riportati, per ogni trimestre, gli istogrammi relativi alla quantità di pioggia misurata nei diversi anni, e per ogni grafico viene segnalato il valore medio di precipitazione per il decennio. Dall'esame dei grafici spicca che nel primo (-82%) e nel secondo (-4,3%) trimestre le precipitazioni sono inferiori alla media climatologica, nel terzo (+50,9%) e nel quarto (+99,5%) trimestre del 2019 le precipitazioni sono superiori alla media climatologica.

Va comunque sottolineato che le osservazioni sopra riportate sulle caratteristiche di piovosità relative all'anno 2019 devono essere valutate alla luce delle seguenti considerazioni:

- l'arco temporale (decennio 2009-2018) utilizzato per il confronto risulta comunque ridotto;
- la rappresentatività spaziale è limitata all'area metropolitana.

42 Mennella C. (1967) - Il clima d'Italia. Vol. I, ed. E.D.A.R.T., Napoli. 1, pp. 157-178.

Biancotti A. (1996) - Corso di geografia fisica - Geomorfologia strutturale. Le misure in geografia fisica. Ed. Litocoop Srl Tortona, 2, 126 p.

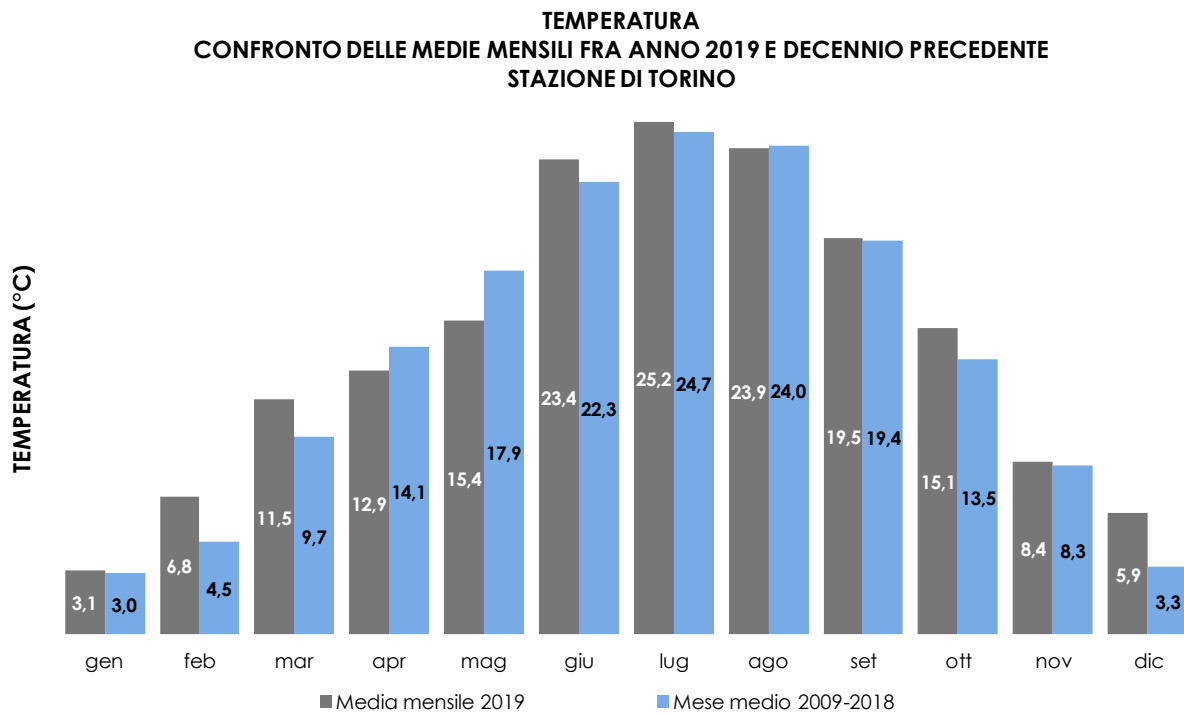


FIGURA 89: temperatura: valori medi mensili per l'anno 2019 e per il decennio 2009-2018 per la stazione di Torino.

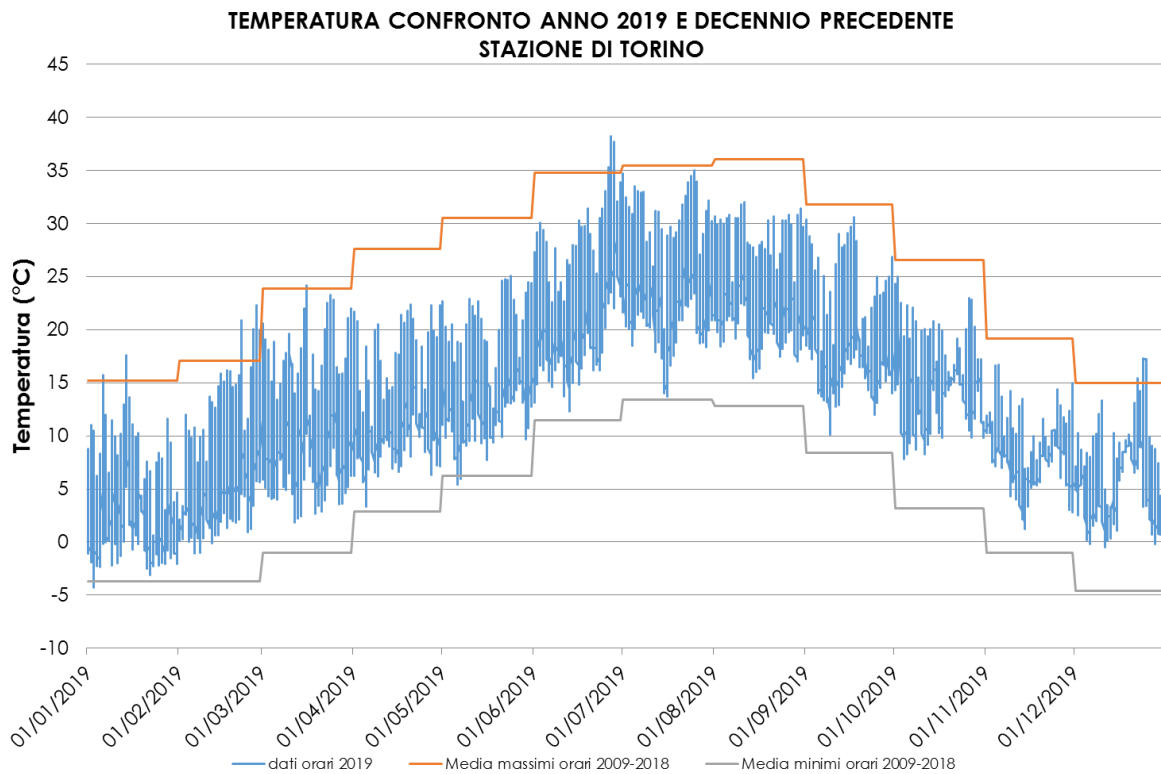


FIGURA 90: temperatura: valori orari per l'anno 2019 e medie dei minimi e dei massimi assoluti registrati nel decennio 2009-2018 presso la stazione di Torino.

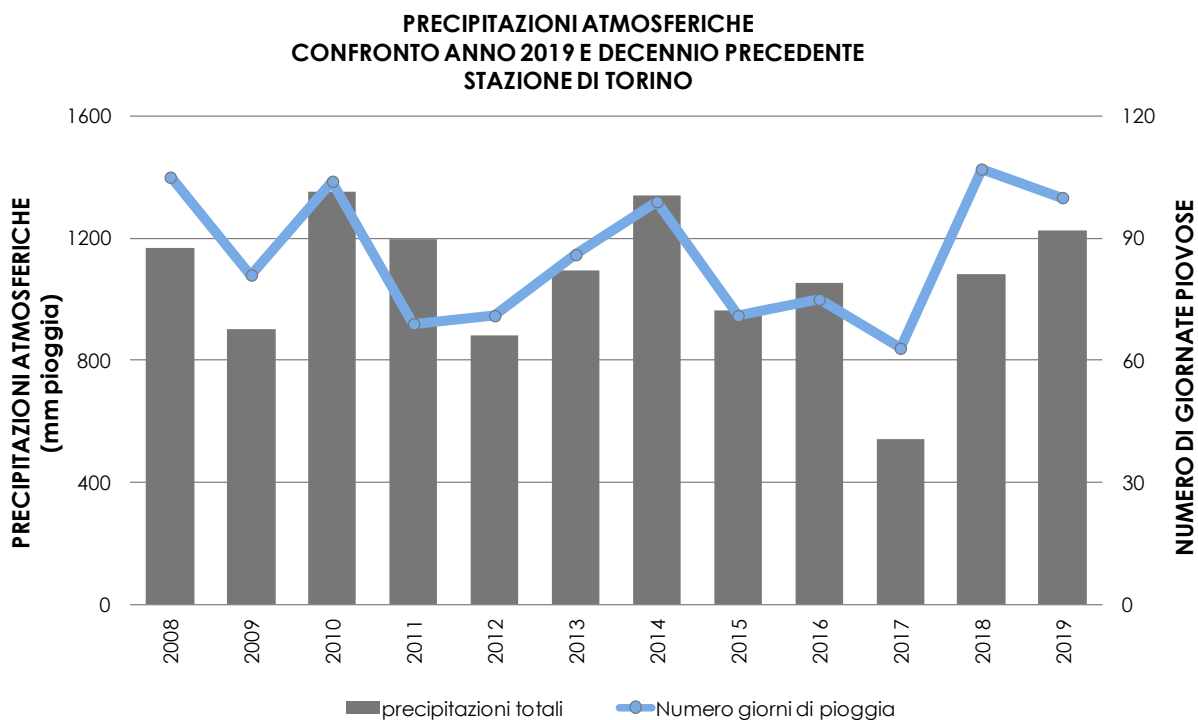


FIGURA 91: precipitazioni atmosferiche: sommatorie annuali e media del decennio in termini di quantità di precipitazioni e di numero di giornate piovose per la stazione di Torino.

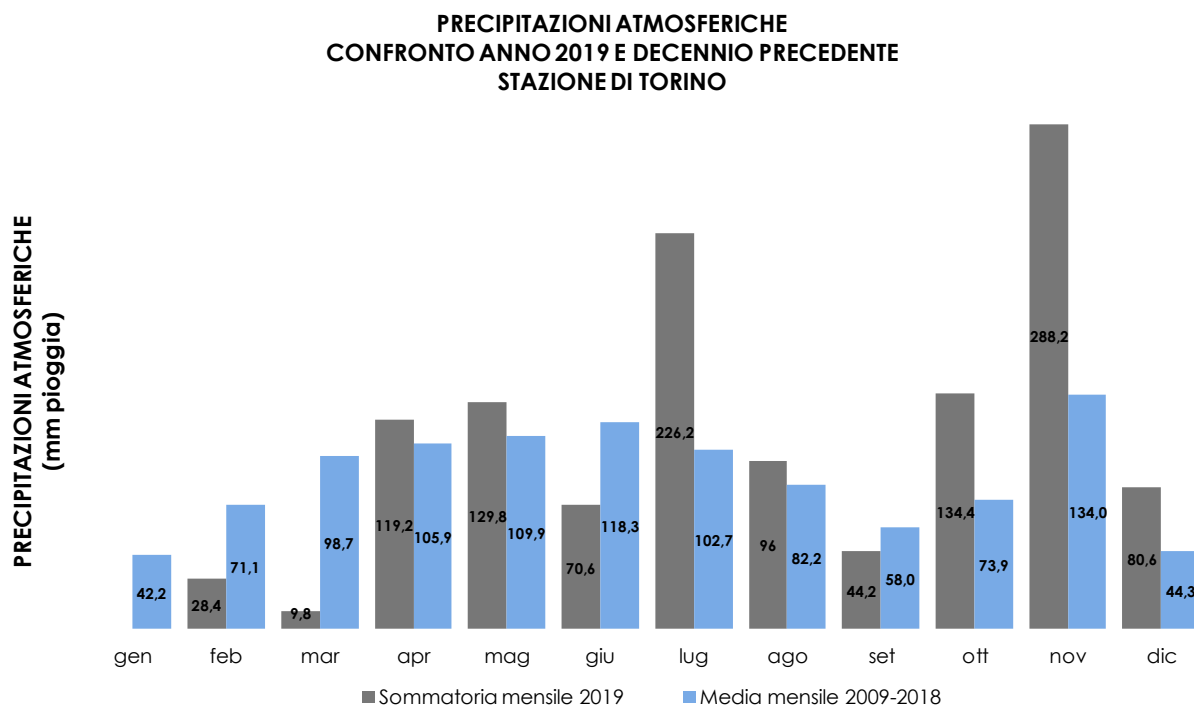


FIGURA 92: precipitazioni atmosferiche: sommatorie mensili per l'anno 2019 e medie mensili relative al decennio 2009÷2018 per la stazione di Torino

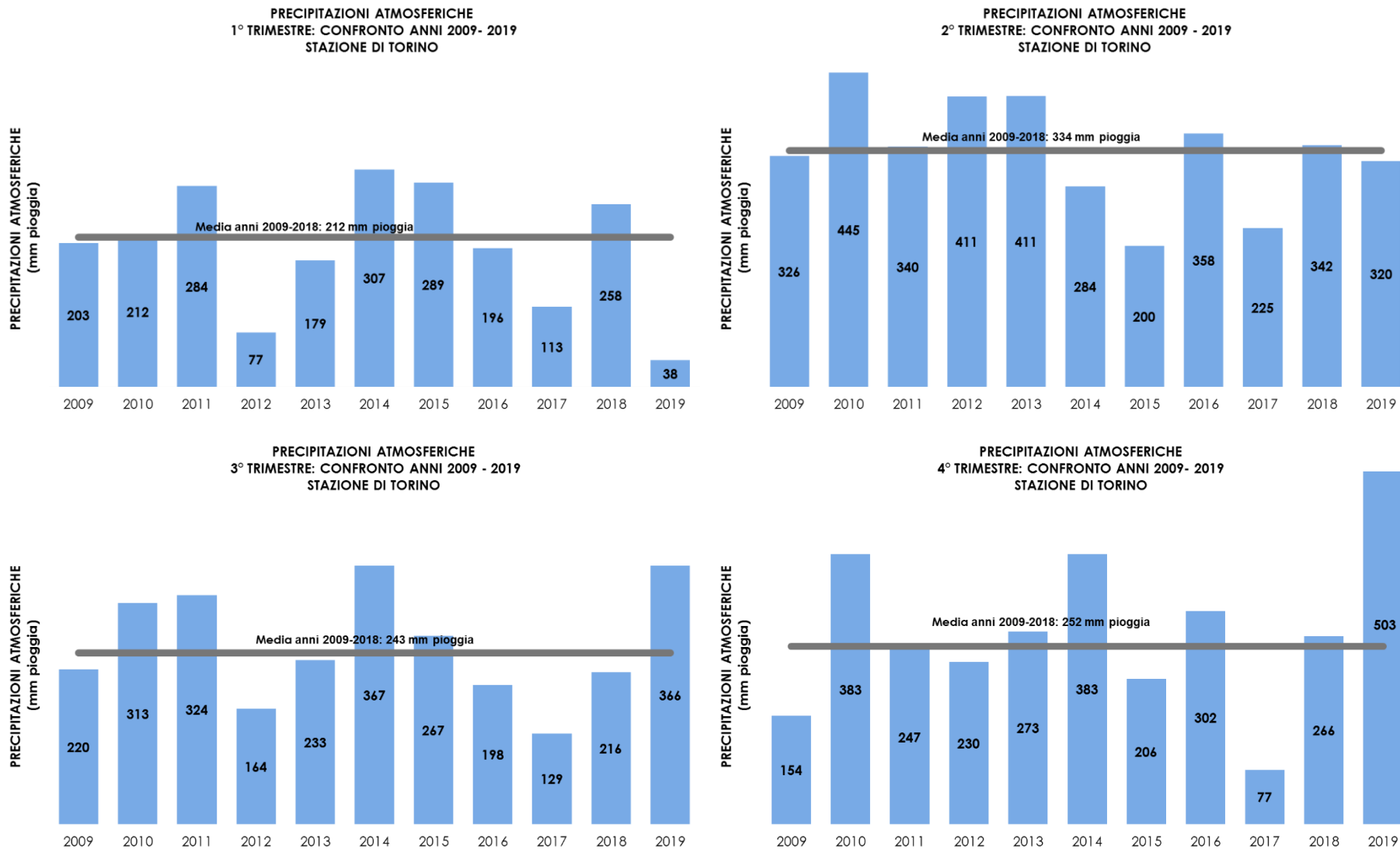


FIGURA 93: precipitazioni atmosferiche: sommatorie trimestrali relative al periodo 2009÷2019 per la stazione di Torino.

L'INDICE "NUMERO DI GIORNI FAVOREVOLI ALL'ACCUMULO DI PM10"

Il 2019 è stato caratterizzato dal punto di vista meteorologico con l'indice "numero di giorni favorevoli all'accumulo di PM10". Tale indice, la cui rappresentatività spaziale è limitata all'agglomerato torinese, analizza in forma semplificata le interazioni tra la meteorologia ed i fenomeni di trasporto, trasformazione chimica e dispersione degli inquinanti, con la finalità di identificare i giorni in cui si determinano condizioni di stagnazione favorevoli alla formazione di PM10. L'indicatore fornisce un utile strumento di indagine per interpretare la variabilità annuale della concentrazione degli inquinanti in funzione della meteorologia.

Il numero di occorrenze di giorni favorevoli all'accumulo di PM10 nel 2019 è stato pari a 96 giorni (FIGURA 94), valore più basso della serie storica disponibile. L'andamento mensile dell'indice evidenzia che i mesi da maggio a dicembre si collocano sui valori inferiori della distribuzione del periodo 2006-2018; in particolare ad ottobre e a novembre il valore dell'indice è ampiamente inferiore ai minimi del periodo. Il mese di gennaio è l'unico a presentare una criticità accentuata, con un numero di occorrenze superiore al massimo del periodo 2006-2018, mentre febbraio si colloca sui valori superiori della distribuzione (FIGURA 95).

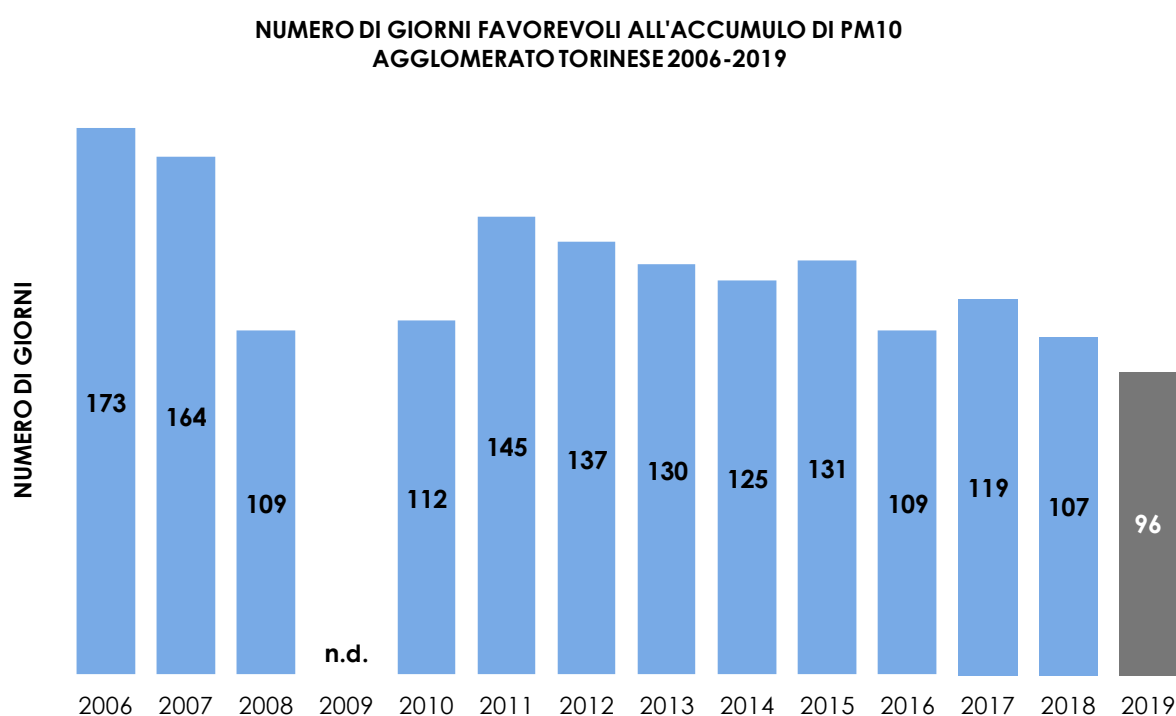


FIGURA 94: numero di giorni favorevoli alla formazione di particolato PM10 - confronto su base annuale tra gli anni 2006-2018 (in blu) e l'anno 2019 (in grigio).

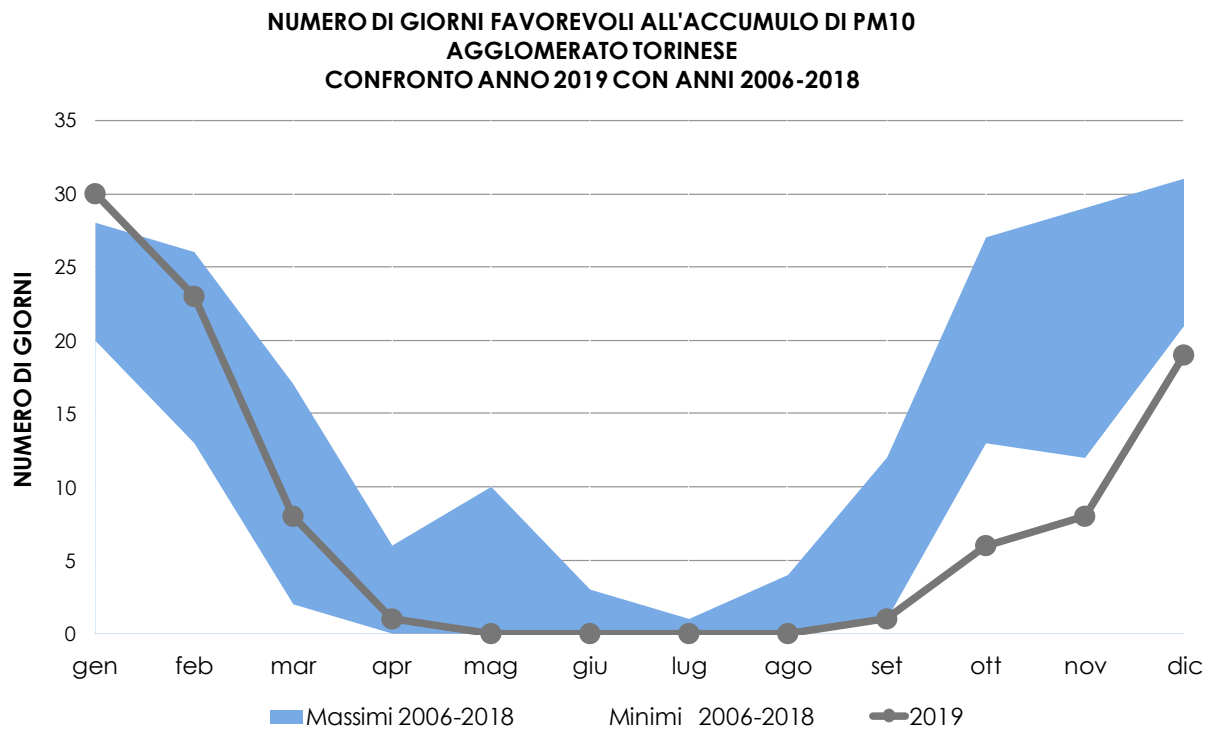


FIGURA 95: numero di giorni favorevoli alla formazione di particolato PM10 - confronto tra l'andamento mensile del 2019 (linea grigia) ed i valori massimi e minimi mensili del periodo 2006-2018 (banda blu).

EMISSIONI INQUINANTI DEI VEICOLI A MOTORE

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

I LIMITI DI EMISSIONE DEI VEICOLI A MOTORE

Il trasporto su strada è tra i maggiori responsabili dell'inquinamento atmosferico presente nelle aree urbane. In particolare, l'inventario delle emissioni relativo all'anno 2015 redatto dalla Regione Piemonte secondo la metodologia Corinair, stima che il macrosettore trasporto su strada nell'intero territorio della città metropolitana di Torino sia responsabile del del 38,5% delle emissioni complessive di particolato primario (PM10) e del 60,1% delle emissioni complessive di ossidi di azoto (NO_x).

Poiché il problema è comune a tutti i territori densamente antropizzati, le Direttive Europee hanno affrontato la questione imponendo dei limiti sempre più restrittivi alle emissioni degli autoveicoli.

Si riporta di seguito una tabella che riassume il quadro delle emissioni associate alle diverse tipologie di veicoli a motore in relazione alle omologazioni ambientali. I valori sono stabiliti dalle Direttive Europee per le autovetture a benzina e diesel dal 1970 ad oggi, e dal Regolamento 715/2007 relativamente ai requisiti per i veicoli Euro 5 e Euro 6.

DIRETTIVA DI RIFERIMENTO	CO (g/km)		NO _x (g/km)		HC+NO _x (g/km)		HC (g/km)	PM10 (g/km)
	benz.	diesel	benz.	diesel	benz.	diesel	benz.	diesel
Direttiva 70/220 (1971-1974)	21,5				7,3			
Direttiva 74/290 (1975-1976)	18				6,5			
Direttiva 77/102 (1977-1978)	18				6,5			
Direttiva 78/665 (1979-1983)	14,2				5,7			
Direttiva 83/351 (1984-1992)	12				4,2			
Direttiva 88/436 (1988-1992)						1,6		0,27
Euro 1 (1993-1996) Dir. 91/441	2,72	2,72	-	-	0,97	0,97/1,36*	-	0,14/0,19*
Euro 2 (1997-2000) Dir. 94/12	2,2	1	-	-	0,5	0,7/0,9*	-	0,08/0,1*
Euro 3 (2001-2005) Dir. 98/69	2,3	0,64	0,15	0,5	-	0,56	0,2	0,05
Euro 4 (2006-2010) Dir. 98/69	1	0,5	0,08	0,25	-	0,3	0,1	0,025
Euro 5 (2011-09/2015) *** Reg. 715/07	1	0,5	0,06	0,18	-	0,23	0,1	0,005**
Euro 6 (09/2015-....) *** Reg. 715/07	1	0,5	0,06	0,08	-	0,17	0,1	0,005**

(*) Motori diesel a iniezione indiretta/iniezione diretta

(**) Il limite si applica anche a motori a benzina a iniezione diretta che operano sia in condizione magra che stechiometrica

(***) I limiti previsti per i veicoli a benzina dal reg. 715/2007 si applicano anche ai veicoli alimentati a GPL e Metano

La categoria Euro 6 è ulteriormente suddivisa in 4 fasce:

- Euro 6a – per veicoli immatricolati da gennaio 2016. Le emissioni di CO equivalgono a 0,5 g/km per i diesel e 1 g/km per i benzina, quelle di NO_x 0,080 g/km per i diesel e 0,060 per i benzina, quelle di particolato (PM) 0,005 g/km per entrambe.
- Euro 6b – si differenzia dalla Euro 6A solo per le emissioni di PM, ridotte a 0,0045 g/km per entrambe le motorizzazioni, diesel e benzina.
- Euro 6c – obbligatoria per le omologazioni da settembre 2017 prevede che le auto a benzina riducano il numero di particelle di PM emesse da 6×10^{12} particelle per km a 6×10^{11} particelle per km. La novità più importante, introdotta con questo standard, è l'adozione del nuovo ciclo di prova WLTP e della prova delle emissioni reali su strada (test RDE) solo con finalità di monitoraggio.
- Euro 6d-temp: per le omologazioni da settembre 2018, con la 6d-temp viene introdotta la misurazione reale delle emissioni su strada. In questa prova la differenza tra le emissioni misurate nel ciclo in laboratorio WLTP (limite per i NO_x 60 mg/km per i benzina e 80 mg/km per i diesel) e in quello su strada potrà arrivare massimo al 110% (limite per i NO_x 126 mg/km per i benzina e 168 mg/km per i diesel).
- Euro 6d: per le immatricolazioni da gennaio 2021, stabilisce che la differenza rilevata tra le emissioni WLTP e quelle misurate nella prova RDE non possa superare il 50% (limite per i NO_x 90 mg/km per i benzina e 120 mg/km per i diesel).

TABELLA 42: limiti di emissione fissati dalle direttive europee per autovetture benzina e diesel.

Ogni nuova Direttiva ha definito dei limiti inferiori mediamente di circa il 50% rispetto alla direttiva precedente e nell'arco di 22 anni – il tempo intercorso fa l'entrata in vigore della direttiva euro 1 (1993) e euro 6 (2015), - i limiti per le emissioni di particolato dai motori diesel sono diminuiti di 54 volte mentre quelli per il parametro HC+NO_x di 9 volte.

Per comprendere il contributo specifico alle emissioni in atmosfera è utile riportare un confronto tra i limiti definiti per diverse tipologie di veicoli quali autovetture, ciclomotori, motocicli, e mezzi commerciali diesel di massa compresa tra i 1760 kg e i 3500 kg. Si è scelto per brevità di riportare in

FIGURA 96 i limiti previsti per la somma di idrocarburi incombusti (HC) e ossidi di azoto (NO_x), che rappresentano una delle principali criticità in ambito urbano.

I ciclomotori risultano essere il mezzo più inquinante per la somma di questi due parametri mentre le autovetture a benzina quello più ecologico. Per gli autoveicoli sono infatti molto avanzate le tecnologie del controllo della combustione e del catalizzatore, che invece risultano di complessa applicazione sui ciclomotori e motocicli di piccola cilindrata.

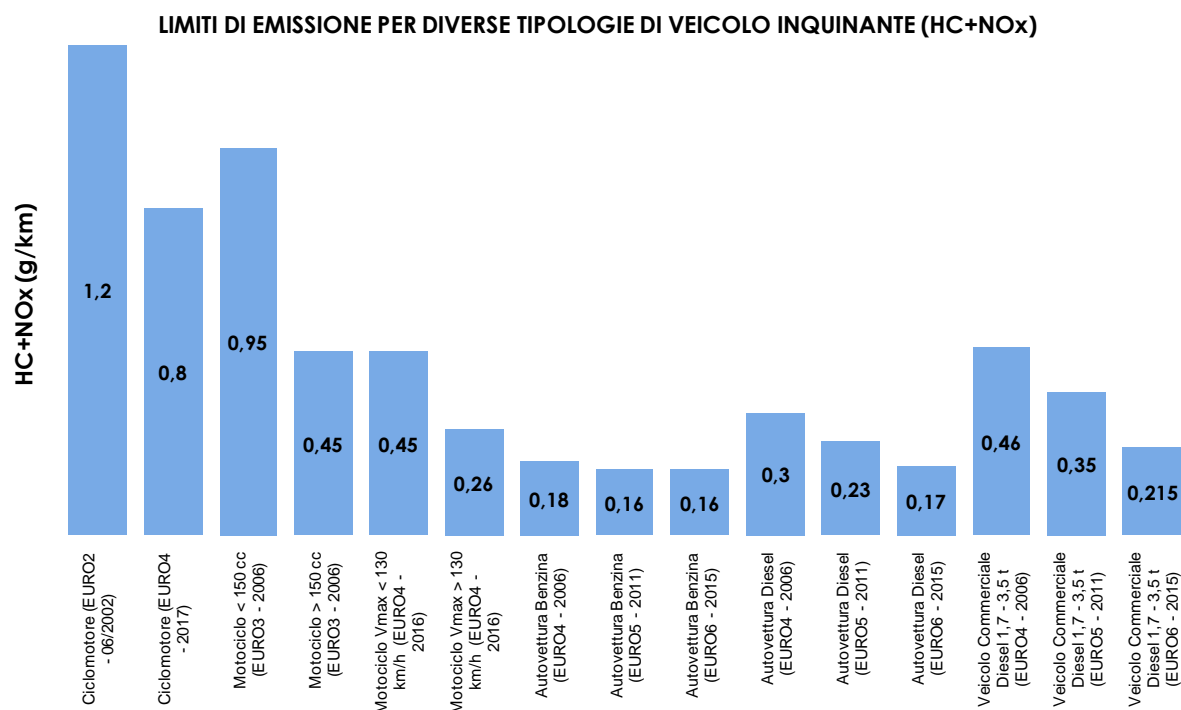


FIGURA 96: limiti di emissione definiti dalle normative più recenti per diverse tipologie di veicolo.

IL PARCO VEICOLARE NELLA CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

Si riportano di seguito per il periodo 2015-2019 i dati forniti dal servizio tributi della Regione Piemonte, relativi alla composizione del parco veicolare immatricolato sul territorio della Città metropolitana di Torino. Dall'analisi dell'attuale composizione del parco veicolare e dalla sua evoluzione negli ultimi anni emergono alcune considerazioni:

- il numero di autoveicoli immatricolati nella Città metropolitana di Torino è diminuito di 22.050 unità rispetto al 2018, quello dei veicoli commerciali leggeri è diminuito di 4.137 unità sempre rispetto al 2018;
- la somma degli autoveicoli Euro 5 ed Euro 6 rappresenta il 47,4% del totale, con un incremento del 3,4% rispetto allo scorso anno;
- continua a diminuire, dopo anni di costante ascesa, la percentuale degli autoveicoli a gasolio (41,3% nel 2017, 40,8% nel 2018, 38,3% nel 2019), per quelli a GPL e a metano invece la percentuale aumenta (12,8% nel 2017, 13,5% nel 2018, 14,3 nel 2019);
- i veicoli commerciali < 3,5 t diesel ante Euro 4, sicuramente non dotati di filtro antiparticolato, sono ancora 65.025 e rappresentano il 41,4% del totale di quelli immatricolati, erano 68.220 pari al 42,3% del totale nel 2018.

		2015			2016			2017			2018			2019						
		numero			numero			numero			numero			numero						
Autoveicoli "pre-EURO"	numero	73.200	56.648	benzina	71.675	55.622	benzina	70.320	54.811	benzina	69.161	54.115	benzina	67.858	53.434	benzina				
			11.292	gasolio			11.128		gasolio			10.962	gasolio			10.799	gasolio		10.515	gasolio
			5.260	GPL-CH ₄			4.925		GPL-CH ₄			4.547	GPL-CH ₄			4.247	GPL-CH ₄		3.909	GPL-CH ₄
	%	5,2		4,0	benzina	5,0		3,9	benzina	4,8		3,7	benzina	4,7		3,7	benzina			
				0,8	gasolio			0,8	gasolio			0,7	gasolio			0,7	gasolio		0,7	gasolio
				0,4	GPL-CH ₄			0,3	GPL-CH ₄			0,3	GPL-CH ₄			0,3	GPL-CH ₄		0,3	GPL-CH ₄
Autoveicoli "EURO 1"	numero	33.567	25.422	benzina	31.405	23.702	benzina	29.450	22.205	benzina	27.880	20.958	benzina	26.338	19.732	benzina				
			5.122	gasolio			4.992		gasolio			4.846	gasolio			4.718	gasolio		4.596	gasolio
			3.023	GPL-CH ₄			2.711		GPL-CH ₄			2.399	GPL-CH ₄			2.204	GPL-CH ₄		2.010	GPL-CH ₄
	%	2,4		1,8	benzina	2,2		1,7	benzina	2,0		1,5	benzina	1,9		1,4	benzina			
				0,4	gasolio			0,3	gasolio			0,3	gasolio			0,3	gasolio		0,3	gasolio
				0,2	GPL-CH ₄			0,2	GPL-CH ₄			0,2	GPL-CH ₄			0,2	GPL-CH ₄		0,1	GPL-CH ₄
Autoveicoli "EURO 2"	numero	161.710	119.280	benzina	146.482	107.854	benzina	132.554	97.578	benzina	120.351	88.749	benzina	109.501	80.712	benzina				
			29.301	gasolio			27.187		gasolio			24.996	gasolio			22.910	gasolio		21.189	gasolio
			13.129	GPL-CH ₄			11.441		GPL-CH ₄			9.980	GPL-CH ₄			8.692	GPL-CH ₄		7.600	GPL-CH ₄
	%	11,5		8,5	benzina	10,3		7,5	benzina	9,0		6,6	benzina	8,2		6,1	benzina			
				2,1	gasolio			1,9	gasolio			1,7	gasolio			1,6	gasolio		1,5	gasolio
				0,9	GPL-CH ₄			0,8	GPL-CH ₄			0,7	GPL-CH ₄			0,6	GPL-CH ₄		0,5	GPL-CH ₄
Autoveicoli "EURO 3"	numero	244.186	123.264	benzina	226.541	114.545	benzina	206.457	105.985	benzina	185.941	98.090	benzina	167.136	90.385	benzina				
			109.774	gasolio			101.557		gasolio			90.872	gasolio			78.983	gasolio		68.681	gasolio
			11.148	GPL-CH ₄			10.439		GPL-CH ₄			9.600	GPL-CH ₄			8.868	GPL-CH ₄		8.070	GPL-CH ₄
	%	17,4		8,8	benzina	15,9		8,0	benzina	14,1		7,2	benzina	12,7		6,7	benzina			
				7,8	gasolio			7,1	gasolio			6,2	gasolio			5,4	gasolio		4,8	gasolio
				0,8	GPL-CH ₄			0,7	GPL-CH ₄			0,7	GPL-CH ₄			0,6	GPL-CH ₄		0,6	GPL-CH ₄
Autoveicoli "EURO 4"	numero	484.195	204.049	benzina	465.412	196.552	benzina	441.797	188.634	benzina	415.358	181.586	benzina	386.644	174.051	benzina				
			199.457	gasolio			190.247		gasolio			177.003	gasolio			160.248	gasolio		142.668	gasolio
			80.689	GPL-CH ₄			78.613		GPL-CH ₄			76.160	GPL-CH ₄			73.524	GPL-CH ₄		69.925	GPL-CH ₄
	%	34,5		14,5	benzina	32,6		13,8	benzina	30,1		12,8	benzina	28,4		12,4	benzina			
				14,2	gasolio			13,3	gasolio			12,1	gasolio			11,0	gasolio		9,9	gasolio
				5,7	GPL-CH ₄			5,5	GPL-CH ₄			5,2	GPL-CH ₄			5,0	GPL-CH ₄		4,9	GPL-CH ₄
Autoveicoli "EURO 5"	numero	318.857	92.320	benzina	303.063	90.910	benzina	289.440	87.911	benzina	278.422	86.341	benzina	265.006	84.735	benzina				
			179.055	gasolio			165.410		gasolio			155.670	gasolio			146.861	gasolio		136.017	gasolio
			47.482	GPL-CH ₄			46.743		GPL-CH ₄			45.859	GPL-CH ₄			45.220	GPL-CH ₄		44.254	GPL-CH ₄
	%	22,7		6,6	benzina	21,2		6,4	benzina	19,7		6,0	benzina	19,0		5,9	benzina			
				12,8	gasolio			11,6	gasolio			10,6	gasolio			10,0	gasolio		9,4	gasolio
				3,4	GPL-CH ₄			3,3	GPL-CH ₄			3,1	GPL-CH ₄			3,1	GPL-CH ₄		3,1	GPL-CH ₄
Autoveicoli "EURO 6"	numero	87.749	50.430	benzina	183.992	80.309	benzina	298.929	116.529	benzina	364.660	137.784	benzina	417.240	180.571	benzina				
			21.403	gasolio			78.806		gasolio			143.025	gasolio			172.133	gasolio		167.129	gasolio
			15.916	GPL-CH ₄			24.877		GPL-CH ₄			39.375	GPL-CH ₄			54.743	GPL-CH ₄		69.540	GPL-CH ₄
	%	6,3		3,6	benzina	12,9		5,6	benzina	20,4		7,9	benzina	24,9		9,4	benzina			
				1,5	gasolio			5,5	gasolio			9,7	gasolio			11,8	gasolio		11,6	gasolio
				1,1	GPL-CH ₄			1,7	GPL-CH ₄			2,7	GPL-CH ₄			3,7	GPL-CH ₄		4,8	GPL-CH ₄

TABELLA 43: autoveicoli immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2014 al 2018, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

		2015			2016			2017			2018			2019		
Autocarri <3,5 t "pre-EURO"	numero	21.344	1.908	benzina	19.643	1.852	benzina	18.845	1.791	benzina	18.528	1.801	benzina	17.907	1.763	benzina
			19.146	gasolio		17.548	gasolio		16.761	gasolio		16.432	gasolio		15.903	gasolio
			290	GPL-CH ₄		243	GPL-CH ₄		293	GPL-CH ₄		295	GPL-CH ₄		241	GPL-CH ₄
	%	12,6	1,1	benzina	12,0	1,1	benzina	11,5	1,1	benzina	11,5	1,1	benzina	11,4	1,1	benzina
			11,3	gasolio		10,7	gasolio		10,2	gasolio		10,2	gasolio		10,1	gasolio
			0,2	GPL-CH ₄		0,1	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 1"	numero	9.435	1.312	benzina	8.479	1.237	benzina	7.920	1.183	benzina	7.651	1.162	benzina	7.419	1.138	benzina
			7.984	gasolio		7.120	gasolio		6.629	gasolio		6.384	gasolio		6.177	gasolio
			139	GPL-CH ₄		122	GPL-CH ₄		108	GPL-CH ₄		105	GPL-CH ₄		104	GPL-CH ₄
	%	5,6	0,8	benzina	5,2	0,8	benzina	4,8	0,7	benzina	4,7	0,7	benzina	4,7	0,7	benzina
			4,7	gasolio		4,4	gasolio		4,0	gasolio		4,0	gasolio		3,9	gasolio
			0,1	GPL-CH ₄		0,1	GPL-CH ₄		0,1	GPL-CH ₄		0,1	GPL-CH ₄		0,1	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 2"	numero	23.437	2.007	benzina	20.570	1.808	benzina	18.792	1.586	benzina	17.999	1.512	benzina	17.111	1.450	benzina
			21.124	gasolio		18.470	gasolio		16.950	gasolio		16.243	gasolio		15.429	gasolio
			306	GPL-CH ₄		292	GPL-CH ₄		256	GPL-CH ₄		244	GPL-CH ₄		232	GPL-CH ₄
	%	13,8	1,2	benzina	12,6	1,1	benzina	11,5	1,0	benzina	11,2	0,9	benzina	10,9	0,9	benzina
			12,5	gasolio		11,3	gasolio		10,3	gasolio		10,1	gasolio		9,8	gasolio
			0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄		0,1	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 3"	numero	39.739	2.230	benzina	35.981	2.046	benzina	32.734	1.737	benzina	31.097	1.637	benzina	29.348	1.551	benzina
			37.101	gasolio		33.555	gasolio		30.681	gasolio		29.161	gasolio		27.516	gasolio
			408	GPL-CH ₄		380	GPL-CH ₄		316	GPL-CH ₄		299	GPL-CH ₄		281	GPL-CH ₄
	%	23,4	1,3	benzina	22,0	1,3	benzina	19,9	1,1	benzina	19,3	1,0	benzina	18,7	1,0	benzina
			21,9	gasolio		20,5	gasolio		18,7	gasolio		18,1	gasolio		17,5	gasolio
			0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄		0,2	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 4"	numero	45.483	1.325	benzina	42.297	1.261	benzina	38.524	1.153	benzina	37.001	1.110	benzina	35.105	1.083	benzina
			41.810	gasolio		38.907	gasolio		35.480	gasolio		34.057	gasolio		32.324	gasolio
			2.348	GPL-CH ₄		2.129	GPL-CH ₄		1.891	GPL-CH ₄		1.834	GPL-CH ₄		1.698	GPL-CH ₄
	%	26,8	0,8	benzina	25,9	0,8	benzina	23,5	0,7	benzina	22,9	0,7	benzina	22,3	0,7	benzina
			24,6	gasolio		23,8	gasolio		21,6	gasolio		21,1	gasolio		20,6	gasolio
			1,4	GPL-CH ₄		1,3	GPL-CH ₄		1,2	GPL-CH ₄		1,1	GPL-CH ₄		1,1	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 5"	numero	29.151	297	benzina	34.200	331	benzina	34.311	385	benzina	31.629	400	benzina	27.887	387	benzina
			25.509	gasolio		30.614	gasolio		31.494	gasolio		29.164	gasolio		25.824	gasolio
			3.345	GPL-CH ₄		3.255	GPL-CH ₄		2.432	GPL-CH ₄		2.065	GPL-CH ₄		1.676	GPL-CH ₄
	%	17,2	0,2	benzina	20,9	0,2	benzina	20,9	0,2	benzina	19,6	0,2	benzina	17,7	0,2	benzina
			15,0	gasolio		18,7	gasolio		19,2	gasolio		18,1	gasolio		16,4	gasolio
			2,0	GPL-CH ₄		2,0	GPL-CH ₄		1,5	GPL-CH ₄		1,3	GPL-CH ₄		1,1	GPL-CH ₄
Autocarri <3,5 t "EURO 6"	numero	1.053	39	benzina	2.168	95	benzina	12.965	341	benzina	17.414	516	benzina	22.405	806	benzina
			63	gasolio		360	gasolio		8.961	gasolio		12.536	gasolio		17.083	gasolio
			951	GPL-CH ₄		1.713	GPL-CH ₄		3.663	GPL-CH ₄		4.362	GPL-CH ₄		4.516	GPL-CH ₄
	%	0,6	0,0	benzina	1,3	0,1	benzina	7,9	0,2	benzina	10,8	0,3	benzina	14,3	0,5	benzina
			0,0	gasolio		0,2	gasolio		5,5	gasolio		7,8	gasolio		10,9	gasolio
			0,6	GPL-CH ₄		1,0	GPL-CH ₄		2,2	GPL-CH ₄		2,7	GPL-CH ₄		2,9	GPL-CH ₄

TABELLA 44: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella città metropolitana di Torino dal 2014 al 2018, suddivisi per tipo di omologazione ambientale.

Autoveicoli immatricolati nella città metropolitana di Torino (2007 -2019)
Suddivisione per omologazione ambientale
Banca dati Regione Piemonte

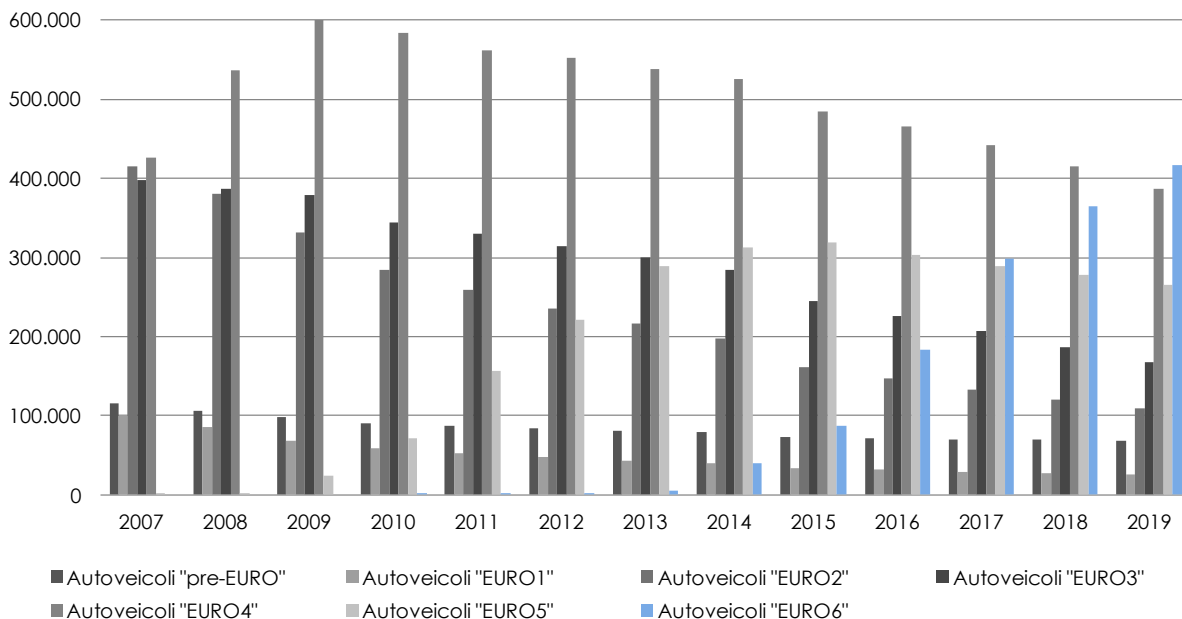


FIGURA 97: autoveicoli immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2019, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

Autocarri (<3,5t) immatricolati nella Città Metropolitana di Torino (2007 -2019)
Suddivisione per omologazione ambientale
Banca Dati Regione Piemonte

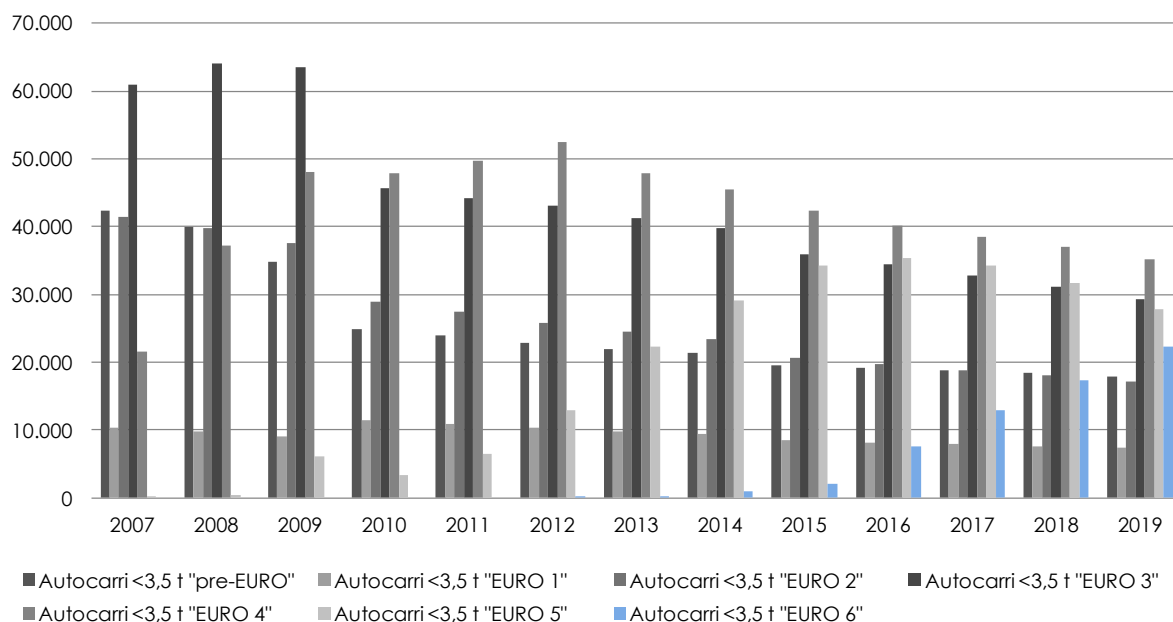


FIGURA 98: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2019, suddivisi per tipo di omologazione ambientale (Banca Dati di Regione Piemonte).

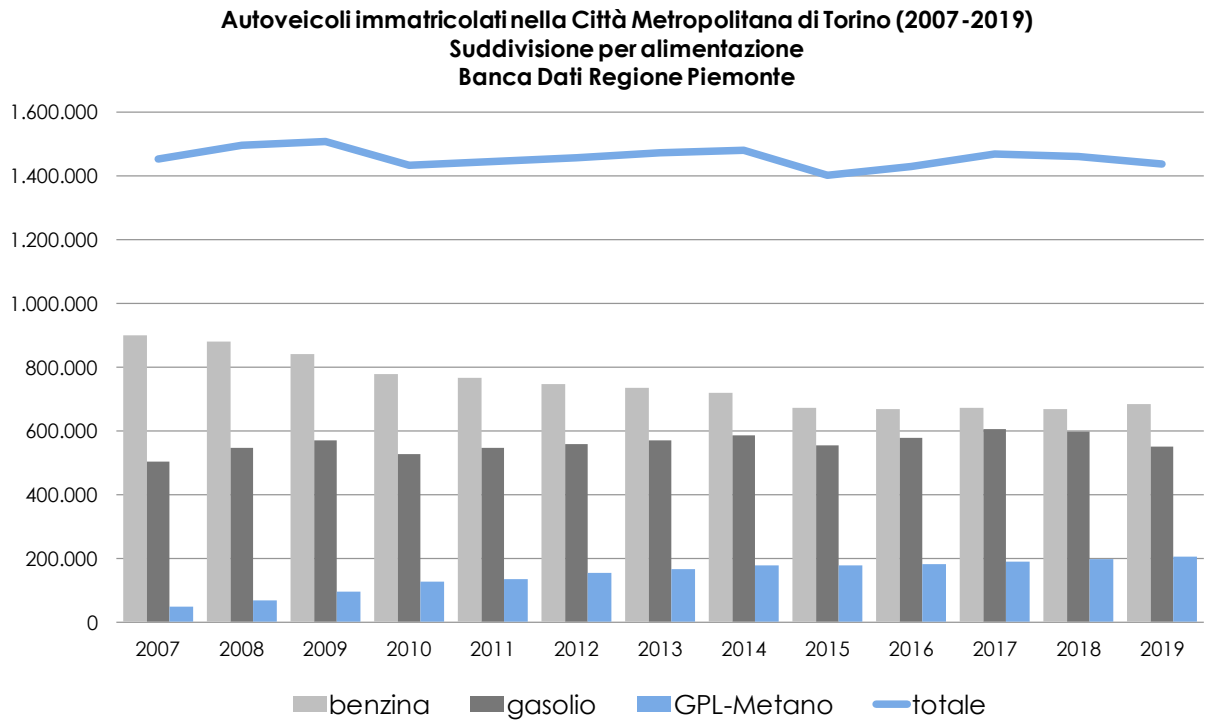


FIGURA 99: autoveicoli immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2019, suddivisi per tipo di alimentazione (Banca Dati di Regione Piemonte).

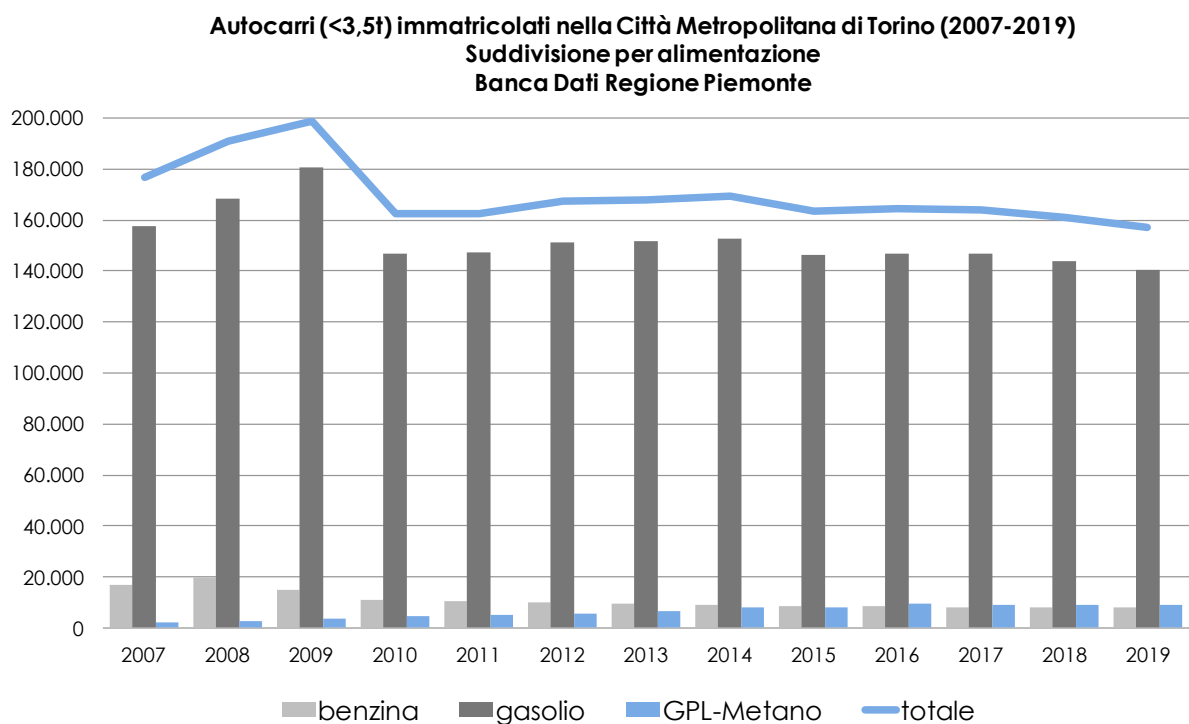


FIGURA 100: veicoli commerciali leggeri (< 3,5 t) immatricolati nella Città metropolitana di Torino dal 2007 al 2019, suddivisi per tipo di alimentazione (Banca Dati di Regione Piemonte).

IL PROTOCOLLO ANTISMOG NELLA CITTÀ METROPOLITANA DI TORINO

Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:

A. Bertello, Città metropolitana di Torino.

I PROVVEDIMENTI SUL TRAFFICO VEICOLARE

Durante il G7 Ambiente del 9 giugno 2017, è stato sottoscritto a Bologna, dal Ministro Galletti e dai Presidenti di Regione Lombardia, Piemonte, Veneto e Emilia-Romagna, l'Accordo di bacino padano per l'attuazione di misure congiunte per il miglioramento della qualità dell'aria. Le misure congiunte di bacino padano individuate, strutturali e temporanee, sono prioritariamente rivolte al settore traffico (limitazioni veicoli diesel), ai generatori di calore domestici a legna, alle combustioni all'aperto e al contenimento delle emissioni di ammoniaca dalle attività agricole e zootecniche.

Sul territorio della Città metropolitana di Torino è stata data piena ed immediata attuazione ai provvedimenti previsti nel "Nuovo accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'aria nel bacino padano". I comuni interessati dai provvedimenti hanno provveduto ad adottare le ordinanze e gli atti necessari all'implementazione sul proprio territorio dei provvedimenti ed in particolare di quelli che riguardavano la limitazione della circolazione di alcune tipologie di vetture nei periodi con elevati livelli di inquinamento.

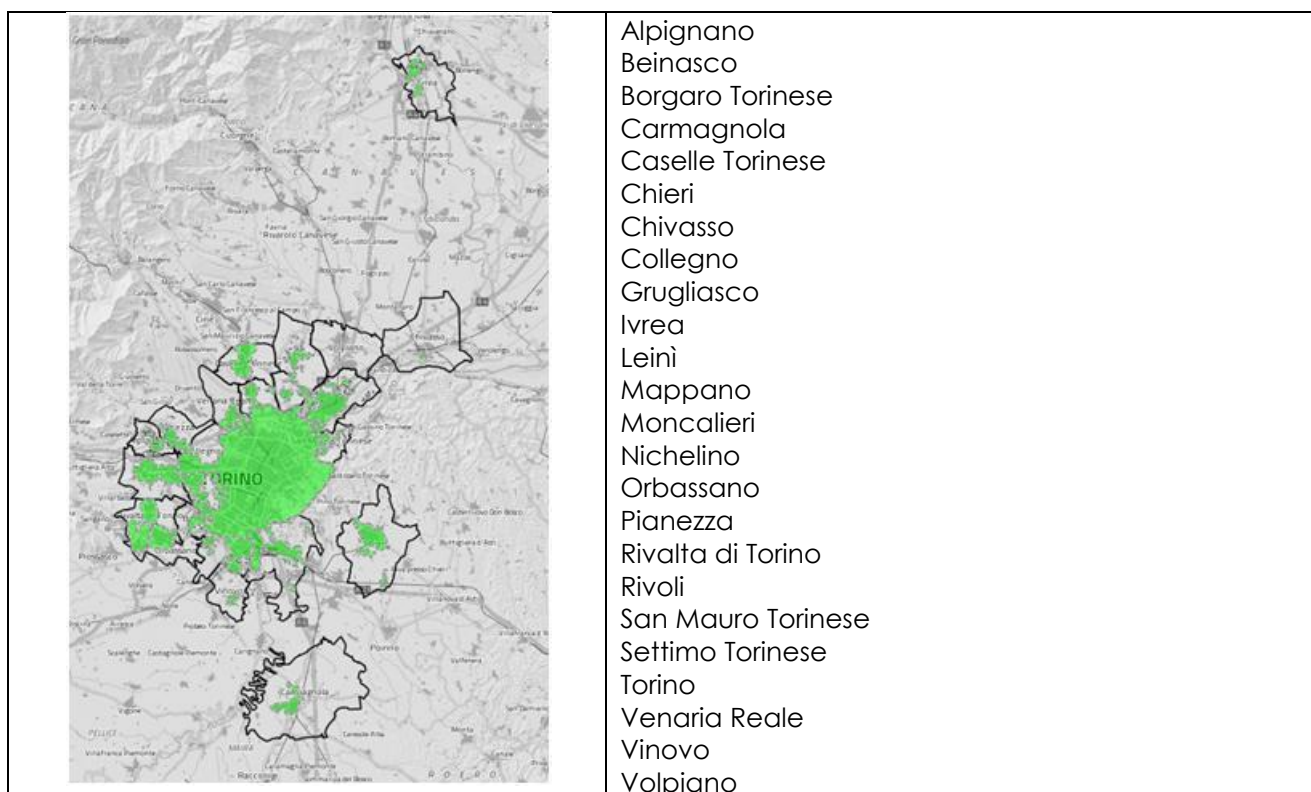


FIGURA 101: comuni della Città metropolitana di Torino individuati dalla Regione Piemonte con D.G.R. n. 8-199 del 9 agosto 2019 (pdf 66 KB) che hanno adottato provvedimenti di limitazione del traffico veicolare).

A partire dal 1 ottobre 2019, 24 Comuni della Città metropolitana di Torino individuati dalla Regione Piemonte con D.G.R. n. 42-5805 del 20 ottobre 2017 (FIGURA 101) hanno adottato provvedimenti di limitazione del traffico veicolare sul centro abitato, in coerenza con le indicazioni del protocollo padano e delle decisioni collegiali assunte durante gli incontri del tavolo di coordinamento della qualità dell'aria.

I provvedimenti hanno previsto la limitazione della circolazione per auto e veicoli commerciali Euro 0 e diesel Euro 1, 7 giorni su 7 e h 24. Le auto e i veicoli commerciali diesel Euro 2 e 3 sono ferme dal lunedì al venerdì dalle 8:00 alle 19:00. Per gli Euro 2 diesel la limitazione è attiva per tutto l'anno, per gli Euro 3 la limitazione è attiva dal 15 ottobre al 31 marzo.

Alle limitazioni stabili si sono aggiunte, nel periodo invernale (15 ottobre al 31 marzo), ulteriori misure emergenziali adottate in funzione dei livelli di inquinamento atmosferico (TABELLA 45).

allerta di 1° Livello colore "ARANCIO"	attivata dopo 4 giorni consecutivi di superamento, misurati nelle stazioni di riferimento, del valore di 50 µg/m ³ della concentrazione di PM10, sulla base della verifica effettuata da ARPA Piemonte nelle giornate di lunedì e giovedì (giornate di controllo) sui 4 giorni antecedenti;
Allerta di 2° livello colore "ROSSO"	attivata dopo 10 giorni consecutivi di superamento, misurati nelle stazioni di riferimento, del valore di 50 µg/m ³ della concentrazione di PM10, sulla base della verifica effettuata da ARPA Piemonte nelle giornate di lunedì e giovedì (giornate di controllo) sui 10 giorni antecedenti
Allerta di 3° livello colore "VIOLA"	attivata dopo 20 giorni consecutivi di superamento, misurati nelle stazioni di riferimento, del valore di 50 µg/m ³ della concentrazione di PM10, sulla base della verifica effettuata da ARPA Piemonte nelle giornate di lunedì e giovedì (giornate di controllo) sui 20 giorni antecedenti

TABELLA 45: criteri di attivazione dei diversi colori del semaforo antimog.

All'accensione del semaforo arancione (dopo 4 giorni consecutivi di superamento dei limiti) si fermano anche le autovetture diesel Euro 4 dalle 8:00 alle 19:00 e i veicoli commerciali diesel Euro 4 dalle 8:30-14:00 e 16:00-19:00. Nei giorni "arancioni" viene fatto inoltre divieto di utilizzo di generatori di calore domestici alimentati a biomassa legnosa (in presenza di impianto di riscaldamento alternativo) aventi prestazioni energetiche ed emissive che non sono in grado di rispettare i valori previsti almeno per la classe 3 stelle.

Con il colore rosso (dopo 10 giorni consecutivi di superamento dei limiti) si bloccano con le stesse modalità anche tutti i veicoli diesel Euro 5 immatricolati prima del 1° gennaio 2013 (gli Euro 5 più recenti saranno liberi di circolare) e i veicoli benzina Euro 1. Nei giorni "rossi" il divieto di utilizzo di generatori di calore domestici alimentati a biomassa legnosa (in presenza di impianto di riscaldamento alternativo) è esteso a quelli aventi prestazioni energetiche ed emissive che non sono in grado di rispettare i valori previsti almeno per la classe 4 stelle.

Con il semaforo viola (dopo 20 giorni consecutivi di superamento dei limiti) l'orario di blocco previsto per il livello rosso viene esteso, sia per le autovetture che per i veicoli commerciali dalle 7:00 alle 20:00, e coinvolge tutti i veicoli diesel Euro 5, anche quelli più recenti immatricolati dopo il 1° gennaio 2013.

L'attivazione dei livelli del semaforo è conseguente alla valutazione dei dati di qualità dell'aria e delle condizioni dispersive dell'atmosfera che Arpa Piemonte effettua nei giorni di lunedì e giovedì di ogni settimana. Le zone di applicazione del semaforo e le stazioni di qualità dell'aria prese come riferimento sono indicate nella TABELLA 46.

Zona	Stazione di riferimento	Comuni
Agglomerato torinese	Media aritmetica dei valori misurati nelle stazioni di To-Rebaudengo, To-Lingotto e Beinasco. Si utilizza come stazione di riserva To-Rubino che entra nel calcolo nel caso in cui i dati di una delle stazioni sopra indicate non sia disponibile	Torino, Beinasco, Borgaro T.se, Collegno, Grugliasco, Moncalieri, Nichelino, Orbassano, Rivoli, San Mauro T.Se, Settimo T.se, Venaria Reale
Zona Nord	Stazione di Leini, si utilizza come stazione di riserva To-Lingotto	Caselle T.se, Chivasso, Leini, Mappano, Pianezza, Volpiano
Ivrea	Stazione di Ivrea, si utilizza come stazione di riserva Leini	Ivrea
Zona Sud	Stazione di Beinasco, si utilizza come stazione di riserva To-Lingotto	Carmagnola, Rivalta di Torino, Vinovo
Chieri	Stazione di Chieri, si utilizza come stazione di riserva To-Lingotto	Chieri

TABELLA 46: individuazione delle zone di appartenenza e delle stazioni di riferimento per i comuni interessati dai provvedimenti.

Il periodo di operatività del semaforo antimog è compreso fra il 1/10 e il 31/03, per un totale di 183 giorni. La TABELLA 47 riassume i livelli che si sono "accesi" nell'inverno 2019-2020.

Zona	LIVELLO 0		LIVELLO 1		LIVELLO 2		LIVELLO 3	
	N° giorni	%	N° giorni	%	N° giorni	%	N° giorni	%
Agglomerato torinese	149	81,4%	22	12,0%	8	4,4%	4	2,2%
Zona Nord	174	95,1%	9	4,9%	0	0%	0	0%
Ivrea	172	94,0%	11	6,0%	0	0%	0	0%
Zona Sud	168	91,8%	15	8,2%	0	0%	0	0%
Chieri	167	91,3%	16	8,7%	0	0%	0	0%

TABELLA 47: livelli del semaforo attivi nell'inverno 2019/2020 nei comuni aderenti al protocollo antimog.

La Città metropolitana di Torino ha attivato una pagina web informativa

<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/blocchi-traffico>

dove sono disponibile le seguenti informazioni:

- il livello del semaforo;
- lo schema riassuntivo delle limitazioni alla circolazione veicolare (pdf 158 KB);
- gli orari dei blocchi erari e le esenzioni per tutte le categorie di veicoli;
- la mappa dei Comuni interessati dal blocco del traffico con le aree di applicazione delle limitazioni e le relative ordinanze.

COSA CAMBIA DAL 1° OTTOBRE 2020

Dal 1 Ottobre 2020 saranno operative le disposizioni previste dall'Accordo padano per il miglioramento della qualità dell'aria con alcune novità sia per le quanto riguarda le limitazioni strutturali, attive stabilmente ogni giorno, sia che per le limitazioni temporanee attivate dai colori arancione, rosso e viola del semaforo, attive esclusivamente nei mesi invernali (1 ottobre - 31 marzo).

Le limitazioni saranno attive nei territori di 27 comuni della città metropolitana di Torino (D.G.R. 9 agosto 2019, n. 8-199): Beinasco, Borgaro Torinese, Cambiano, Carmagnola, Caselle Torinese, Chieri, Chivasso, Collegno, Grugliasco, Ivrea, La Loggia, Leini, Mappano, Moncalieri, Nichelino, Orbassano, Pianezza, Rivalta di Torino, Rivoli, San Mauro Torinese, Santena, Settimo Torinese, Torino, Trofarello, Venaria Reale, Vinovo, Volpiano. Nel 2020, a seguito delle valutazioni sullo stato della qualità dell'aria condotte da ARPA Piemonte, si sono aggiunti i comuni di Cambiano, La Loggia, Santena e Trofarello.

Il comuni coinvolti, coordinati dalla Città metropolitana di Torino nel Tavolo della qualità dell'aria, hanno definito, in coerenza con le indicazioni regionali e con i provvedimenti adottati negli anni passati, lo schema dei blocchi strutturali del traffico e quello dei blocchi che scatteranno in situazioni di emergenza (D.C.R.C. n. 160 del 28 settembre 2020). Le misure adottate, a causa dei significativi superamenti dei valori limite di qualità dell'aria nel territorio metropolitano, risultano in alcuni casi più restrittive rispetto a quanto previsto nell'Accordo padano.

Viene confermato il percorso di limitazione progressiva dei veicoli più inquinanti. A partire dal 1 ottobre 2020 oltre a tutti i veicoli Euro 0 diesel, benzina, metano e gpl e Euro 1 Diesel, già bloccati l'anno scorso, saranno fermi 7 giorni su 7 e h 24 anche tutti i veicoli diesel Euro 2 Diesel. I ciclomotori e i motocicli Euro 0 continueranno ad essere bloccati 7 giorni su 7 e h 24 nei 6 mesi del periodo invernale.

Le auto e i veicoli adibiti al trasporto merci diesel Euro 3 saranno invece fermi nei giorni feriali dalle 8:00 alle 19:00 nel solo periodo invernale. Il blocco dei veicoli diesel Euro 4 che sarebbe dovuto scattare con le stesse modalità 1° ottobre 2020 è stato posticipato, su indicazione delle regioni del bacino padano, al 1° gennaio 2021 per consentire di modulare la mobilità dei cittadini in questo periodo di ridotta capacità del trasporto pubblico ai fini di contenere l'infezione da SARS-CoV-2.

Per contrastare il perdurare dei valori limite di superamento degli inquinanti in aria ambiente sono state invece potenziate le misure temporanee. Nelle situazioni di allerta di I° livello (arancio) è stata estesa la limitazione della circolazione agli autoveicoli diesel fino alla categoria Euro 5 e benzina Euro 1 dalle 8:00 alle 19:00, i veicoli adibiti al trasporto merci diesel fino alla categoria euro 4 saranno fermi dalle 8:00 alle 19:00 nelle giornate dal lunedì al venerdì e dalle 8.30 alle 14.00 e dalle 16.00 alle 19.00 nelle giornate di sabato e festive. Nelle situazioni di allerta di II° livello (rosso) verranno fermati anche i veicoli adibiti al trasporto merci diesel Euro 5 e benzina Euro 1 dalle 8:30 alle 14:00 e dalle 16:00 alle 19:00 sia nei giorni feriali che festivi. In caso di allerta di III° livello (viola) si fermeranno tutti i veicoli diesel fino a Euro 5 e benzina Euro 1 dalle 7:00 alle 20:00.

Sono state prorogate le deroghe per veicoli diesel Euro 3 e 4 condotti da persone il cui ISEE del relativo nucleo familiare è inferiore alla soglia di 14.000 €, da lavoratori turnisti o che stanno rispondendo a chiamata in reperibilità e per i veicoli al servizio delle manifestazioni regolarmente autorizzate e condotti da operatori economici che accedono o escono dai posteggi dei mercati settimanali o delle fiere. Le deroghe saranno valide fino al 31/12/2020 per i veicoli diesel Euro 3 e fino al 01/10/2021 per i veicoli diesel Euro 4. Per i veicoli Euro 5 interessati dalle limitazioni temporanee le deroghe in questione non hanno scadenza.

Per quanto riguarda gli impianti di riscaldamento rimane l'obbligo di utilizzare nei generatori di calore di potenza termica nominale inferiore ai 35 kW pellets certificati conformi alla classe A1 della norma UNI EN ISO 17225-2 e il divieto di utilizzo di generatori di calore domestici alimentati a biomassa legnosa (in presenza di impianto di riscaldamento alternativo) aventi prestazioni energetiche ed emissive che non sono in grado di rispettare i valori previsti almeno per la classe 3 stelle in base alla classificazione ambientale introdotta dal decreto attuativo dell'articolo 290, comma 4, del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152 e 4 stelle in caso di allerta di I livello o superiore;



<http://www.cittametropolitana.torino.it>



<http://www.arpa.piemonte.it>