

7. APPROFONDIMENTI

7.1 PIANO DI RISANAMENTO REGIONALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

SOURCE APPORTIONMENT MODELLISTICO A SUPPORTO DELLE MISURE DI RISANAMENTO

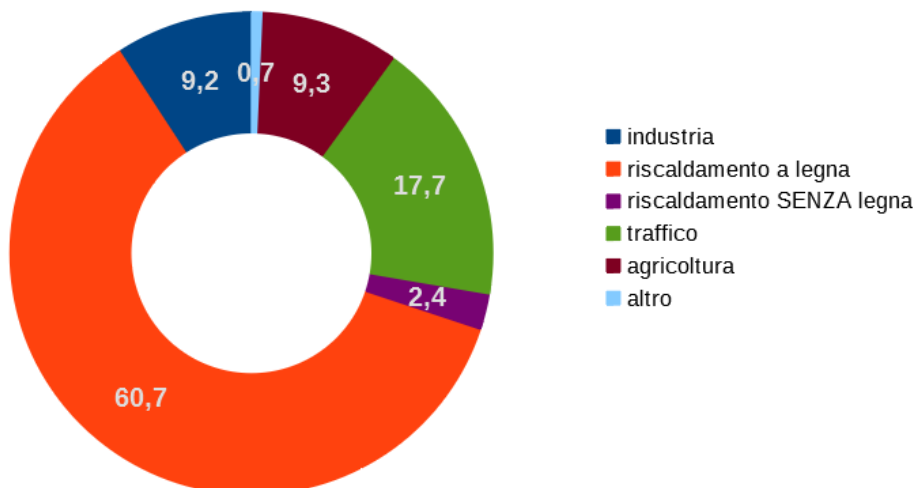
La qualità dell'aria, in quanto problema complesso, ha una pluralità di cause e non è possibile, né corretto, individuarne una sola. Quasi tutte le attività umane emettono inquinanti in atmosfera. Nel bacino del Po dove vive circa il 40% della popolazione italiana il problema della qualità dell'aria è un problema decisamente rilevante. Emissioni elevate di inquinanti e condizioni orografiche e meteo-climatiche sfavorevoli favoriscono l'aumento delle concentrazioni degli inquinanti.

Le informazioni sul contributo delle sorgenti alle emissioni e quelle sul contributo delle stesse sorgenti alle concentrazioni degli inquinanti costituiscono elementi di conoscenza che spesso tuttavia non risultano di facile comprensione. La pianificazione delle misure finalizzate al miglioramento della qualità dell'aria non può prescindere dalla valutazione congiunta dei due differenti contributi: da un lato l'individuazione dei provvedimenti focalizzati sui comparti emissivi maggiormente rappresentativi per il territorio in esame, dall'altra la definizione di misure a scala più ampia volte al contenimento delle sorgenti con impatto più rilevante sulla qualità dell'aria.

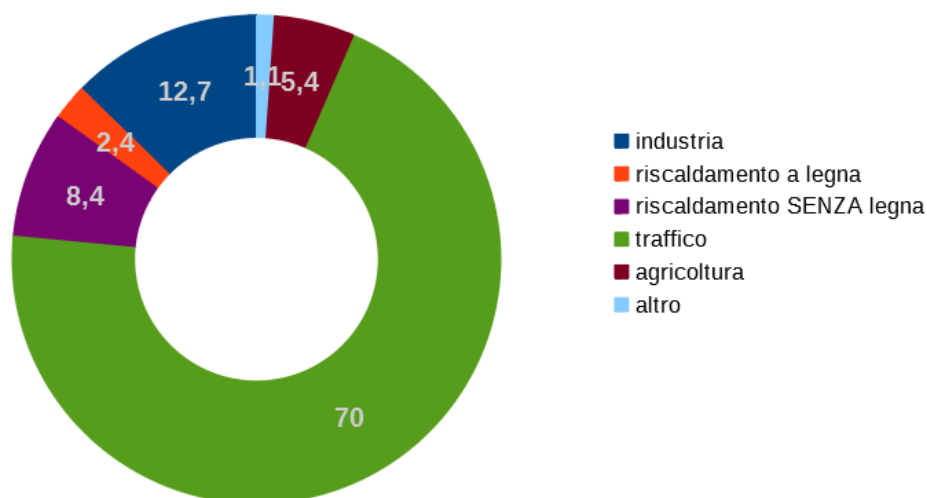
Arpa Piemonte ha sviluppato, a supporto delle azioni della Regione Piemonte sul risanamento atmosferico, il *Source Apportionment modellistico* finalizzato alla individuazione delle principali sorgenti responsabili dell'inquinamento per i principali comuni piemontesi, attraverso sistemi modellistici di chimica e trasporto degli inquinanti e partendo dall'inventario regionale delle emissioni (IREA). I risultati ottenuti sono riportati nel documento "Piano Regionale della Qualità dell'Aria" approvato a giugno 2017 e scaricabile dal sito della Regione Piemonte di cui si riportano alcuni risultati relativi ai comuni dell'area Alessandrina. Il modello tiene conto sia dei contributi da parte delle diverse sorgenti antropiche/naturali, sia degli apporti esogeni ad opera del trasporto dalle regioni confinanti. Nei grafici seguenti, vengono specificati i vari **contributi percentuali alla concentrazione di NOx e PM10 da parte dei diversi gruppi di sorgenti considerate** (combustioni a legna, industria, agricoltura, trasporto stradale, sorgenti diverse) **per la stazione di Alessandria D'Annunzio (TU)**. L'analisi prende in considerazione sia la componente primaria del particolato PM10 sia la componente secondaria, formatasi in atmosfera a seguito di reazioni chimiche a partire da precursori organici e inorganici, anche emessi da sorgenti lontane e trasportati nell'area in esame dalla circolazione atmosferica.

Dalla comparazione delle due figure emerge che **le sorgenti che impattano in maggior misura sulle concentrazioni di particolato PM10 risultano essere il riscaldamento a biomassa mentre per gli ossidi di azoto è il traffico**.

PM10 - composizione percentuale



NO2 composizione percentuale



Analizzando i contributi percentuali dei due grafici emerge che il **riscaldamento a legna** contribuisce per il 60% circa alle emissioni di PM10 mentre contribuisce solo per il 2,4% alle emissioni di NOx. Viceversa il **traffico urbano** contribuisce per il 17,7% alle emissioni di polveri sottili e fino al 70% come emissioni di NOx. Agricoltura e industria contribuiscono anch'esse con quantitativi minori ma affatto trascurabili. Da qui si evince che le misure di riduzione delle emissioni volte al miglioramento della qualità dell'aria, per risultare efficaci, devono essere ponderate valutando tutte le informazioni legate al peso delle varie sorgenti ed essere necessariamente concertate tra i soggetti coinvolti nelle diverse scale territoriali. **Non ci si può quindi limitare ad intervenire su un singolo aspetto (come il traffico, la combustione a biomassa o l'agricoltura) ma è necessario sviluppare un approccio integrato che tenga in considerazione tutti gli aspetti.**

Consulta il PIANO REGIONALE di RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

<https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/aria/piano-regionale-qualita-dellaria-prqa>

MISURE EMERGENZIALI: PROTOCOLLO ANTISMOG

Per contrastare l'inquinamento atmosferico e migliorare la qualità dell'aria le Regioni Piemonte, Lombardia, Veneto e Emilia-Romagna hanno sottoscritto il 9 giugno 2019 un **Accordo di Programma** con il Ministero dell'Ambiente, per la realizzazione congiunta di una serie di misure aggiuntive di risanamento (azioni emergenziali). Questo prevede l'adozione in tutto il bacino padano del **protocollo antismog⁴**, operativo nella stagione invernale dal 1° ottobre al 31 marzo di ogni anno che prevede misure restrittive crescenti su traffico e riscaldamento domestico in caso di ripetuti superamenti del limite giornaliero per le polveri PM10. I dati alla base del protocollo antismog sono i dati giornalieri di particolato PM10 misurati fino al giorno precedente dalle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria con misuratori automatici e i dati giornalieri di particolato PM10 previsti per il giorno in corso e i due successivi da un sistema modellistico di previsione della qualità dell'aria. I dati osservati sono la fonte informativa predominante: i livelli di allerta (semaforo) vengono attivati o revocati sulla base di tali valori. Le previsioni vengono utilizzate per dare dinamicità al protocollo ed evitare di attivare un nuovo livello in concomitanza con il possibile arrivo di condizioni favorevoli alla riduzione dell'inquinamento.

⁴ <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/aria/protocollo-operativo-per-lattuazione-delle-misure-urgenti-antismog>

Mentre nei comuni capoluogo di Provincia/Città metropolitana è disponibile almeno una stazione con un misuratore di PM10 automatico, negli altri Comuni che rientrano nel Protocollo non sempre sono disponibili questi dati. Per ognuno di questi comuni è stato quindi introdotto il concetto di stazione di riferimento- la stazione di riferimento è una stazione (o un'aggregazione di stazioni) i cui dati sono da considerarsi rappresentativi del comune ai fini del protocollo antismog, anche se la stessa non è necessariamente localizzata nel territorio comunale. Per la stagione 2019/2020 il numero dei Comuni chiamati ad attuare le limitazioni previste dal protocollo antismog è ricompreso nell'allegato 2 alla DGR 9 agosto 2019, n. 8-199 (Comuni con n° di abitanti superiore a 20000 che hanno superato uno o più valori limite del PM10 o del biossido di azoto per almeno 3 anni, anche non consecutivi, negli ultimi 5 anni).

Per la Provincia di Alessandria i comuni interessati dal protocollo e le relative stazioni di riferimento della qualità dell'aria sono le seguenti:

- Comune di Alessandria -----> Stazione di Alessandria Volta
- Comune di Casale Monferrato -----> Stazione di Casale Monferrato piazza Castello
- Comune di Tortona -----> Stazione di Tortona Via Don Minzoni
- Comune di Novi Ligure -----> Stazione di Alessandria Volta

I livelli del semaforo sono due:

- un primo livello colore "ARANCIO", dopo 4 giorni misurati di superamento consecutivi del limite giornaliero di 50 microgrammi/m³ delle concentrazioni di PM10;
- un secondo livello colore "ROSSO", dopo 10 giorni misurati di superamento consecutivi del limite giornaliero di 50 microgrammi/m³

Al superamento di tali livelli intervengono le restrizioni alla circolazione o alle temperature massima sul riscaldamento secondo le modalità previste del protocollo e riaggornate annualmente.

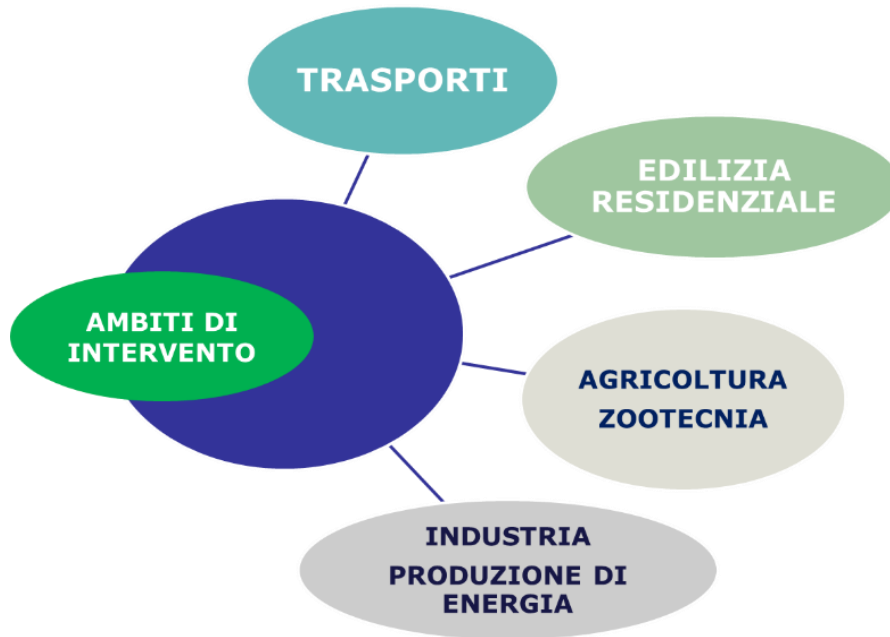
I prodotti erogati da Arpa Piemonte a supporto del protocollo e disponibili sul sito aziendale sono:

- **Report giornaliero sul PM10 a supporto del protocollo operativo antismog** che mostra le concentrazioni giornaliere di PM10 sia misurate automaticamente sia quelle previste per i tre giorni successivi nei comuni chiamati ad attuare le limitazioni previste dal protocollo.
- **Report con i dati giornalieri di particolato PM10 misurati dagli strumenti automatici del SRRQA** (Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria), aggiornato ogni mattina in tempo reale
- **Bollettino delle stime previsionali di PM10** che fornisce le mappe regionali delle stime di concentrazione media giornaliera di PM10 su ciascun comune piemontese per la giornata di emissione ed i due giorni successivi.
- **Bollettino dei dati settimanali di PM10** . il prodotto viene aggiornato ogni martedì e fornisce le stime di concentrazione media giornaliera di PM10, relative alla settimana precedente, sui comuni dell'agglomerato urbano torinese e sui capoluoghi di provincia.

MISURE STRUTTURALI: AZIONI DI RISANAMENTO

Oltre alle misure di carattere emergenziale le regione del bacino padano sono chiamate ad adottare ed attuare una serie di misure strutturali di intervento al fine di rientrare entro i parametri di qualità dell'aria fissati dall'Europa. Si riporta un breve richiamo alle indicazioni circa le **strategie di intervento per il risanamento della qualità dell'aria regionale** contenuti del Piano Regionale di Qualità dell'aria emesso da Regione Piemonte a giugno 2017 a cui si rimanda per i dettagli.⁵

⁵ <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/aria/piano-regionale-qualita-dellaria-prqa>



1 – TRASPORTI

- Incentivazione trasporto pubblico a basso inquinamento e su rotaia
- Incentivazione mobilità elettrica/condivisa
- Sviluppo Aree pedonali/ciclabili
- Drastica limitazione alla circolazione dei veicoli diesel
- Sviluppo PUMS integrati e logistica urbana
- Sviluppo turismo eco-sostenibile
- Disincentivi economici all'uso di veicoli inquinanti
- Low emission zone
- Smart mobility

2- EDILIZIA RESIDENZIALE

- Riqualficazione energetica degli edifici esistenti
- Incentivazione alla autoproduzione di energia elettrica/termica da fonti rinnovabili
- Sviluppo teleriscaldamento
- Drastica limitazione della combustione della legna per riscaldamento soprattutto nelle grandi città
- Incentivazione/ obbligo all'uso di stufe a legna/pellet ad alto rendimento e basso-emissive

3-AGRICOLTURA/ZOOTECCIA

- Divieto ABBRUCIAMENTI di STOPPIE e SFALCI durante il periodo critico per le polveri
- Riduzione emissioni ammoniaca da allevamenti
- Incentivazione agricoltura a basso impatto (limitazione concimi azotati di sintesi)
- Incentivazione al rinnovo dei mezzi agricoli
- Aumento forestazione urbana e periurbana

4-INDUSTRIA/PRODUZIONE ENERGIA

- Incentivazione alla riqualficazione energetica degli edifici industriali
- Incentivazione all'efficientamento energetico dei processi produttivi
- Incentivazione alla autoproduzione di energia elettrica/termica da fonti rinnovabili
- Sviluppo teleriscaldamento/cogenerazione
- Riduzione uso solventi organici
- Utilizzo dei Bilanci ambientali positivi e delle BAT

7.2 INFLUENZA DEL FATTORE ATMOSFERICO SULLE CONCENTRAZIONI DI INQUINANTI

Come è noto il bacino padano risente fortemente del ristagno di aria al suo interno e conseguente accumulo di inquinanti per via della sua conformazione orografica che determina una scarsa ventilazione e per le sue caratteristiche meteo-climatiche che producono, soprattutto in inverno, condizioni di forte stabilità atmosferica e conseguente scarsa diluizione degli inquinanti. La forzante atmosferica risulta essere la variabile che maggiormente influenza gli andamenti stagionali degli inquinanti che proprio per effetto di questa si concentrano al suolo molto più in inverno rispetto alle altre stagioni. Lo strato di atmosfera vicino al suolo dove si disperdono gli inquinanti (strato di rimescolamento atmosferico) non ha infatti una altezza fissa ma varia da poche decine di metri in inverno a qualche chilometro in estate permettendo così una maggior diluizione delle sostanze inquinanti nella stagione calda. Esso varia inoltre anche dal giorno alla notte dove, in assenza della radiazione solare, l'atmosfera ed il suolo si raffreddano dando luogo al fenomeno della inversione termica per cui si forma uno strato di rimescolamento notturno più basso di quello diurno.

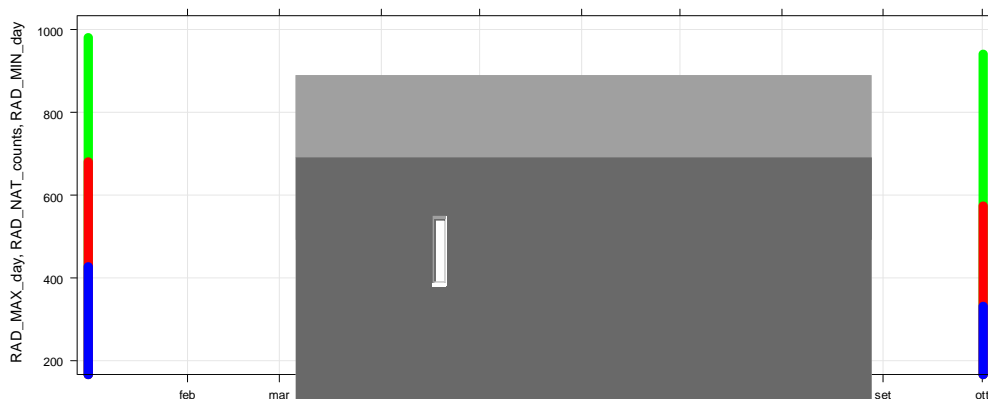
E' utile quindi effettuare una valutazione su quanto questo effetto atmosferico pesi sulla concentrazione di inquinanti stagionale. Tale stima può essere fatta indirettamente attraverso la misura della radioattività naturale che "misura" indirettamente la capacità di diluizione della atmosfera. La radioattività naturale è presente in aria a concentrazioni basse e non pericolose ed esalata con un rateo costante dal suolo tramite il gas radon. La sua concentrazione varia unicamente in funzione dell'altezza della porzione di atmosfera dove si accumulano gli inquinanti (strato di rimescolamento atmosferico).⁶ Più il livello di radioattività è alto, maggiore è la concentrazione al suolo degli inquinanti per effetto delle condizioni atmosferiche.

Le misure di radioattività naturale sono rilevate dal campionatore automatico di polveri SWAM Dual Channel Monitoring Hourly Mode prodotto dalla FAI instruments s.r.l. presente nella stazione di fondo urbano di Alessandria-Volta. Lo strumento campiona su base oraria il materiale particolato, sul quale fissa la progenie del Radon e, tramite un contatore Geiger-Muller, ne determina la radioattività, fornendo per ogni giorno 24 medie orarie di PM10, PM2.5 e radioattività naturale (misurata in conteggi/minuto).

Il grafico delle medie orarie di PM10-PM2,5 e radioattività naturale evidenzia la similarità di andamento guidata dalle condizioni atmosferiche.

Come si è detto i valori di radioattività minimi (linea blu), medi (linea rossa) e massimi (linea verde) nelle quattro stagioni variano solo per effetto della variazione dello strato di rimescolamento atmosferico: quando lo strato rimescolato è molto basso la radioattività sale e viceversa.

radioattività naturale 2019 MEDIA_MIN_MAX STAGIONALE (counts/min)

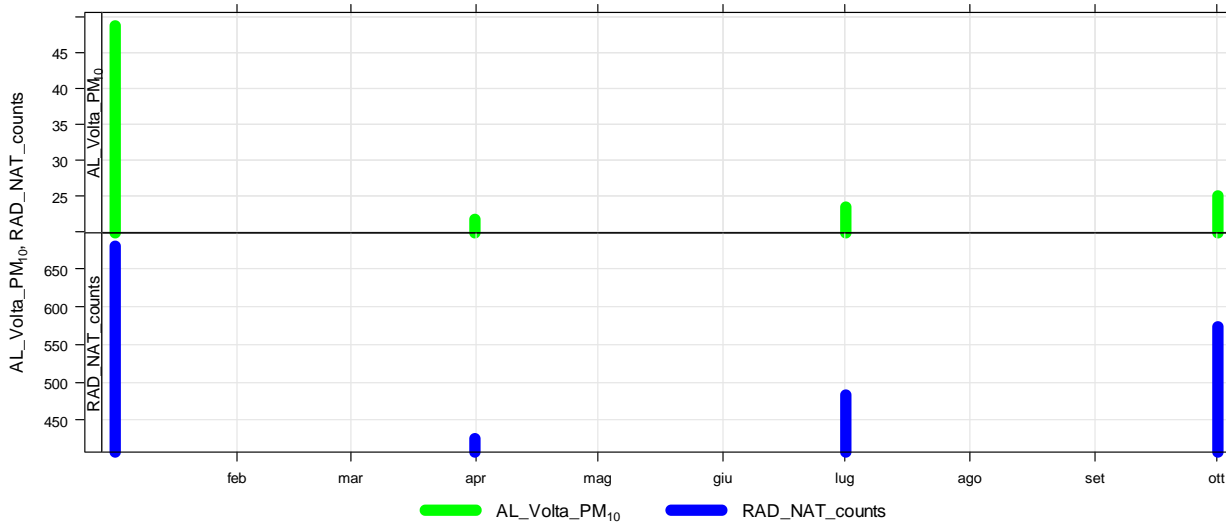


⁶ "OUTDOOR RADON CONCENTRATION MEASUREMENTS: SOME CONSIDERATIONS" by M. Magnoni, L. Erbetta - Radiation Protection Dosimetry, Volume 137, Issue 3-4, December 2009, Pages 332-335

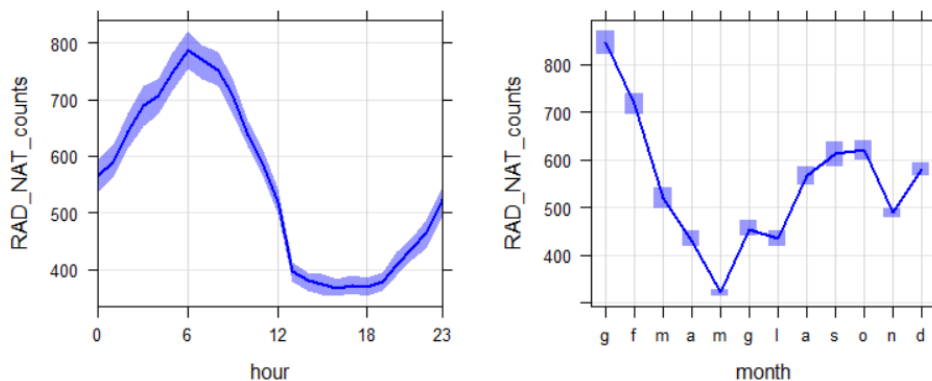
; M. Magnoni; L. Erbetta - Radiation Protection

Similmente si comportano gli inquinanti come le polveri sottili che si concentrano al suolo, a parità di sorgenti, per effetto dell'abbassamento dello strato di rimescolamento atmosferico, cosa che avviene soprattutto in inverno come evidenzia il grafico sotto: le polveri passano da circa 10-20microgrammi/m³ in estate a circa 59 microgrammi/m³ come media invernale e la radioattività passa da 400-500 counts/min in estate a 700 circa in inverno.

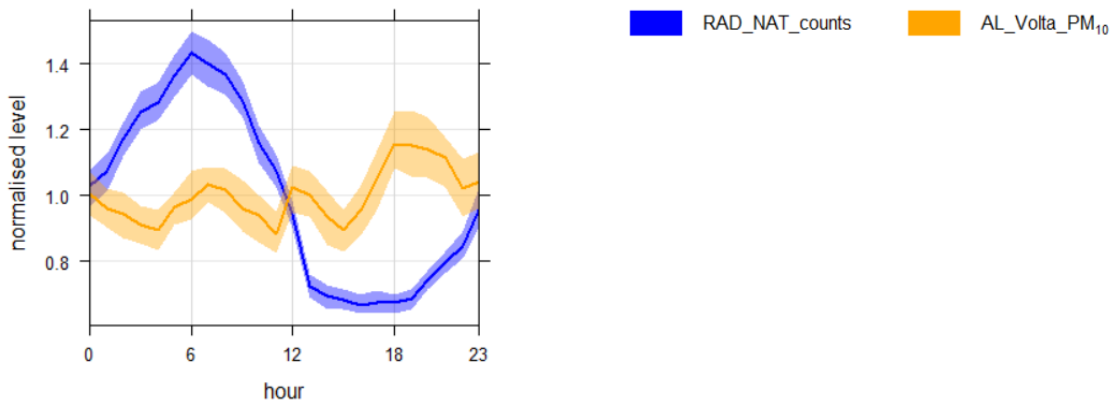
radioattività naturale 2019 MEDIA STAGIONALE RADIOATTIVITA' e PM10



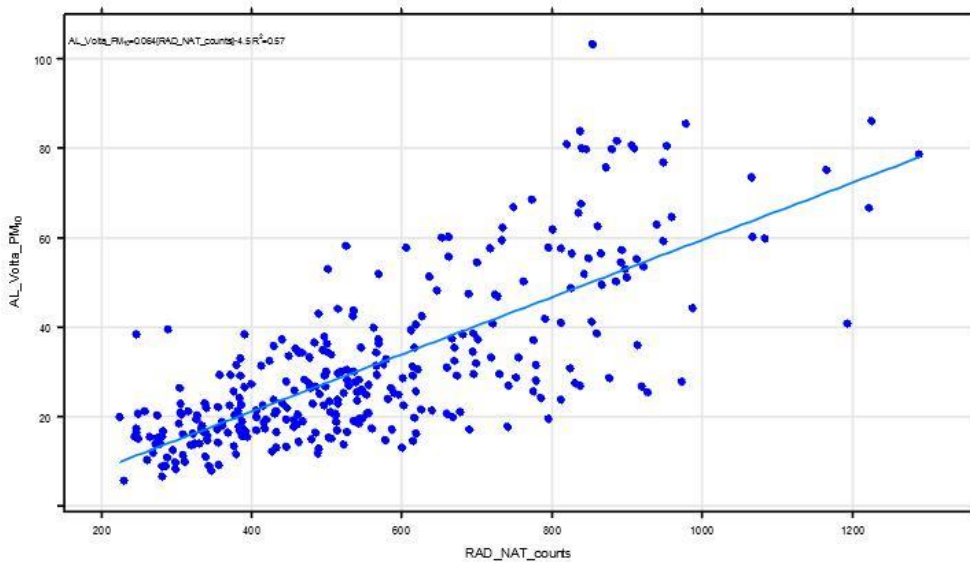
La variazione stagionale e giorno/notte della radioattività naturale come stima indiretta dell'andamento dello strato di rimescolamento è riportata nel grafico seguente riferito all'anno solare 2019. Come si nota la variabilità è notevole in entrambi i casi. La differenza giorno/notte spiega l'accumulo degli inquinanti nelle ore notturne fino al primo mattino, soprattutto in inverno, in ore in cui l'assenza di attività umane dovrebbe far presumere un abbassamento dei livelli. La differenza estate/inverno influisce sulla drastica riduzione degli inquinanti nella stagione calda.



Gli andamenti delle polveri comparati con quelli della radioattività sulle ore del giorno evidenziano gli effetti dell'atmosfera: i livelli di PM10 mostrano un primo picco delle 6 dovuto all'effetto atmosferico concomitante con il picco di radioattività, un secondo ed un terzo alle 12 e alle 18 legato essenzialmente alle attività umane. Verso la mezzanotte e per tutto il primo mattino i livelli di PM10 risalgono per effetto dello schiacciamento atmosferico.

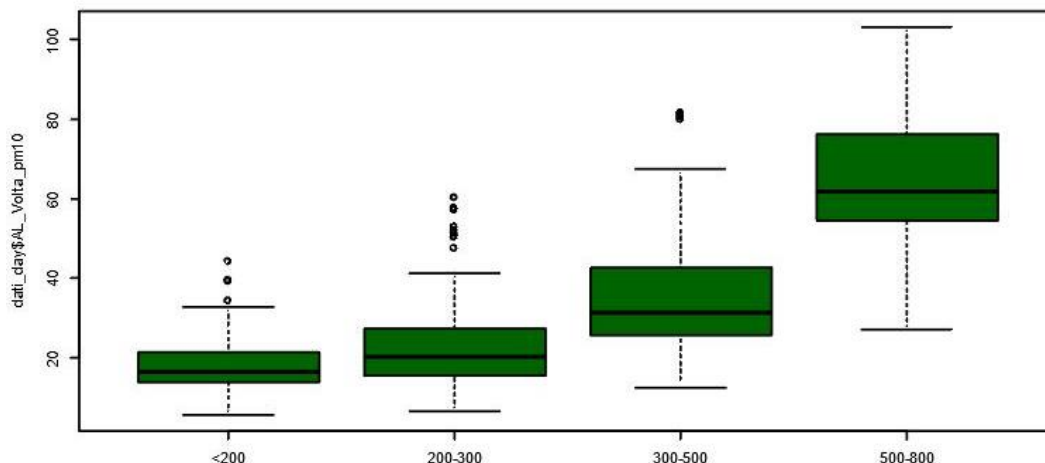


Tra valori giornalieri di Pm10 e radioattività naturale sussiste una buona correlazione ($R^2=0,57$). Ancora migliore la correlazione tra i dati medi mensili ($R^2=0,67$)

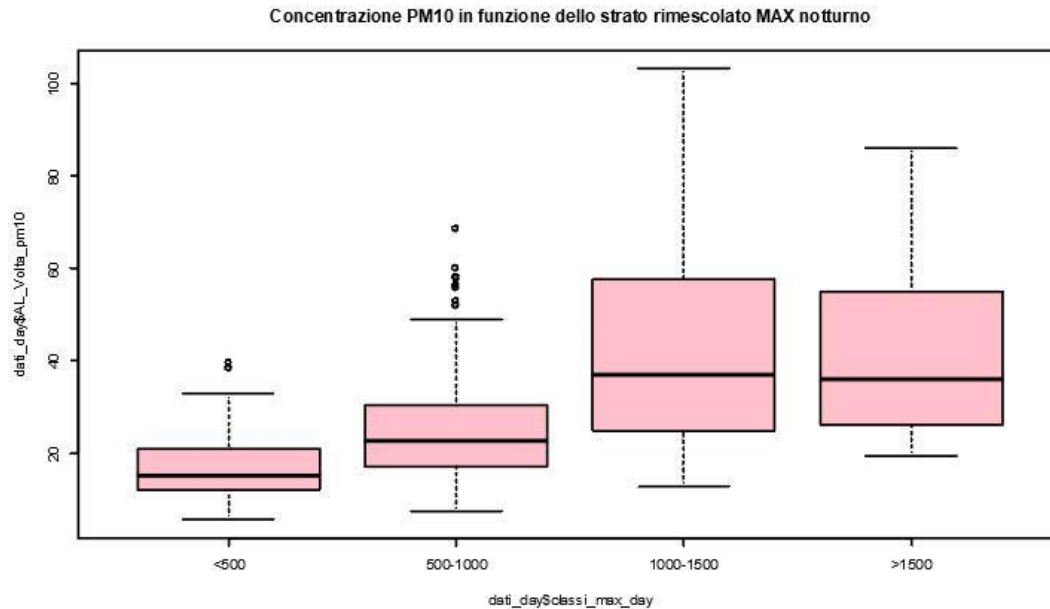


I box plot suddivisi in funzione della radioattività crescente evidenziano come insieme a questa crescano anche le polveri. Il primo box plot suddivide le polveri sulla base del minimo diurno di radioattività che corrisponde alla massima altezza dello strato di rimescolamento diurno. La radioattività varia approssimativamente di un fattore 4 (da 200 a 800 counts/min), mentre le polveri aumentano come valore mediano da 20 a 60.

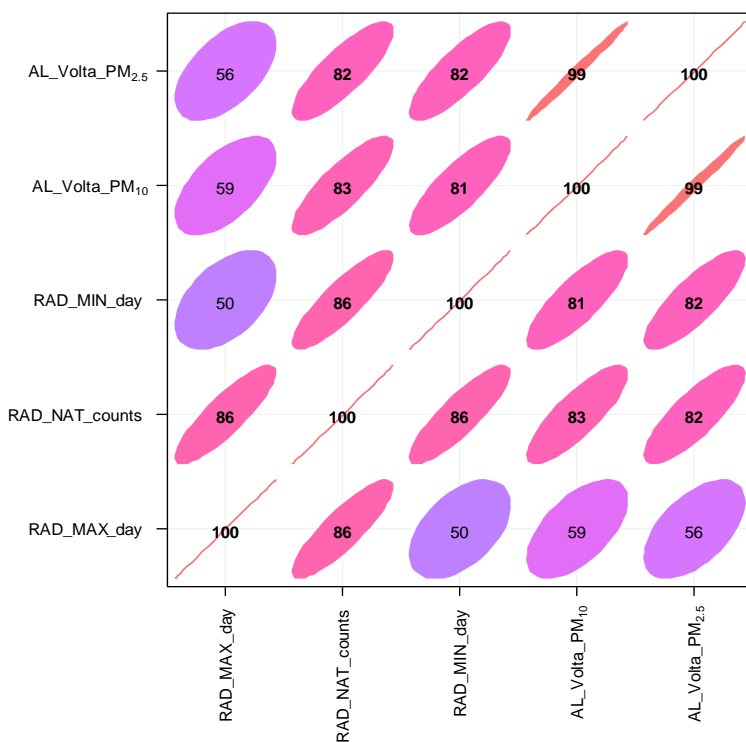
Concentrazione PM10 in funzione dello strato rimescolato MIN diurno



Analogamente considerando il box plot delle PM10 in funzione delle classi del massimo notturno della radioattività, che corrisponde alla minima altezza dello strato di rimescolamento notturno, questa varia approssimativamente di un fattore 3 (da 500 a 1500 counts/min), mentre le polveri aumentano come valore mediano da 15 a 35 circa.



Facendo una matrice di correlazione tra le concentrazione medie mensili di polveri e quelle di radioattività si ottiene la seguente matrice di correlazione in cui all'interno delle ellissi compare il fattore R di correlazione dove è evidente la correlazione ottima tra le medie mensili delle medie giornaliere di radioattività (RAD_NAT) e la media mensile dei minimi giornalieri di radioattività (RAD_MIN_day), meno buona la correlazione tra polveri e media mensile dei massimi giornalieri di radioattività (RAD_MAX_day).

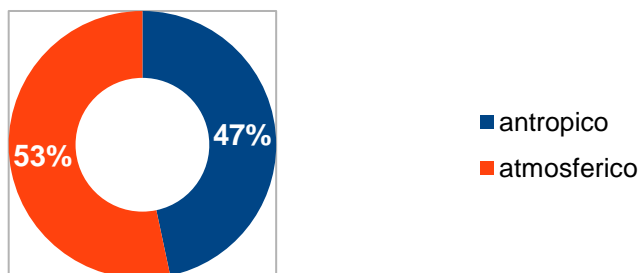


Considerando quindi le due variabili meglio correlate con le polveri, ovvero la media mensile delle medie giornaliere di radioattività (RAD_NAT) e la media mensile dei minimi giornalieri di radioattività (RAD_MIN_day), possiamo individuare un "fattore di arricchimento" degli inquinanti tra estate e inverno, desumendo la parte legata all'effetto atmosferico dal rapporto inverno/estate dei dati di radioattività naturale che meglio si correla con le polveri. Abbiamo i seguenti rapporti riportati in tabella: dunque esiste un fattore di arricchimento legato all'effetto atmosferico presumibilmente attorno a 1.6 -1.7. I fattori di arricchimento delle polveri sono comprensibilmente maggiori perché su di essi incide anche il fattore legato alle attività umane (traffico, riscaldamento) che in estate si riducono.

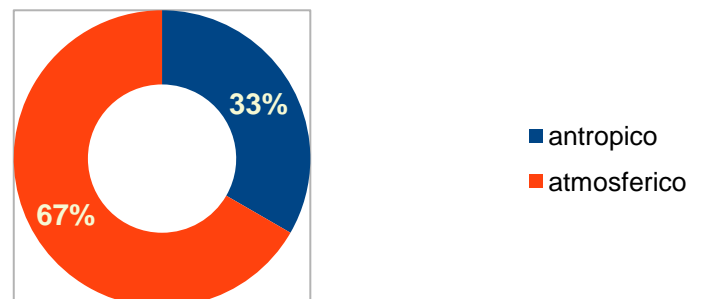
| RAPPORTO INVERNO/ESTATE come concentrazioni stagionali | |
|--|------|
| Radioattività naturale media | 1,62 |
| Radioattività naturale media dei minimi giornalieri | 1,72 |
| PM10 media | 2,4 |
| PM2,5 media | 3,0 |

Quindi volendo distinguere i fattori di arricchimento inverno/estate delle polveri PM10, pari a 2.4, e della polveri PM2.5 pari a 3.0, possiamo ipotizzare che una parte, di circa 1.6 sia legato all'effetto atmosferico e la restante parte, rispettivamente di 0.8 e 1.4 sia legata alle attività umane (trasporti e riscaldamento) che in inverno contribuiscono all'aumento delle concentrazioni di polveri sottili.

Fattori di aumento del PM25 tra estate e inverno

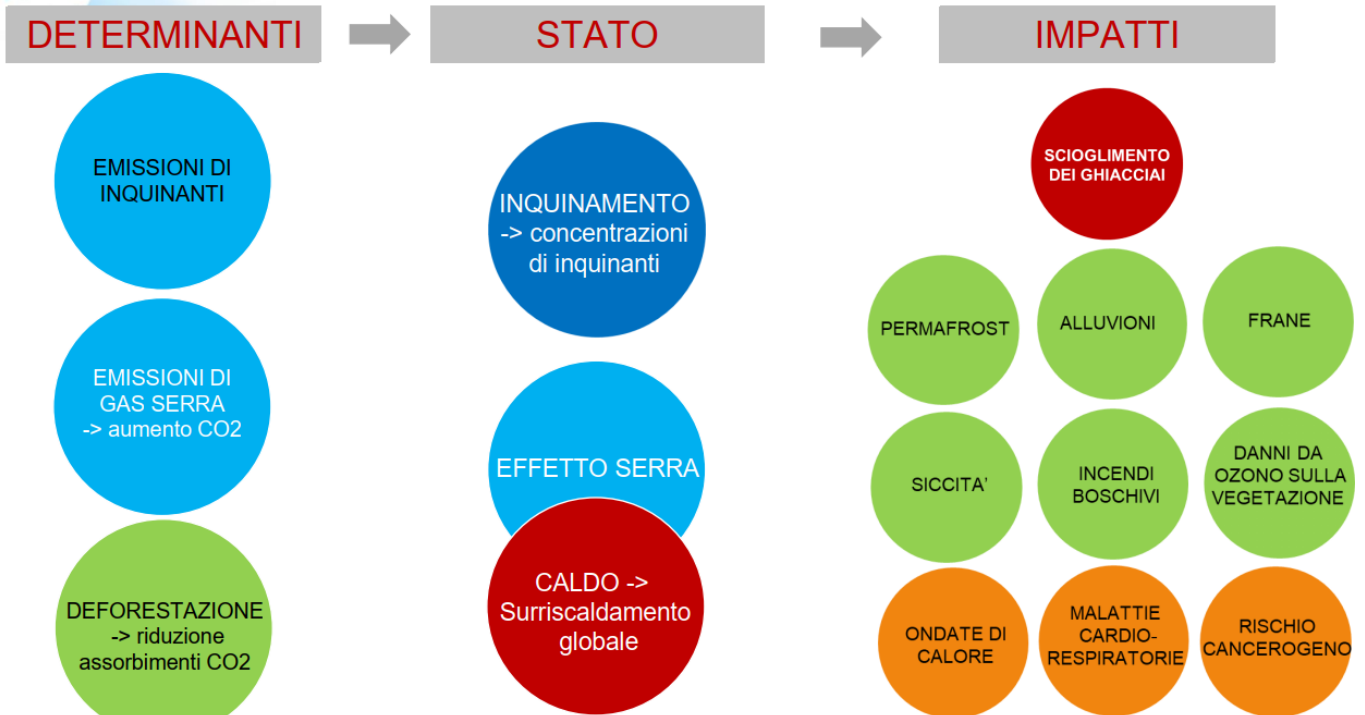


Fattori di aumento del PM10 tra estate e inverno



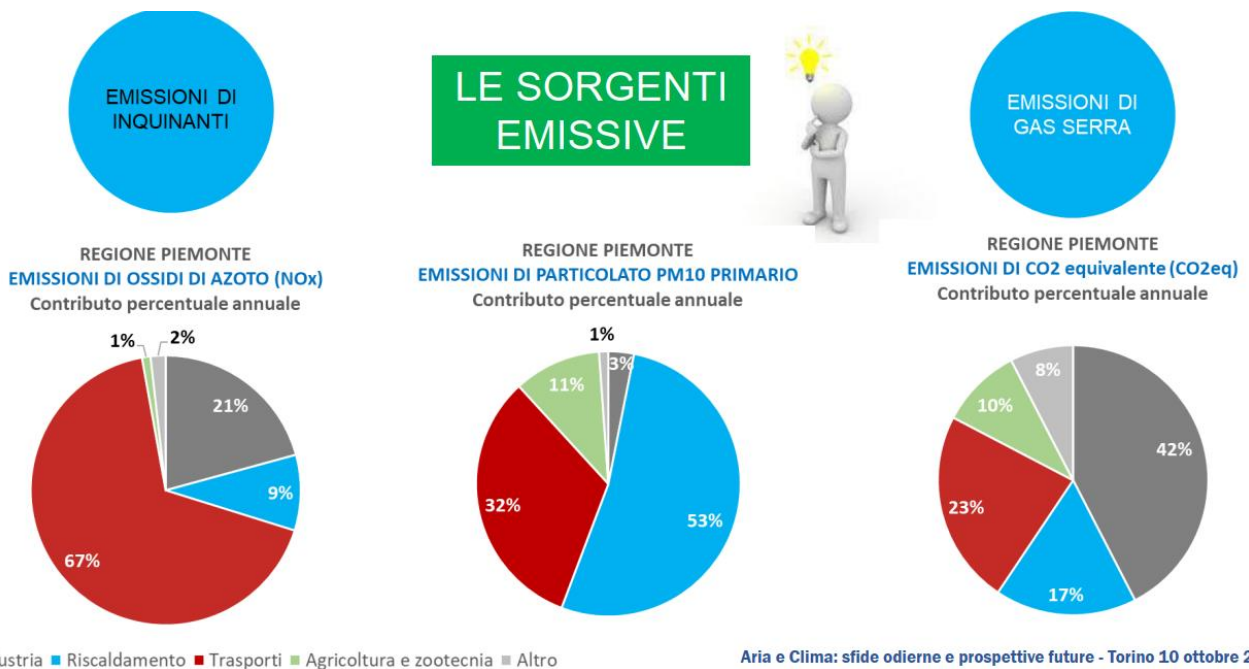
7.3 INQUINAMENTO E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici sono due facce della stessa medaglia dal momento che hanno origine comune nelle emissioni antropiche di inquinanti in atmosfera. Per questo motivo le politiche di contrasto/mitigazione nei confronti dei due fenomeni devono necessariamente essere di tipo "WIN-WIN" ovvero si devono elaborare strategie comuni e sinergiche di azione.



Aria e Clima: sfide odierne e prospettive future - Torino 10 ottobre 2019

Occorre agire anzitutto riducendo le emissioni delle fonti comuni che sono: i settori produttivi compresa la produzione e smaltimento dei rifiuti urbani, il riscaldamento domestico, il traffico e l'agricoltura.



Aria e Clima: sfide odierne e prospettive future - Torino 10 ottobre 2019

Considerando gli inquinanti da tenere maggiormente sotto controllo per contrasto a inquinamento e surriscaldamento autorevoli studi nazionali e internazionali citano:⁷

- ✓ OZONO che oltre ad essere un inquinante atmosferico dannoso per l'uomo e la vegetazione, producendo danni ingenti all'agricoltura con perdite di raccolto stimate di più di 10 miliardi di dollari ogni anno. è anche annoverato tra i gas a effetto serra
- ✓ BLACK CARBON, presente nel particolato fine come frutto delle combustioni, è tra gli inquinanti atmosferici più dannosi per la salute umana ed ha un effetto di riscaldamento sul clima
- ✓ METANO, che non ha un effetto diretto sull'uomo ma è un precursore dell'ozono oltre che un potente gas a effetto serra

Le caratteristiche di questi inquinanti sono quelle di essere gas serra a vite medio-breve che quindi possono essere rimossi dalla atmosfera piuttosto rapidamente riducendo le sorgenti con il duplice beneficio di migliorare la salute umana e frenare il surriscaldamento.

| Composto | Tempo di permanenza in atmosfera | Effetti sulla salute e gli ecosistemi | Effetti sul clima |
|---|----------------------------------|--|---------------------------------|
| Biossido di carbonio (CO ₂) | Secoli | Acidificazione dell'oceano, fotosintesi | Riscaldamento |
| Metano (CH ₄) | 8 anni | Precursore di O ₃ | Riscaldamento |
| Ozono (O ₃) | 1 mese | Danni alla salute e alla vegetazione | Riscaldamento |
| Biossido di zolfo (SO ₂) | 1 settimana | Danni alla salute, acidificazione degli ecosistemi | Precursore di PM raffreddamento |
| Ossidi di azoto (NO _x) | 1 settimana | Danni alla salute, precursore di O ₃ effetti sugli ecosistemi | Precursore di PM raffreddamento |
| Ammoniaca (NH ₃) | 1 settimana | Acidificazione degli ecosistemi, eutrofizzazione delle acque | Precursore di PM raffreddamento |
| Black carbon (BC) | 1 settimana | Danni alla salute | Riscaldamento |
| Composti organici volatili (VOC) | Variabile | Danni alla salute, precursori di O ₃ | Precursori di O ₃ |

Tabella riprodotta da "Qualità dell'aria e cambiamenti climatici: due facce della stessa medaglia", Facchini-Fuzzi, ISAC_CNR, Ingegneria dell'Ambiente, 4/2017

Le risposte devono quindi necessariamente agire su entrambi gli aspetti, riducendo ed essere efficaci e tempestive. Tra le azioni di mitigazione che soddisfano questi requisiti si citano:

- efficientamento energetico degli edifici
- azioni di riforestazione urbana ed implementazione del verde urbano
- produzione di energia da fonti rinnovabili
- drastica riduzione dei veicoli diesel e implementazione di mobilità sostenibile
- drastica riduzione della combustione della legna
- riduzione/recupero/riciclo dei rifiuti
- riduzione degli allevamenti intensivi e del consumo di carne
- agricoltura a basso impatto ambientale

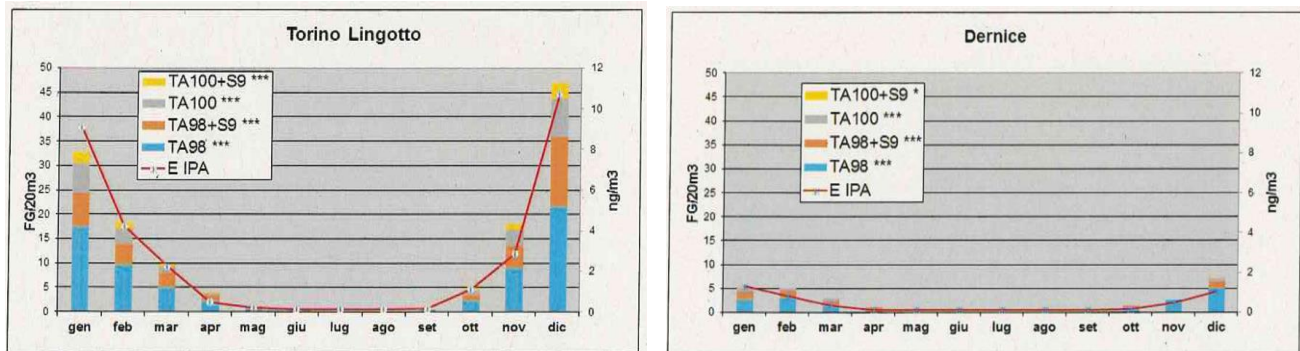
⁷ <https://www.iass-potsdam.de/en/output/dossiers/air-pollution-and-climate-change>

"Qualità dell'aria e cambiamenti climatici: due facce della stessa medaglia", Facchini-Fuzzi, ISAC_CNR, Ingegneria dell'Ambiente, 4/2017

7.4 STUDIO DI MUTAGENESI SUL PARTICOLATO ATMOSFERICO

Da alcuni anni Arpa Piemonte effettua dei test specifici (Tesi di Ames) per valutare il potenziale di mutagenicità del particolato atmosferico ultrafine PM_{2,5}, classificato dallo IARC cancerogeno per l'uomo ovvero per valutare se le sostanze chimiche da esso veicolate possano produrre alterazioni del DNA. I risultati evidenziano la presenza di attività mutagena del particolato atmosferico PM_{2,5} in corrispondenza dei periodi in cui il particolato è più elevato, mentre risulta assente in estate. La mutagenesi inoltre si riscontra particolarmente per il particolato proveniente dalle stazioni urbane, ricco di IPA e altre sostanze tossiche, mentre è molto ridotta se non assente per il particolato campionato in siti rurali.

Di seguito alcuni grafici che evidenziano la correlazione tra IPA presenti nel particolato atmosferico della città di Torino e presenza di effetti di mutagenesi. Lo stesso grafico relativo al particolato campionato nel sito rurale di Dernice (AL) mostra le nette differenze.



Il fattore FG di genotossicità, quale indice complessivo di mutagenesi, è stato valutato per i vari siti di provenienza del particolato in questa tabella

| classe | negativo | | | | | fortemente Positivo | | | | | | |
|----------------|----------|--------|---------|----------|------|---------------------|-----|-----|------|-----|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | |
| range FG | 0-0,99 | 1-3,99 | 4-11,99 | 12-39,99 | >=40 | | | | | | | |
| 20m3/piastra | GEN | FEB | MAR | APR | MAG | GIU | LUG | AGO | SET | OTT | NOV | DIC |
| AL - Dernice | 5,2 | 5,1 | 3,0 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,5 | 2,7 | 7,4 |
| TO - Lingotto | 32,8 | 18,25 | 9,9 | 4 | 1,1 | 0,2 | 0 | 0 | 0,37 | 4,8 | 18,2 | 47,0 |
| Settimo T.se | 27,1 | 25,1 | 14,7 | 6,6 | 2,5 | 0 | 0 | 0 | 1,43 | 9,2 | 14,7 | 25 |
| Beinasco - TRM | 22,6 | 16,4 | 14,8 | 3,0 | 2,1 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 0,6 | 7,8 | 17,7 | 29,2 |
| AT.- Vinchio | 13,4 | 13,7 | 11,6 | 3,5 | 0,9 | 0,5 | 0,0 | 0,0 | 0,3 | 3,7 | 15,8 | 36,9 |

Per maggior informazione consultare il testo completo della relazione di Arpa Piemonte "Valutazione della mutagenicità del PM_{2,5} – Dati 2018" scaricabile al link:

https://www.arpa.piemonte.it/arpa-comunica/file-notizie/2019/relazione-mutagenesi-2018.pdf/at_download/file