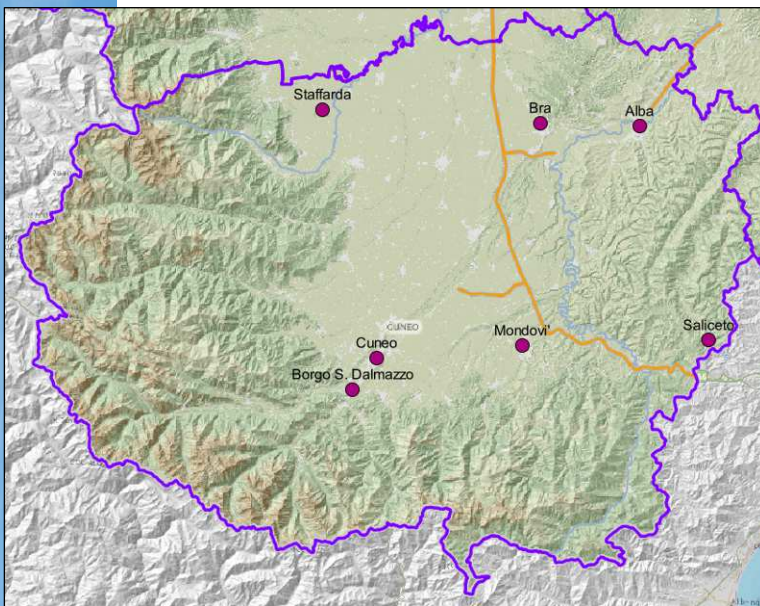


## DIPARTIMENTO PROVINCIALE DI CUNEO



## MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

**ANNO 2014**

## TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO



**MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA**

**SUL**

**TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO**

**ANNO 2014**

***ARPA Piemonte Dipartimento Provinciale di Cuneo - Responsabile Silvio Cagliero***

**Testi ed elaborazioni a cura di:**

Luisella Bardi, Sara Martini

***Per la gestione tecnica della rete di monitoraggio hanno collaborato:***

*Maurizio Battezzore, Luisella Bardi, Cinzia Bianchi, Enrico Brizio, Flavio Corino, Sara Martini, Luca Pascucci, Aurelio Pellutiè, Marco Tosco*

**Le determinazioni analitiche dei metalli e degli IPA sono state realizzate da:**

Laboratorio del Dipartimento Provinciale Arpa di Torino - Sede di Grugliasco

**Le analisi meteo climatiche relative alla regione Piemonte, i dati della rete meteorologica regionale e il coordinamento della Rete Regionale della Qualità dell'Aria e del Sistema regionale di monitoraggio meteorologico sono a cura della:**  
Struttura complessa Sistemi Previsionali

Giugno 2015

# Indice

<b>PREFAZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>LA RETE DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>4</b>
<b>GLI INQUINANTI.....</b>	<b>8</b>
<b>CONDIZIONI METEOCLIMATICHE DELL'ANNO 2014.....</b>	<b>19</b>
<b>GLI INQUINANTI NEL PERIODO 2002 ÷ 2014 .....</b>	<b>21</b>
MATERIALE PARTICOLATO .....	21
PM <sub>10</sub> .....	21
PM <sub>2.5</sub> .....	36
BIOSSIDO DI AZOTO – NO <sub>2</sub> .....	38
OZONO – O <sub>3</sub> .....	48
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO <sub>2</sub> .....	52
BENZENE E MONOSSIDO DI CARBONIO.....	53
I METALLI PESANTI: PIOMBO, ARSENICO, CADMIO E NICHEL.....	55
BENZO(A)PIRENE .....	58
<b><i>SUPERAMENTI NELL'ANNO 2014.....</i></b>	<b>60</b>

## Prefazione

Come avviene ormai dall'inizio dell'attivazione della rete di monitoraggio della qualità dell'aria, annualmente il Dipartimento provinciale ARPA di Cuneo fornisce un'analisi dei risultati prodotti dalle stazioni della rete provinciale.

Al momento della redazione di questo lavoro erano disponibili i dati delle concentrazioni degli inquinanti dei primi cinque mesi del 2015 che, sebbene preliminari e non ancora sottoposti a tutte le fasi di validazione e certificazione, sono stati inseriti nelle elaborazioni eseguite per valutare le evoluzioni nel tempo degli inquinanti. Per quanto riguarda gli indicatori previsti dalla normativa ed i relativi confronti con i valori limite, sono stati analizzati i dati dell'ultima annualità completa, il 2014, aggiornando il confronto con gli anni precedenti.

Questo documento è articolato in quattro parti. Nel primo capitolo si descrive la rete di monitoraggio provinciale, la dotazione strumentale ed i principali cambiamenti che si sono verificati nel corso dell'ultimo anno in seguito al programma di revisione regionale; nel secondo capitolo vengono illustrati, sottoforma di schede, le principali informazioni relative agli inquinanti della qualità dell'aria. Un terzo capitolo, il cui contenuto è stato estratto dal lavoro della Struttura Sistemi Previsionali dell'Arpa Piemonte, è stato inserito per illustrare le principali condizioni meteo climatiche dell'anno 2014 che possono aver influenzato i livelli degli inquinanti. Il capitolo quarto riporta l'analisi dei risultati: presentate sottoforma di grafici le risultanze acquisite nell'ultimo anno vengono confrontate con quelle degli anni precedenti.

Gli inquinanti considerati sono stati:

Materiale Particolato - PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>

Biossido di azoto - NO<sub>2</sub>

Ozono – O<sub>3</sub>

Biossido di zolfo – SO<sub>2</sub>

Benzene e Monossido di carbonio – CO

Metalli pesanti: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

Benzo(a)pirene

Un paragrafo conclusivo riporta una tabella riassuntiva che illustra per il 2014 il rispetto o meno dei limiti normativi di tutti gli inquinanti monitorati.

I dati del 2014 di SO<sub>2</sub>, CO, benzene e metalli pesanti confermano come le concentrazioni di questi inquinanti siano ormai stabilizzate su valori molto bassi e rispettino ampiamente i limiti stabiliti dalla norma. La concentrazione media annuale di benzo(a)pirene relativa al sito di Saliceto si mantiene la più elevata tra le stazioni di rilevamento provinciale e ha raggiunto, senza questa volta superarlo, il valore limite; data la variabilità riscontrata negli anni non si ritiene che la criticità locale, verosimilmente determinata dal diffuso uso della legna per il riscaldamento, sia stabilmente risolta.

Per gli inquinanti più critici non solo a livello regionale, ma europeo, ovvero il materiale particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>), gli ossidi di azoto e l'ozono, il 2014 rappresenta tra le annualità complete di dati finora ottenute, un minimo storico.

Per l'ozono, inquinante tipicamente estivo, sebbene il rispetto dei limiti normativi rimanga ancora disatteso, il numero dei superamenti è stato inferiore rispetto agli anni precedenti,

Per quanto riguarda le polveri sottili, nel 2014 le concentrazioni sono diminuite su tutto il territorio provinciale, scendendo al di sotto dei minimi raggiunti negli anni precedenti e confermando il rispetto del limite sulla media annuale in tutta la provincia; il numero medio di superamenti del limite giornaliero si è ridotto del 30% rispetto al 2013 e del 53% rispetto all'anno 2012.

Anche gli indicatori stabiliti dalla norma per il biossido di azoto, inferiori ai limiti dal 2008, nel 2014 hanno registrato un'importante riduzione.

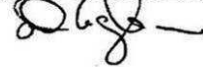
Come elemento di rilevante interesse che emerge dalla relazione tecnica che con queste righe si presenta si evidenzia che il minimo storico per l'inquinamento atmosferico che è stato registrato nel 2014 è stato fortemente condizionato dalle condizioni meteorologiche. Ciò è avvenuto anche su scala spaziale molto più ampia di quella della nostra provincia grazie in particolare alle frequenti precipitazioni ed alla minor occorrenza di periodi favorevoli all'accumulo degli inquinanti che hanno caratterizzato il 2014.

L'insieme delle analisi condotte, che sui primi mesi del 2015 mostrano un'inversione di tendenza, ci portano pertanto a concludere che per poter proseguire nella riduzione dei livelli dell'inquinamento occorrerà realizzare sempre più in modo omogeneo e congiunto misure di contrasto all'inquinamento atmosferico in tutto il Bacino Padano prestando molta attenzione ai precursori degli inquinanti secondari (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, COVNM, NH<sub>3</sub>).

Dipartimento Provinciale Arpa di Cuneo

Il Dirigente Responsabile

Dr. Silvio CAGLIERO



## La rete di monitoraggio

Il monitoraggio degli inquinanti nell'aria ambiente è individuato, a livello comunitario, come strumento di conoscenza e "sorveglianza" della qualità dell'aria, al fine della prevenzione dell'inquinamento atmosferico a tutela della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso. Esso risulta indispensabile strumento conoscitivo utile all'individuazione degli interventi prioritariamente necessari per il risanamento, nonché quale mezzo per monitorare gli effetti delle azioni di miglioramento intraprese dalle amministrazioni.

La Regione Piemonte con la L.R 43/2000, indicante le disposizioni *"finalizzate al controllo della qualità dell'aria, per il miglioramento della qualità della vita, per la salvaguardia dell'ambiente e delle forme di vita in esso contenute sul territorio regionale"*, ha disposto l'istituzione del *"sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria"* a cui appartengono le stazioni di monitoraggio site nel nostro territorio provinciale.

La collocazione territoriale delle stazioni di misura e la tipologia di parametri monitorati in ognuna di esse discende dai criteri indicati dalle norme nazionali, in recepimento di direttive comunitarie, finalizzati ad ottenere informazioni sufficienti e rilevanti, ma non ridondanti, tali da garantire la rappresentatività dei dati rilevati in ordine alle diverse condizioni di qualità dell'aria riscontrabili sull'intero territorio monitorato.

Per illustrare le caratteristiche specifiche delle stazioni e dei siti monitorati sul territorio della provincia di Cuneo, di seguito sono fornite alcune definizioni riportate nell'allegato III del Decreto legislativo n.155 del 2010:

- a) **stazioni di misurazione di traffico:** stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta
- b) **stazioni di misurazione di fondo:** stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.) ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito
- c) **stazioni di misurazione industriali:** stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe
- d) **siti fissi di campionamento urbani:** siti fissi inseriti in aree edificate in continuo o almeno in modo predominante
- e) **siti fissi di campionamento suburbani:** siti fissi inseriti in aree largamente edificate in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate
- f) **siti fissi di campionamento rurali:** siti fissi inseriti in tutte le aree diverse da quelle di cui alle lettere d) ed e). Il sito fisso si definisce rurale remoto se è localizzato ad una distanza maggiore di 50 Km dalle fonti di emissione



Nel luglio 2011 la Regione Piemonte, a partire dalla normativa vigente, ha redatto il “Programma di valutazione della qualità dell’aria – Luglio 2011” e sulla base di questo ha aggiornato il progetto di “Revisione del sistema regionale di rilevamento della qualità dell’aria”, redatto nel 2007 e integrato negli anni 2008-2010 alla luce degli obblighi di rilevamento introdotti dalla direttiva 2008/50/CE.

Il processo di revisione della rete regionale ha determinato con la fine del 2013 lo spostamento della centralina di Mondovì da Largo Marinai d’Italia a via di Borgo Aragno dove è diventata rappresentativa di una zona di “traffico-urbana” e l’attivazione, a partire dal gennaio 2014, della centralina di Staffarda nel comune di Revello rappresentativa di una zona di “fondo-rurale”; ha inoltre stabilito la chiusura della stazione di Borgo San Dalmazzo al 31 dicembre 2014.

La tabella sottostante mostra le centraline della rete provinciale di rilevamento, nella configurazione attiva nel 2014, fornendone le caratteristiche di rappresentatività.

Comune	Tipologia stazione	Caratteristiche zona di campionamento	Tipo emissioni	località	
Alba	fondo	urbana	residenziale commerciale industriale	Via Tanaro (nei pressi del mercato ortofrutticolo)	
Borgo San Dalmazzo	traffico	urbana	residenziale commerciale industriale	Via Giovanni XXIII	
Bra	traffico	urbana	industriale residenziale	Viale Madonna dei Fiori	
Cuneo	fondo	urbana	residenziale commerciale	Piazza Il Reggimento Alpini	
Mondovì	traffico	urbana	industriale residenziale	Via di Borgo Aragno angolo Via Torino	



Saliceto	fondo	rurale	residenziale	Via Monsignor G. Moizo	
Staffarda	fondo	rurale	agricola	Via Cascinetta	

Tabella 1) Le centraline della rete fissa provinciale della qualità dell'aria

I parametri monitorati nelle stazioni, durante l'anno 2014, sono stati i seguenti:

	Ozono O <sub>3</sub>	Ossidi di Azoto NO <sub>x</sub>	Monossido di Carbonio CO	Biossido di Zolfo SO <sub>2</sub>	Benzene Toluene Xileni BTX	Materiale particolato PM <sub>10</sub>	Materiale particolato PM <sub>2,5</sub>	IPA e Metalli	Biossido di Carbonio CO <sub>2</sub>
Alba	X	X	X		X	X		X	
Borgo San Dalmazzo		X		X		X		X	X
Bra		X	X			X		X	
Cuneo	X	X	X	X	X	X	X	X	
Mondovì		X	X		X	X	X	X	
Saliceto	X	X				X		X	
Staffarda	X	X					X		

Tabella 2) Gli inquinanti misurati dalla rete fissa provinciale della qualità dell'aria

Le misure degli inquinanti sono prodotte da strumentazioni a funzionamento continuo basate su principi chimico-fisici, interfacciate con sistemi di acquisizione, elaborazione e trasmissione dati, che consentono una disponibilità del dato in "tempo reale".

Ciò ad esclusione delle misure di materiale particolato, IPA e metalli. Infatti, la determinazione del materiale particolato effettuata, ai fini delle valutazioni previste dalla norma, con tecnica gravimetrica, viene eseguita in laboratorio sui filtri campionati giornalmente in modo automatico presso le stazioni; sugli stessi filtri, analisi successive consentono la quantificazione delle concentrazioni dei metalli pesanti (piombo, nichel, arsenico e cadmio) e del benzo(a)pirene (IPA). Questa metodologia, richiesta dalla norma, dilata i tempi di messa a disposizione dei dati.

Nella stazione di Cuneo la presenza aggiuntiva di uno strumento automatico a sorgente beta per la determinazione dei PM<sub>10</sub> garantisce una disponibilità giornaliera dell'informazione, utile ai fini modellistici.

Per la stazione di Staffarda la misura giornaliera della frazione PM<sub>2.5</sub> è stata prevista con campionatore automatico a raggi beta, tuttavia per i mesi da gennaio a marzo del 2014 i dati sono stati prodotti con tecnica gravimetrica e solamente da aprile con il campionatore automatico.

---

I dati rilevati sul territorio provinciale confluiscono insieme a quelli di tutte le centraline fisse del Piemonte ad un centro regionale di raccolta denominato Centro Operativo (C.O.P. Unico); dopo essere stati sottoposti a procedure di validazione di diverso livello vengono storicizzati. L'accesso al pubblico di tali informazioni è possibile sul sito internet di indirizzo: <http://www.sistemapiemonte.it/ambiente/srqa>.

## Gli inquinanti

Il Decreto Legislativo n° 155/2010 “Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa”, definisce “inquinante: qualsiasi sostanza presente nell'aria ambiente” (cioè l'aria esterna presente nella troposfera), “che può avere effetti dannosi sulla salute umana o sull'ambiente nel suo complesso”.

Il quadro normativo sulla qualità dell'aria, a partire da evidenze scientifiche e con approccio conservativo, identifica gli inquinanti per i quali è necessario il monitoraggio al fine di perseguire gli obiettivi di tutela della salute umana e degli ecosistemi.

I parametri monitorati sono i seguenti:

- materiale particolato - PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>
- biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)
- biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)
- benzene
- monossido di carbonio (CO)
- metalli pesanti: piombo, arsenico, cadmio, nichel
- IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici): benzo(a)pirene

Le pagine seguenti presentano per ogni inquinante oggetto di monitoraggio, le principali informazioni, facendo riferimento ai seguenti punti:

**Caratteristiche:** elementi distintivi dell'inquinante

**Tipologia:** suddivisione in base all'origine in

- **primario** → emesso direttamente in atmosfera da specifiche fonti
- **secondario** → prodotto come risultato di reazioni chimico-fisiche degli inquinanti primari

**Fonte:**

- **naturale**, emesso in atmosfera ad opera di fenomeni naturali
- **antropica**, generato da attività umane (industriali, civili, ecc...)

**Permanenza spazio-temporale:** ovvero i tempi e l'estensione territoriale coinvolti nella “dispersione” dell'inquinante. Infatti a seguito della loro emissione in atmosfera i composti sono soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione (secca e umida), e possono subire nel contempo processi di trasformazione chimico-fisica, che possono determinarne la rimozione o la generazione di inquinanti secondari; tutti questi processi condizionano la variabilità nello spazio e nel tempo degli inquinanti in atmosfera.

**Effetti:** descrizione dei principali bersagli sui quali può agire l'inquinante e gli effetti da esso prodotti. Gli inquinamenti atmosferici possono produrre effetti nocivi, che variano in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante, delle sue concentrazioni e dei tempi di permanenza in atmosfera.

**Misura:** indica il principio di misura utilizzato per la determinazione dell'inquinante

**Situazione:** condizione attuale e l'andamento negli anni dell'inquinante

**Limiti normativi:** i limiti indicati dalla normativa cogente, identificati in relazione ai livelli di riferimento così descritti:

**Soglia di informazione:** livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

**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.

**Valore limite:** livello fissato in base alle conoscenze scientifiche 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.

**Valori obiettivo:** livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.

**Obiettivo a lungo termine:** livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.



## MATERIALE PARTICOLATO – PM<sub>10</sub> - PM<sub>2.5</sub>

<b>Caratteristiche</b> <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i>	Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine <b>PM<sub>10</sub></b> si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine <b>PM<sub>2.5</sub></b> comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro inferiore a 2.5 µm.			
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Nell'aria viene generato da processi naturali quali <b>eruzioni vulcaniche, incendi boschivi, azione del vento sulla polvere e sul terreno, aerosol marino, ecc.</b> , e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le <b>emissioni industriali</b> , particelle di polveri, ceneri, e combustioni incomplete, e il <b>traffico veicolare (gas di scarico, usura di pneumatici, risollevarimento delle polveri depositate sulle strade)</b> rappresentano le fonti più significative.			
<b>Tipologia</b> <i>primario</i> <i>secondario</i>	Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", <b>immesso direttamente</b> in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da <b>trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVs, NH<sub>3</sub>.</b>			
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del <b>lungo tempo di permanenza nell'aria</b> (da giorni a settimane) che ne consente il <b>trasporto su grandi distanze</b> . Questo fa sì che le variazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate da fattori meteorologici. In particolare, inverni con lunghi periodi di situazioni anticicloniche persistenti e precipitazioni limitate, sono caratterizzati da concentrazioni di polveri atmosferiche elevate.			
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	<p>Il rischio sanitario legato al particolato sospeso nell'aria dipende, oltre che dalla concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle. Le particelle con dimensioni inferiori costituiscono un pericolo maggiore per la salute umana, in quanto possono penetrare in profondità nell'apparato respiratorio. Infatti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il PM<sub>10</sub>, polvere inalabile, è in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (laringe e faringe), e le particelle con diametro compreso fra circa 5 e 2.5 µm giungono sino a livello dei bronchi principali.</li> <li>- Il PM<sub>2.5</sub>, polvere respirabile, è in grado di penetrare profondamente nei polmoni giungendo sino ai bronchi secondari; le frazioni con diametro inferiore possono giungere sino a livello alveolare.</li> </ul> <p>Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di <b>malattie dell'apparato respiratorio</b>, quali <b>asma, bronchiti ed enfisemi</b>. Il PM può inoltre adsorbire sulla sua superficie e quindi veicolare nell'apparato respiratorio dei microinquinanti, quali metalli e IPA, ai quali possono essere associati effetti tossicologici rilevanti.</p> <p>La deposizione del materiale particolato può causare effetti negativi sulla vegetazione costituendo, sulla superficie fogliare, una pellicola non dilavabile dalle piogge, che <b>può inibire il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante</b>; inoltre il danneggiamento per abrasione meccanica può rendere le foglie più esposte agli attacchi degli insetti.</p> <p>I materiali subiscono danni diretti legati a <b>fenomeni di imbrattamento</b> e fenomeni di <b>corrosione</b> in relazione alla composizione chimica del particolato.</p>			
<b>Misura</b> <i>gravimetrica</i>	Il PM <sub>10</sub> e il PM <sub>2.5</sub> sono determinati mediante campionamento su filtro in condizioni ambiente e successiva determinazione gravimetrica delle polveri filtrate. La testa del campionatore ha una geometria standardizzata che permette il solo passaggio della frazione di polveri avente dimensioni aerodinamiche inferiori a 10µm o 2.5µm.			
 <b>Situazione critica</b> ↓	La situazione nell'ultimo decennio, per il particolato PM <sub>10</sub> , <b>è in miglioramento</b> anche se <b>continua a rappresentare una delle criticità più significative</b> . Le condizioni meteo climatiche influenzano fortemente l'andamento.			
<b>Riferimenti normativi</b> D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	<b>Valore limite</b>	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
<b>PM10</b>	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup>	35 per anno civile	1 gennaio 2005
	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>		1 gennaio 2005
<b>PM2.5</b>	anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>		1 gennaio 2015

## BIOSSIDO DI AZOTO – NO<sub>2</sub>

<b>Caratteristiche</b> NO <sub>2</sub>	<p>Gli ossidi di azoto (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O ed altri) vengono generati in tutti i processi di combustione che utilizzano l'aria come comburente; infatti ad elevate temperature l'azoto e l'ossigeno presenti nell'aria atmosferica reagiscono, con le seguenti reazioni principali : <math>N_2 + O_2 \rightarrow 2NO</math>     <math>2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2</math>. L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO<sub>2</sub> è infatti un gas tossico, di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante ed è un energico ossidante, molto reattivo. Gli ossidi di azoto sono da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, anche perché in presenza di forte irraggiamento solare, danno inizio ad una serie di reazioni secondarie che portano alla formazione di sostanze inquinanti, quali l'ozono, acido nitrico, ecc, complessivamente indicate con il termine di "smog fotochimico" che sono importanti precursori del PM<sub>10</sub>.</p>			
<b>Fonte</b> naturale antropica	<p>In natura gli ossidi di azoto sono prodotti dall'attività batterica sui composti dell'azoto, dall'attività vulcanica e dai fulmini: ciò produce un apporto minimo ai livelli di fondo. Le principali fonti sono invece di origine antropica legate ai processi di combustione in condizioni di elevata temperatura e pressione: ne consegue che, in contesto urbano, le emissioni dei motori a scoppio e quindi il traffico veicolare ne rappresenti la fonte più significativa.</p>			
<b>Tipologia</b> primario secondario	<p>Il biossido di azoto rappresenta, in genere, al massimo il 5% degli ossidi di azoto emessi direttamente dalle combustioni in aria. La maggior parte dell' NO<sub>2</sub> presente in atmosfera deriva invece dall'ossidazione del monossido di azoto, ed è quindi di natura secondaria.</p>			
<b>Permanenza spazio temporale</b>	<p>Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO<sub>2</sub> e quattro giorni per l'NO.</p>			
<b>Effetti</b> salute ambiente materiali	<p>Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO<sub>2</sub> sono dovuti alla sua azione irritante sugli occhi e sulle le mucose dell'apparato respiratorio. Gli effetti acuti sull'apparato respiratorio comprendono riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie, quali bronchite cronica e asma, e riduzione della funzionalità polmonare. Gli ossidi di azoto contribuiscono, per circa il 30%, al fenomeno delle "piogge acide", con conseguenti danni alla vegetazione e alterazioni degli equilibri degli ecosistemi coinvolti, e producono fenomeni corrosivi sui metalli e scolorimento e perdita di resistenza dei tessuti e delle fibre tessili. L'azione sulle superfici degli edifici e dei monumenti comporta un invecchiamento più rapido delle strutture.</p>			
<b>Misure</b> chemiluminescenza	<p>Gli ossidi di azoto sono determinati con il metodo a chemiluminescenza, che si basa sulla reazione chimica tra il monossido di azoto e l'ozono in grado di produrre una luminescenza caratteristica, di intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Per misurare il biossido è necessario ridurlo a monossido tramite un convertitore al molibdeno. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di azoto è il microgrammo al metro cubo (µg/m<sup>3</sup>).</p>			
<b>Situazione</b> stabile  	<p>L'introduzione delle marmitte catalitiche non ha ridotto in maniera incisiva la concentrazione di NO<sub>2</sub> che, nell'ultimo decennio, non ha avuto un calo tanto netto quanto il CO. Ciò è dovuto anche al fatto che i motori a benzina non sono l'unica fonte di NO<sub>2</sub>, ma altrettanto importanti sono i veicoli diesel e gli impianti per la produzione d'energia. Nel settore industriale miglioramenti tecnologici hanno permesso di ridurre parzialmente gli apporti emissivi.</p>			
<b>Riferimenti normativi</b> D.Lgs 155/2010	<i>Periodo di mediazione temporale</i>	<b>Valore limite</b>	<i>N° superamenti ammessi</i>	<i>Data di raggiungimento limite</i>
<b>Biossido di Azoto</b>	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup>	18 per anno civile	1 gennaio 2010
	anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>	-	1 gennaio 2010

## OZONO

<b>Caratteristiche</b> $O_3$	L'Ozono è un gas molto reattivo, fortemente ossidante, di odore pungente caratteristico, la cui molecola è costituita da tre atomi di ossigeno.
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	E' un gas presente nell'atmosfera la cui origine e concentrazione dipende dalla porzione di atmosfera a cui le osservazioni si riferiscono. Negli strati alti dell'atmosfera, la stratosfera, esso è presente naturalmente e svolge un'importante azione protettiva per la salute umana e per l'ambiente, assorbendo un'elevata percentuale delle radiazioni UV provenienti direttamente dal sole. A questo livello l'ozono si produce a partire dalla reazione dell'ossigeno con l'ossigeno nascente (O), prodotto dalla scissione della molecola di ossigeno ad opera delle radiazioni ultraviolette. Negli strati di atmosfera più prossimi alla superficie terrestre, la troposfera, l'ozono si può originare dalla presenza di <b>precursori</b> sia <b>naturali (composti organici volatili biogenici prodotti dalle piante)</b> , che <b>antropici (ossidi di azoto e sostanze organiche volatili -VOC- emessi da attività umane)</b> , in condizioni meteorologiche caratterizzate da forte irraggiamento, oppure da scariche elettriche in atmosfera.
<b>Tipologia</b> <i>secondario</i>	A livello troposferico l'ozono è un inquinante cosiddetto secondario, cioè non viene emesso direttamente da una sorgente, ma <b>è prodotto dalle complesse trasformazioni chimico fisiche</b> che avvengono in atmosfera <b>tra gli ossidi di azoto e i composti organici volatili</b> . L'insieme dei prodotti di queste reazioni costituiscono il cosiddetto inquinamento fotochimico o <i>smog fotochimico</i> .
<b>Permanenza spazio temporale</b>	L'inquinamento secondario trae generalmente origine da contesti fortemente antropizzati, dove può essere elevata l'emissione di precursori, durante episodi estivi caratterizzati da condizioni meteorologiche stagnanti, quando persistono forte insolazione ed elevate temperature. Gli inquinanti secondari prodotti in queste condizioni possono dar luogo a grandi concentrazioni e <b>fenomeni di accumulo anche a notevole distanze</b> dalle zone di immissione. Per tale motivo l'inquinamento da ozono rappresenta un fenomeno su scala regionale e/o transfrontaliero.
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	I principali effetti sulla salute si riscontrano a carico delle vie respiratorie dove, all'aumentare della concentrazione, possono essere indotti <b>effetti infiammatori di gravità crescente, sino ad una riduzione della funzionalità polmonare</b> . Sugli ecosistemi vegetali gli effetti ossidanti della <b>molecola interferiscono con la funzione clorofilliana e con la crescita delle piante</b> . I materiali, come la gomma e le fibre tessili, subiscono <b>alterazione chimiche</b> che ne <b>compromettono le caratteristiche e la resistenza</b> .
<b>Misura</b> <i>assorbimento</i> <i>caratteristico</i>	La misura dell'ozono sfrutta il metodo basato sull'assorbimento caratteristico che questa molecola presenta verso le radiazioni ultraviolette (UV) ad una lunghezza d'onda di 254 nm (nanometri). La variazione dell'intensità luminosa è direttamente correlata alla concentrazione di $O_3$ ed è misurata da un apposito rivelatore. L'unità di misura con la quale sono espresse le concentrazioni di $O_3$ è il microgrammo al metro cubo ( $\mu g/m^3$ ).
<b>Situazione</b>  <i>stabile</i> 	I superamenti dei riferimenti normativi continuano ad essere significativi a livello europeo nonostante la riduzione di lungo termine osservata negli ultimi 25 anni. Data l'influenza determinante delle condizioni meteorologiche, l'andamento delle concentrazioni di $O_3$ può variare considerevolmente negli anni ed è difficilmente controllabile.





Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	valore	N° superamenti ammessi
<b>Soglia informazione</b> Protezione della salute umana	Media oraria	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
<b>Soglia di allarme</b> Protezione della salute umana	Media oraria	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	non più di 3 ore consecutive
<b>Valore obiettivo</b> Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (*)	25 volte per anno civile come media su 3 anni
<b>Valore obiettivo</b> Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 18000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ come media sui 5 anni (*)	
<b>Obiettivo a lungo termine</b> Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
<b>Obiettivo a lungo termine</b> Protezione della vegetazione		AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$	

(\*) il raggiungimento dell'obiettivo sarà valutato nel 2013 (riferimento triennio 2010-2012) per il valore obiettivo di protezione della salute umana e nel 2015 (riferimento quinquennio 2010-2015, per la protezione della vegetazione)

(\*\*) Per AOT40 (espresso in  $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (=40 parti per miliardo) e  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00, ora dell'Europa centrale (GET)

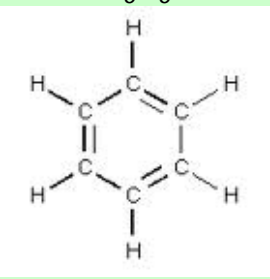


## BIOSSIDO DI ZOLFO – SO<sub>2</sub>

<b>Caratteristiche</b> SO <sub>2</sub>	Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas incolore, di odore pungente, prodotto dell'ossidazione dello zolfo.
<b>Fonte :</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	La fonte principale degli ossidi di zolfo (SO <sub>2</sub> e SO <sub>3</sub> ) presenti in atmosfera è di origine <i>naturale</i> . Infatti una percentuale variabile dal 62% all'89% delle emissioni prodotte in Italia <sup>1</sup> è attribuita all' <i>attività vulcanica</i> . Le principali emissioni <i>antropiche</i> di SO <sub>2</sub> derivano invece dai <b>processi di combustione che utilizzano combustibili fossili</b> (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità. In città una fonte significativa è rappresentata dal <b>riscaldamento domestico</b> , mentre solo una percentuale molto bassa di SO <sub>2</sub> proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel.
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	L'ossido di zolfo è un inquinante primario.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Il tempo medio di permanenza in atmosfera del biossido di zolfo varia da alcuni giorni a settimane e l'estensione dei fenomeni interessa la scala locale e regionale.
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i> <i>materiali</i>	Il biossido di zolfo è un forte <b>irritante delle vie respiratorie</b> . Un'esposizione prolungata a concentrazioni basse può causare patologie all'apparato respiratorio ( <b>asma, tracheiti, bronchiti</b> ) mentre esposizioni di breve durata a concentrazioni elevate possono provocare aumento della frequenza respiratoria e del ritmo cardiaco oltre a irritazione agli occhi, gola e naso. Gli ossidi di zolfo sono i <b>principali responsabili dell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche (pioggie acide)</b> che comporta la compromissione degli equilibri degli ecosistemi coinvolti. Sulle piante l'aumento delle concentrazioni di SO <sub>2</sub> provoca danni <b>via via crescenti agli apparati fogliari sino alla necrosi tessutale</b> . L'azione sui <b>materiali</b> interessa maggiormente i <b>metalli</b> , nei quali viene accelerato il <b>fenomeno di corrosione</b> , ed i <b>materiali da costruzione</b> (in particolare di natura calcarea) sui quali l'azione acida, comportando una trasformazione dei carbonati in solfati solubili, <b>diminuisce la resistenza meccanica dei materiali</b> , da cui i conseguenti danneggiamenti dei monumenti e delle facciate degli edifici.
<b>Misura</b> <i>fluorescenza</i>	Il biossido di zolfo è misurato con un metodo a fluorescenza. L'aria da analizzare è immessa in una apposita camera nella quale sono inviate radiazioni UV a 230-190 nm. Queste radiazioni eccitano le molecole di SO <sub>2</sub> presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rivelatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO <sub>2</sub> presente nell'aria. L'unità di misura con la quale si esprime la concentrazione di biossido di zolfo è il microgrammo al metro cubo (µg/m <sup>3</sup> ).
<b>Situazione</b> <i>buona</i>  	Il biossido di zolfo ha rappresentato per molti anni uno dei principali inquinanti dell'aria. Oggi il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili (minor contenuto di zolfo nei prodotti di raffineria) ed il sempre più diffuso uso del gas metano hanno diminuito nettamente la sua presenza.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
<b>Ossido di Zolfo</b>	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup>	24 per anno civile	1 gennaio 2005
	1 giorno	125 µg/m <sup>3</sup>	3 per anno civile	1 gennaio 2005


<sup>1</sup> ISPRA -inventario emissioni in atmosfera-CONAIR IPPC- dati 1980-2008

## BENZENE

<p><b>Caratteristiche</b> <math>C_6H_6</math></p> 	<p>Il benzene è un idrocarburo aromatico, che si presenta a temperatura ambiente come un liquido incolore, dal tipico odore aromatico, in grado di evaporare velocemente.</p> <p>Si ottiene prevalentemente come prodotto della distillazione del petrolio. Viene impiegato come materia prima per numerosi composti secondari, a loro volta impiegati per produrre plastiche, resine, detersivi, pesticidi, intermedi per l'industria farmaceutica, vernici, collanti, inchiostri, adesivi e prodotti per la pulizia. E' utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".</p>
<p><b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i></p>	<p>In natura il benzene viene prodotto negli <b>incendi boschivi</b> e durante le <b>eruzioni vulcaniche</b>, ma le concentrazioni in atmosfera prodotte da queste fonti sono quantitativamente irrilevanti.</p> <p>La fonte principale è di natura antropica. La maggior fonte di esposizione per la popolazione deriva dai <b>gas di scarico degli autoveicoli</b>, in particolare dei veicoli <b>alimentati a benzina</b>: stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene. Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentato dal <b>fumo di tabacco</b>.</p>
<p><b>Tipologia</b> <i>primario</i></p>	<p>E' un inquinante primario.</p>
<p><b>Permanenza</b> <b>spazio temporale</b></p>	<p>Il benzene rilasciato in atmosfera si trova prevalentemente in fase vapore, non è soggetto direttamente a fotolisi, ma reagisce con gli idrossi-radicali prodotti fotochimicamente. Il tempo teorico di dimezzamento della concentrazione è di circa 13 giorni, ma in atmosfera inquinata, in presenza di ossidi di azoto o zolfo, l'emivita si riduce a 4 – 6 ore.</p>
<p><b>Effetti</b> <i>salute</i></p>	<p>Il benzene è tossico, molto irritante per pelle, occhi e mucose ed è inserito dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) tra le sostanze con sufficiente evidenza di <b>cancerogenicità per l'uomo</b>. La principale via di esposizione per l'uomo è l'inalazione, a causa della notevole volatilità del benzene.</p>
<p><b>Misura</b> <i>Gasromatografia PID</i></p>	<p>Le misure sono effettuate mediante un sistema gascromatografico, dotato di rivelatore a fotoionizzazione. L'unità di misura con la quale si misura la concentrazione di benzene è il microgrammo al metro cubo (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>).</p>
<p><b>Situazione</b> <i>buona</i></p>  	<p>Le concentrazioni di benzene in atmosfera si sono significativamente ridotte nell'ultimo decennio a seguito delle pesanti limitazioni al suo uso come solvente, alla riduzione del suo contenuto nella benzina nonché all'aumento della percentuale di auto catalizzate sul totale di quelle circolanti.</p>



Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	<i>Periodo di mediazione temporale</i>	<b>Valore limite</b>	<i>N° superamenti ammessi</i>	<i>Data di raggiungimento limite</i>
Benzene	Anno civile	$5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$	-	1 gennaio 2010

## MONOSSIDO DI CARBONIO – CO

<b>Caratteristiche</b>  CO	<p>Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico.</p> <p>Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.</p> <p>Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.</p>
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	<p>Le principali fonti naturali sono agli <b>incendi boschivi</b>, <b>le eruzioni dei vulcani</b>, <b>le emissioni da oceani e paludi</b>.</p> <p>La fonte antropica più significativa è rappresentata dal <b>traffico veicolare</b>, in particolare dalle emissioni prodotte dagli autoveicoli a benzina in condizioni tipiche di traffico urbano rallentato (motore al minimo, fasi di decelerazione, ecc...): per questi motivi viene identificato come tracciante di inquinamento veicolare. Altre fonti sono gli <b>impianti di riscaldamento domestico</b>, <b>le centrali termoelettriche</b>, <b>gli inceneritori di rifiuti</b>, per i quali il contributo emissivo risulta minore in quanto la combustione avviene in condizioni più controllate.</p>
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Nonostante il tempo di permanenza in atmosfera sia elevato (anni), meccanismi di rimozione naturali (assorbimento da parte di terreno, delle piante, ossidazione in atmosfera) limitano prevalentemente a scala locale, urbana, l'azione inquinante del monossido di carbonio.
<b>Effetti salute</b>	<p>Sull'uomo il monossido di carbonio ha effetti particolarmente pericolosi in quanto forma con l'emoglobina del sangue la carbossiemoglobina, un composto fisiologicamente inattivo, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti, ed è in grado di produrre, <b>ad elevate concentrazioni, esiti letali</b>. A <b>basse concentrazioni provoca emicranie, vertigini, e sonnolenza</b>. Essendo inodore e incolore, è un inquinante insidioso soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni elevate.</p> <p>Sull'ambiente ha effetti trascurabili.</p>
<b>Misure</b> <i>Assorbimento IR</i>	Il CO è analizzato mediante assorbimento di Radiazioni Infrarosse (IR). La tecnica di misura si basa sull'assorbimento, da parte delle molecole di CO, di radiazioni IR e la variazione dell'intensità delle IR è proporzionale alla concentrazione di CO. L'unità di misura utilizzata per esprimere la concentrazione di Monossido di Carbonio è il milligrammo al metro cubo (mg/m <sup>3</sup> ).
 <b>Situazione</b> <i>buona</i> ↓	Il CO ha avuto, negli ultimi trent'anni, un nettissimo calo delle concentrazioni rilevate in atmosfera dovuto allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico che ha portato ad un aumento dell'efficienza nei motori e l'introduzione delle marmitte catalitiche. Ciò ha fatto sì che nonostante il numero crescente degli autoveicoli in circolazione, e quindi un aumento delle emissioni, la concentrazione si riducesse in modo significativo.

<b>Riferimenti normativi</b> D.Lgs 155/2010	<i>Periodo di mediazione temporale</i>	<b>Valore limite</b>	<i>N° superamenti ammessi</i>	<i>Data di raggiungimento limite</i>
<b>Monossido di carbonio</b>	Media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore	10 mg/m <sup>3</sup>	-	1 gennaio 2005

## METALLI PESANTI: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

<b>Caratteristiche</b> Metalli pesanti	I metalli pesanti sono costituenti naturali della crosta terrestre e molti di essi, in determinate forme e a concentrazioni opportune, sono essenziali alla vita. Non venendo però degradati dai processi naturali e tendendo ad accumularsi negli organismi biologici (bioaccumulo) possono causare effetti negativi, anche gravi, sulla salute umana e sull'ambiente in generale. La scelta normativa di monitorare Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel discende dalla rilevanza che essi manifestano sotto il profilo tossicologico. In atmosfera sono rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso.
<b>Fonte</b> <i>naturale</i> <i>antropica</i>	I metalli pesanti rappresentano un gruppo di inquinanti particolarmente diffuso nella biosfera, legato sia a fenomeni naturali ( <b>eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione</b> ) sia all'attività antropica; nell'atmosfera le sorgenti antropiche sono rappresentate principalmente dalle <b>combustioni</b> , dai <b>processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche)</b> e dalle <b>abrasioni dei materiali</b> .
<b>Tipologia</b> <i>primario</i>	I metalli pesanti sono inquinanti primari.
<b>Permanenza spazio temporale</b>	Essendo rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso, l'inquinamento da metalli pesanti presenta distribuzione spazio temporale analoga a quella dei PM <sub>10</sub> .
<b>Effetti</b> <i>salute</i> <i>ambiente</i>	I metalli pesanti entrano nell'organismo umano principalmente con l'assunzione di cibo e acqua, ma l'apporto dovuto ad inalazione, in determinate realtà, può risultare estremamente significativo. All'esposizione ai metalli pesanti sono associati molteplici effetti sulla salute, con diversi gradi di gravità e condizioni: <b>problemi ai reni ed alle ossa, disordini neurocomportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e</b> , potenzialmente, anche cancro al polmone. Nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può <b>danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare</b> .
<b>Misura</b> <i>ICP-MS da filtro PM<sub>10</sub></i>	La frazione fine del particolato (PM <sub>10</sub> ) campionato su filtri in fibra di quarzo è sottoposta a mineralizzazione mediante soluzione acida ossidante e sulla soluzione ottenuta si determina la concentrazione dei metalli mediante tecnica ICP-MS (spettrometria di massa abbinata al plasma accoppiato induttivamente).
<b>Situazione</b> <i>buona</i>  	Tutti questi metalli sono presenti in concentrazioni molto basse. Con l'introduzione delle benzine verdi (senza piombo) l'inquinamento urbano da piombo, significativo negli anni '70, ha visto una drastica riduzione.

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	Data di raggiungimento valore obiettivo
<b>Piombo</b>	Anno civile	0.5 µg/m <sup>3</sup>	1 gennaio 2005
	Periodo di mediazione temporale	Valore obiettivo(*)	Data di raggiungimento valore obiettivo
<b>Arsenico</b>	Anno civile	6.0 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012
<b>Cadmio</b>	Anno civile	5.0 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012
<b>Nichel</b>	Anno civile	20.0 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012

(\*) valore riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

## IPA - Benzo(a)pirene

<p><b>Caratteristiche</b> Benzo(a)pirene</p> 	<p>Il benzo(a)pirene - B(a)P - è stato scelto come marker dell'esposizione agli IPA nell'aria ambiente.          Il termine IPA è l'acronimo di Idrocarburi Policiclici Aromatici, una classe numerosa di composti organici tutti caratterizzati strutturalmente dalla presenza di due o più anelli aromatici condensati fra loro. Gli IPA costituiti da tre a cinque anelli possono essere presenti sia come gas che come particolato, mentre quelli caratterizzati da cinque o più anelli tendono a presentarsi per lo più in forma solida.          Gli IPA sono generalmente composti persistenti, caratterizzati da un basso grado di idrosolubilità e da una elevata capacità di aderire al materiale organico.</p>
<p><b>Fonte</b> naturale antropica</p>	<p>Queste sostanze si trovano in atmosfera come prodotto di processi di pirolisi e di combustioni incomplete, con formazione di particelle carboniose che li adsorbono e li veicolano.          La fonte naturale di questi inquinanti è rappresentata dalle <b>eruzioni vulcaniche e dagli incendi boschivi</b>.          Le fonti antropiche sono dovute ai <b>processi di combustione</b> incompleta di materiale organico e all'uso di <b>olio combustibile, gas, carbone e legno nella produzione di energia e riscaldamento</b>. Anche l'utilizzo dei vari carburanti produce una notevole quantità di queste sostanze. Le emissioni dovute al <b>traffico stradale</b> sono infatti una componente dominante nella emissione di IPA e di B(a)P nelle aree urbane.</p>
<p><b>Tipologia</b> primario</p>	<p>E' un inquinante primario.</p>
<p><b>Permanenza</b> spazio temporale</p>	<p>In genere gli idrocarburi policiclici aromatici presenti nell'aria possono degradarsi reagendo con la luce del sole e con altri composti chimici nel giro di <b>qualche giorno o settimana</b>; quelli di massa maggiore aderiscono al particolato aerodisperso. Per questa loro relativa stabilità gli IPA si possono riscontrare <b>anche a grandi distanze in località remote e molto lontane dalle zone di produzione</b>.</p>
<p><b>Effetti</b> salute</p>	<p>Gli studi condotti sulla pericolosità degli IPA sembrano dimostrare che l'esposizione a concentrazioni significative di queste sostanze comporta vari <b>danni a livello ematico, immunosoppressione e problemi al sistema polmonare</b>; essendo dotate di effetto mutageno e pertanto cancerogeno l'organo legislativo ha stabilito obiettivi di qualità del tutto cautelativi per il benzo(a)pirene (peraltro l'unico IPA che finora è stato studiato approfonditamente).</p>
<p><b>Misura</b> GC da filtro PM<sub>10</sub></p>	<p>La frazione fine del particolato (PM<sub>10</sub>) contenuta in un volume noto di aria è raccolta su membrana in fibra di vetro o di quarzo; tale membrana è sottoposta ad estrazione con solvente e nell'estratto i singoli composti degli IPA sono quantificati mediante tecnica gascromatografica.</p>
<p><b>Situazione</b> stabile</p>  	<p>L'andamento rileva una forte dipendenza stagionale e una situazione peggiore nelle stazioni non urbane rispetto a quelle urbane a causa del contributo ascrivibile all'uso del legno come combustibile. L'andamento nel corso degli anni rileva comunque un miglioramento.</p>

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore obiettivo(*)	Data di raggiungimento valore obiettivo
Benzo(a)pirene	Anno civile	1.0 ng/m <sup>3</sup>	31 dicembre 2012

(\*) valore riferito al tenore totale di Benzo(a)pirene presente nella frazione PM<sub>10</sub> del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile

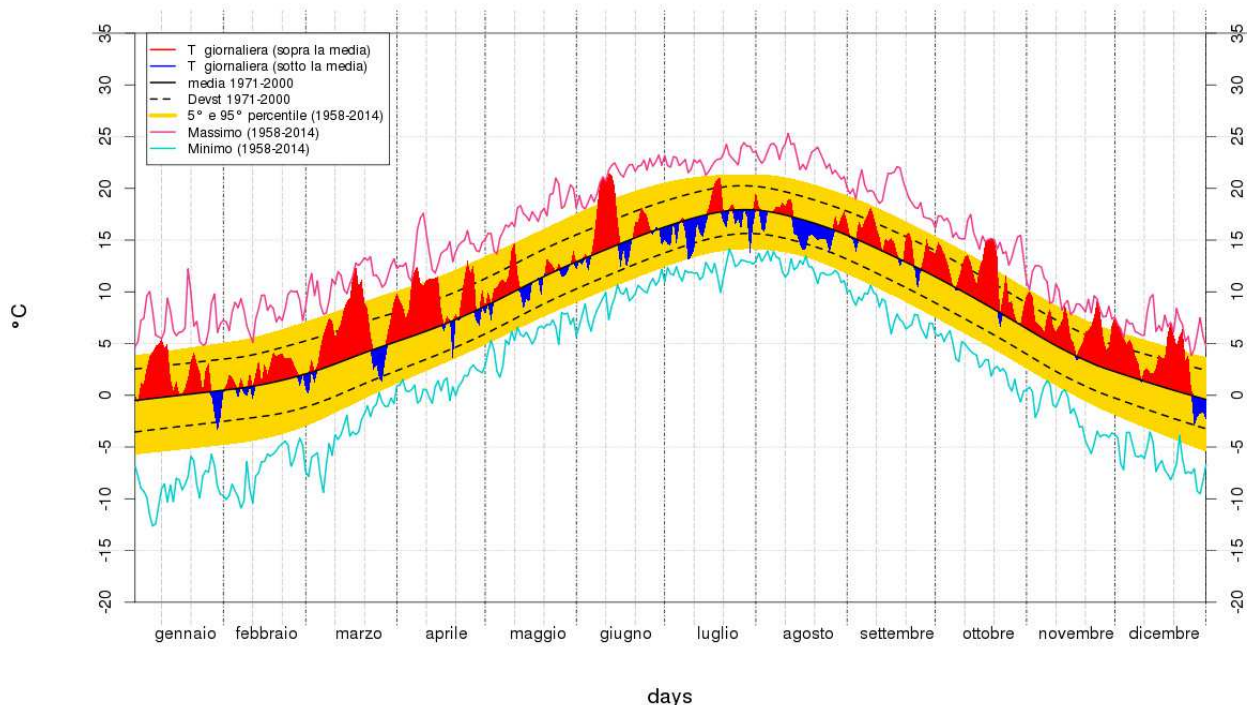
## Condizioni meteoclimatiche dell'anno 2014<sup>2</sup>

Nell'anno 2014 l'anomala persistenza di flussi oceanici e mediterranei, in prevalenza caldo-umidi, ha determinato frequente nuvolosità, precipitazioni abbondanti, ma anche temperature medie eccezionalmente elevate.

La prevalenza di correnti miti atlantiche ha avuto un impatto maggiore sulle temperature minime, risultate molto miti a causa delle notti frequentemente nuvolose. Di conseguenza, il 2014 è risultato l'anno con le temperature minime più elevate della serie storica Arpa mentre si colloca al quarto posto per quanto riguarda le temperature massime.

Non si sono avuti record di temperatura massima assoluta in quanto Luglio ed Agosto, i mesi climatologicamente più caldi, sono stati gli unici ad avere registrato un'anomalia negativa di temperatura; inoltre la frequenza di giorni nuvolosi ha ostacolato il raggiungimento di diffuse temperature massime elevate in tutte le stagioni.

Temperatura giornaliera: media Piemonte ANNO 2014



Dati ed elaborazione: Arpa Piemonte - 2015

Figura 1) Andamento della T media giornaliera sul Piemonte per l'anno 2014 (valori riferiti ad un punto medio ideale posto a 900 m di quota)

Nel mese di Giugno, tra il 9 ed il 12, si sono osservati i 4 giorni più caldi dell'anno 2014 in quella che è stata forse l'unica ondata di calore significativa della stagione estiva, causata dall'espansione verso nord di un promontorio anticiclonico di origine nordafricana che ha determinato un graduale e costante aumento dei valori di temperatura e zero termico sul territorio piemontese.

L'anno 2014 rimarrà negli annali per l'abbondanza delle sue precipitazioni; a livello annuale è risultato il 3° più piovoso degli ultimi 57 anni dopo il 1977 ed il 1960, con una precipitazione cumulata annuale media di 1418 mm, superiore di circa 420 mm (pari al 40%) alla norma riferita al periodo 1971-2000.

Il contributo maggiore è stato dato dal mese di Novembre, in cui sono caduti in media 377 mm sul territorio piemontese ed è risultato il mese più ricco di precipitazione dell'intera serie

<sup>2</sup> Estratto da "Il clima in Piemonte – Anno 2014" Sistemi Previsionali Arpa Piemonte – Gennaio 2015

storica dal 1957 ad oggi. Considerevoli, sia in termini assoluti che percentuali, anche i contributi dei mesi di Luglio, Gennaio e Febbraio.

### Anomalie annuali di Precipitazione (mm) anno 2014

Periodo di riferimento 1971–2000

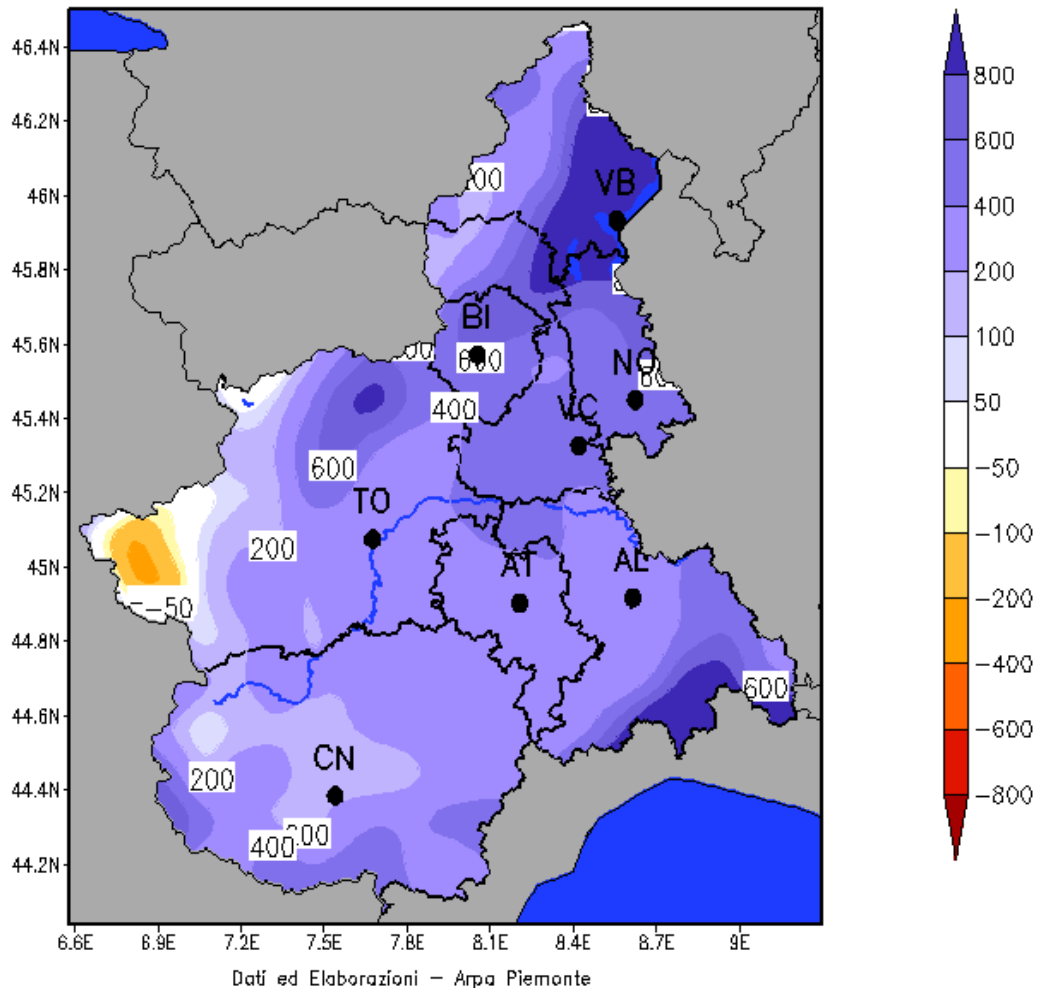


Figura 2) Anomalia percentuale di precipitazione per l'anno 2014 rispetto alla norma 1971-2000

I giorni di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km) sono stati leggermente inferiori (5%) rispetto a quelli attesi dalla climatologia recente 2004-2013. Rilevante invece (-58%) lo scarto negativo dei giorni di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m); la frequenza dei giorni nuvolosi e della circolazione atlantica nei mesi autunnali ed invernali ha ridotto i periodi con stabilità anticiclonica, forte irraggiamento notturno e marcata inversione termica che usualmente caratterizzano i fenomeni nebbiosi sulla pianura piemontese.



# Gli inquinanti nel periodo 2002 ÷ 2014

## Materiale particolato

### PM<sub>10</sub>

L'inquinamento da polveri sottili nella provincia di Cuneo è caratterizzato da livelli che peggiorano procedendo dalla zona pedemontana alla zona di pianura, con situazioni "aggravate" nei punti maggiormente esposti a emissioni locali intense, per lo più dovute al traffico veicolare. La zona di pianura della provincia costituisce infatti l'estremo ovest della pianura Padana e pertanto risente dell'inquinamento che, a causa della conformazione orografica e delle emissioni presenti, ristagna e caratterizza tutto il bacino padano, soprattutto per quanto riguarda inquinanti cosiddetti "ubiquitari" come le polveri sottili. Monitoraggi condotti nel 2013 e nel 2014 hanno confermato la stazione urbana di Bra Madonna dei Fiori come stazione fissa di riferimento rappresentativa dell'inquinamento medio delle postazioni urbane per tutto il territorio di pianura della zona Nord della provincia di Cuneo<sup>3</sup>.

Le concentrazioni medie annue di PM<sub>10</sub> registrate presso le stazioni della rete provinciale attive nel 2014 sono rappresentate nel grafico della figura 3 a partire, ove disponibili, dalle medie del 2002. Per ogni stazione è anche indicata la tipologia e le caratteristiche della zona in cui essa è posizionata, informazioni importanti per le valutazioni, in quanto indicative di pressioni differenti.

Come si può vedere fin da questo primo grafico, l'anno 2014 rappresenta un minimo storico per l'inquinamento da polveri sottili, infatti le concentrazioni medie sono diminuite su tutto il territorio, scendendo al di sotto dei minimi raggiunti negli anni precedenti, già inferiori al limite sulla media annuale di 40 µg/m<sup>3</sup> in tutte le stazioni della provincia.

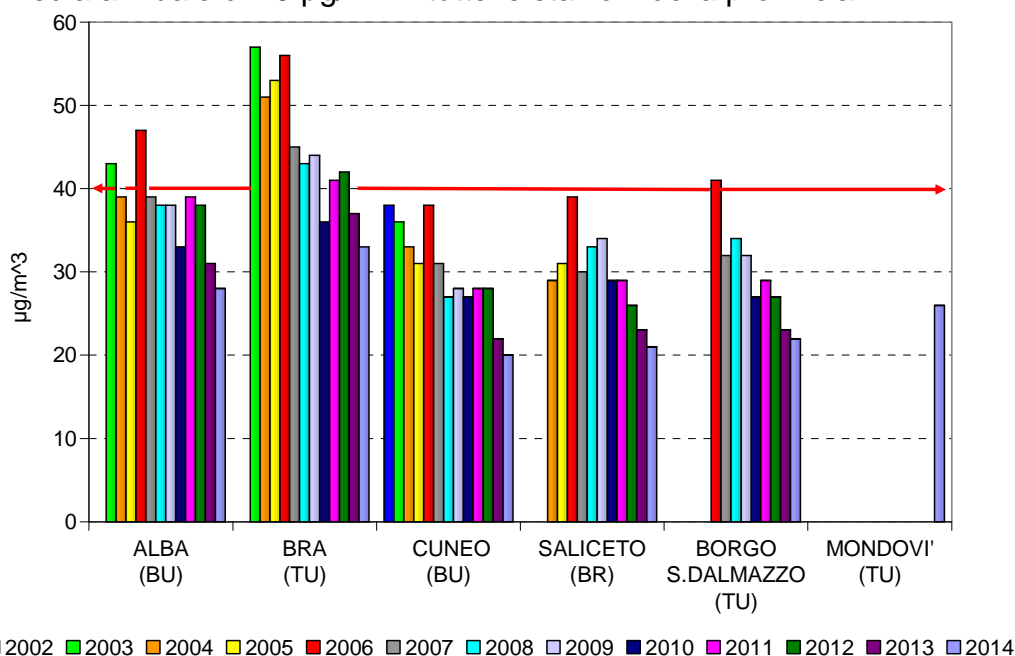


Figura 3) PM<sub>10</sub>: confronto medie annue (anni con disponibilità dei dati >=90%. Sulle ascisse, dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, BR= Background Rurale).

<sup>3</sup> Studio sulla qualità dell'aria nel territorio del quadrante Nord Ovest della provincia di Cuneo - Luglio 2013 ÷ maggio 2014 – Arpa Piemonte, Dipartimento di Cuneo  
<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/territorio/cuneo/aria/RelazioneQuadranteNordOvest2014.pdf>

La banda azzurra del grafico di figura 4 rappresenta l'intervallo di valori all'interno del quale si trovano le medie annue rilevate dalle centraline attive nell'intero periodo in analisi (ovvero quelle di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto) che, per le peculiarità delle stazioni considerate, si può considerare rappresentativo delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> incidenti mediamente su tutto il territorio provinciale. Sono ben visibili le fluttuazioni di alcuni anni "particolari" come il 2006, anno critico per l'inquinamento, ed il 2010, anno con concentrazioni contenute, e si vede come nel 2014 siano stati raggiunti i livelli più bassi di tutto il periodo 2003÷2014.

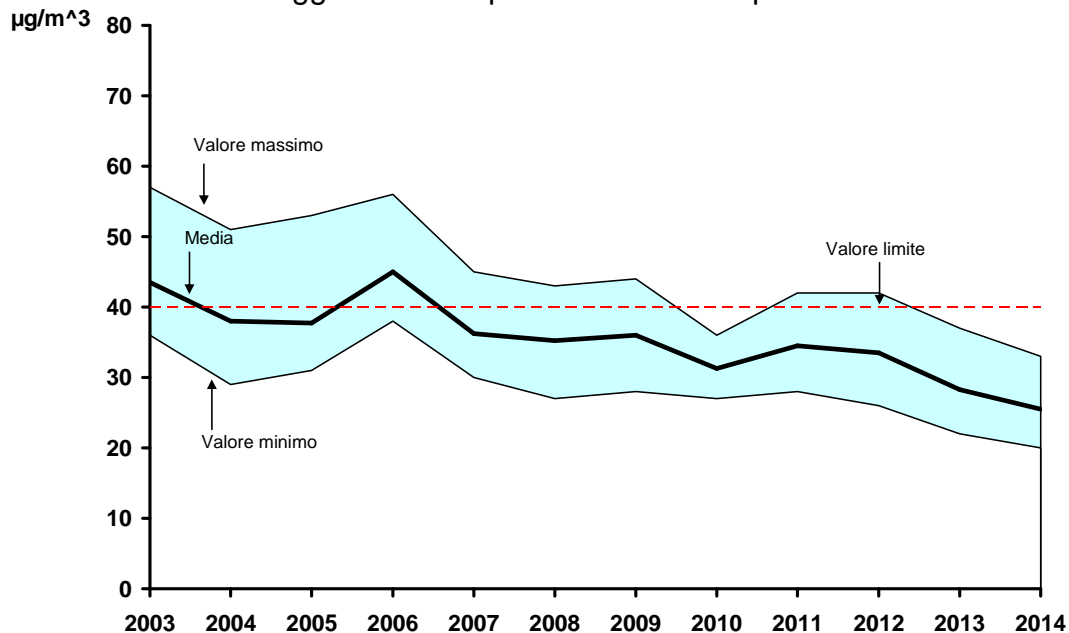


Figura 4) PM<sub>10</sub>: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle centraline di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto.

Anche il numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> ha registrato nel 2014 un'ulteriore diminuzione rispetto all'anno precedente (figura 5), particolarmente evidente per le stazioni di Alba e Bra che, data la collocazione geografica, risentono maggiormente dell'inquinamento da polveri sottili che caratterizza il bacino padano. Nonostante la riduzione, per queste due stazioni il numero di superamenti si è mantenuto nel 2014 ancora al di sopra di 35, numero massimo consentito per anno civile dalla norma per la protezione della salute umana (40 superamenti presso la stazione di fondo urbano di Alba Tanaro e 61 per quella di traffico urbano di Bra Madonna dei Fiori).

Nella tabella sottostante per ogni anno è riportata la data del 36° superamento del limite giornaliero di 50 µg/m<sup>3</sup> per queste due stazioni; si può osservare come, negli ultimi due anni ed in particolare nel 2014, tale data si sia spostata in avanti. Occorre però considerare che la situazione del 2015 presenta nuovamente un peggioramento rispetto all'anno precedente, infatti la stazione di Bra ha registrato il 36° superamento il 21 marzo.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ALBA	24-feb	27-feb	03-mar	12-feb	25-feb	09-mar	25-feb	08-apr	22-ago	19-feb	21-ott	12-dic
BRA	20-feb	23-feb	12-feb	09-feb	20-feb	18-feb	18-feb	15-feb	23-feb	19-feb	13-mar	09-ott

Tabella 3) Per ogni anno: data del 36° superamento del limite sulla concentrazione giornaliera di PM<sub>10</sub> per le stazione di fondo urbano di Alba Tanaro e di traffico urbano di Bra (fino al 2010 Bra Piumati, dal 2011 Bra Madonna dei Fiori)

I dati rilevati presso la stazione da traffico di Mondovì, che non hanno comportato sforamenti dei limiti normativi, presentano una situazione intermedia tra quella delle stazioni di Cuneo, Borgo San Dalmazzo e Saliceto e quella rappresentata dalle stazioni di Alba e Bra. Sebbene

sia caratterizzata dalle concentrazioni di fondo contenute tipiche della zona pedemontana, essa risente fortemente delle emissioni locali del traffico veicolare a causa della posizione a ridosso di una strada percorsa da un intenso traffico anche di tipo pesante.

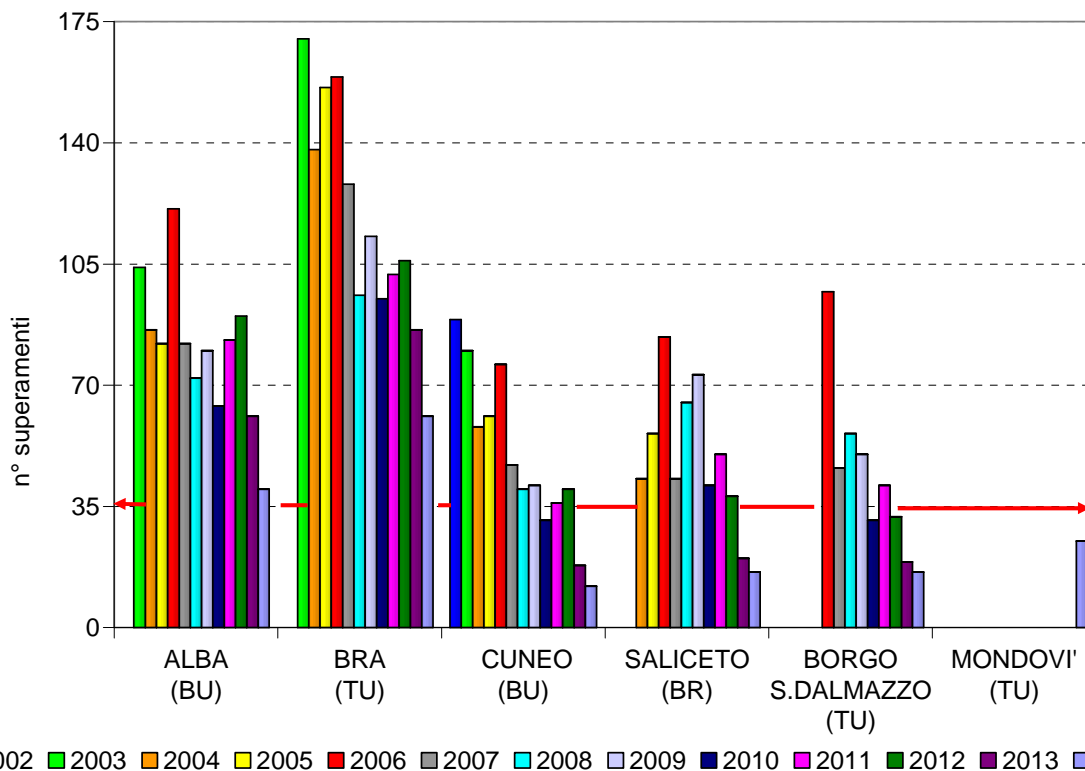


Figura 5) PM<sub>10</sub>: numero di superamenti del limite giornaliero (anni con disponibilità dei dati >=90%).

Le medie dei superamenti del limite giornaliero, calcolate su tutte le stazioni della rete della provincia di Cuneo in cui la disponibilità dei dati è superiore al 90% per tutti gli anni considerati (Alba, Bra, Cuneo, Saliceto), riportate nella figura 6, mostrano come la situazione provinciale, nonostante le oscillazioni tra gli anni, stia progressivamente e complessivamente tendendo al miglioramento, con una riduzione, nel 2014, del numero medio di superamenti del 30% rispetto al 2013, e del 53% rispetto all'anno 2012.

Applicando, al numero medio di superamenti per anno dal 2003 al 2014, il calcolo dei trend con il metodo di Theil-Sen si ottiene una tendenza decrescente statisticamente significativa ( $p < 0.001$ ) con una variazione annua media stimata di -4.8 superamenti/anno e con intervallo di confidenza pari a [-7.2, -2.7] superamenti/anno.

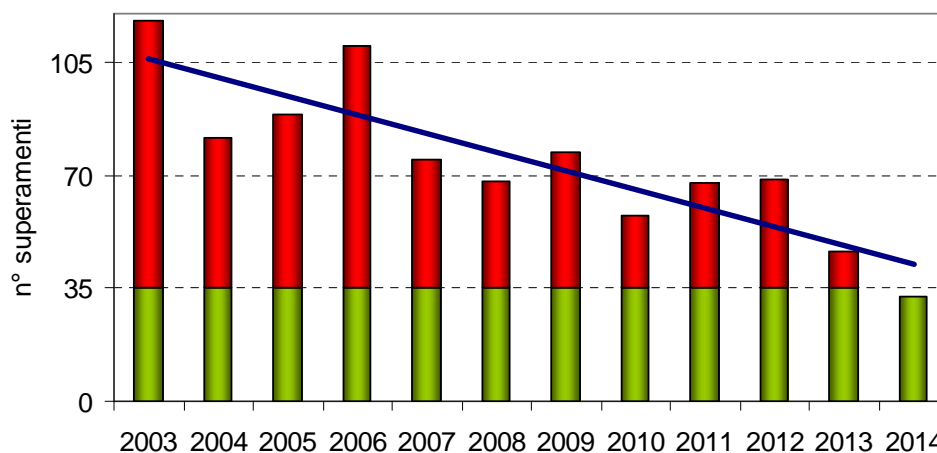


Figura 6) PM<sub>10</sub>: numero medio di superamenti del limite giornaliero delle centraline della provincia con misura attiva dal 2003 (in rosso il numero di giorni che eccedono il massimo consentito).

## La situazione regionale nel 2014

Per poter comprendere la situazione provinciale è bene avere una visione della situazione dei superamenti dei limiti normativi a livello regionale. Nei due grafici che seguono sono raffigurate in ordine decrescente le concentrazioni medie e il numero di superamenti dell'anno 2014 per le stazioni della rete della regione Piemonte con percentuale di dati validi superiore al 90% (solamente una stazione con disponibilità di dati superiore al 90% è stata scartata in quanto la mancanza di dati concentrata in periodi con concentrazioni elevate ha determinato una sottostima degli indicatori). Vicino al nome di ciascuna stazione è indicata la tipologia e le caratteristiche della zona in cui essa è posizionata e, tra parentesi, i corrispondenti valori relativi agli anni 2012 e 2013, ove disponibili.

Da tali grafici emerge come il miglioramento del 2014 sia stato importante su tutto il territorio regionale: per la prima volta dall'attivazione della rete regionale tutte le stazioni hanno rispettato il limite annuale per la protezione della salute umana di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e la maggioranza delle stazioni (56%) ha rispettato il numero massimo consentito di superamenti del limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

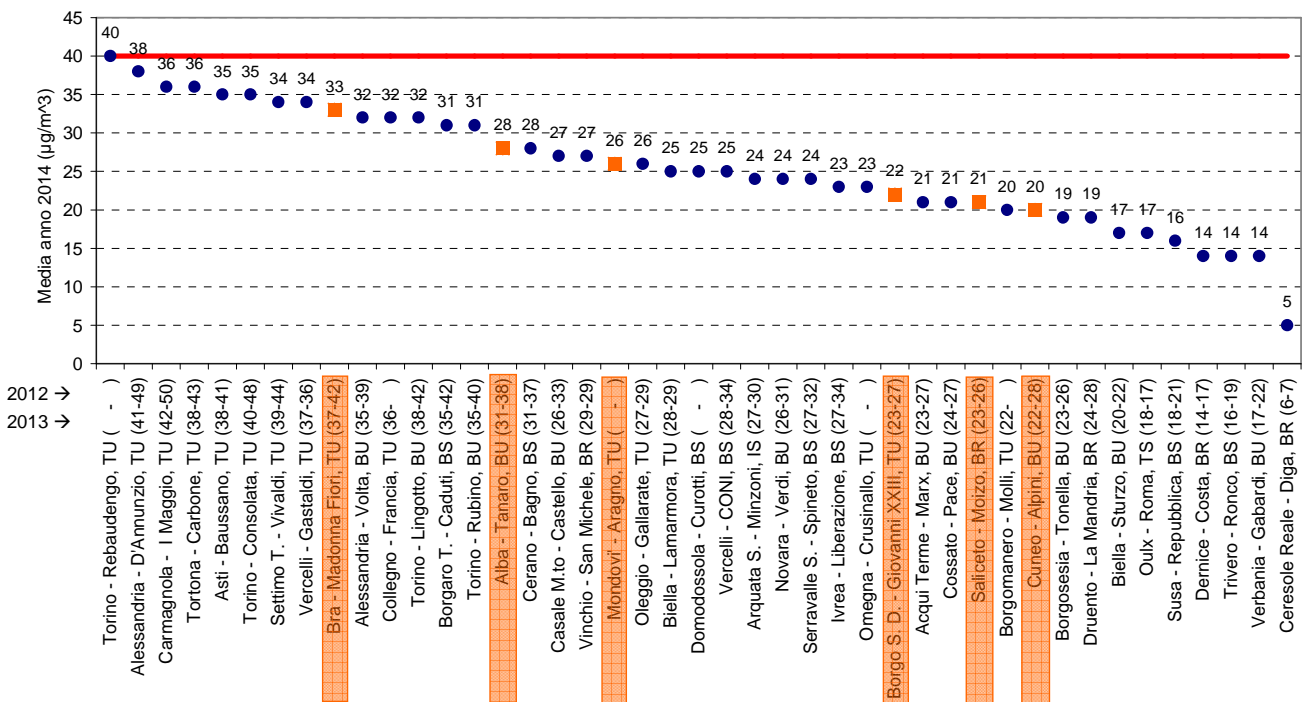


Figura 7)  $\text{PM}_{10}$ : concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2014 in ordine decrescente (sulle ascisse, dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, le concentrazioni medie del 2013 e del 2012; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

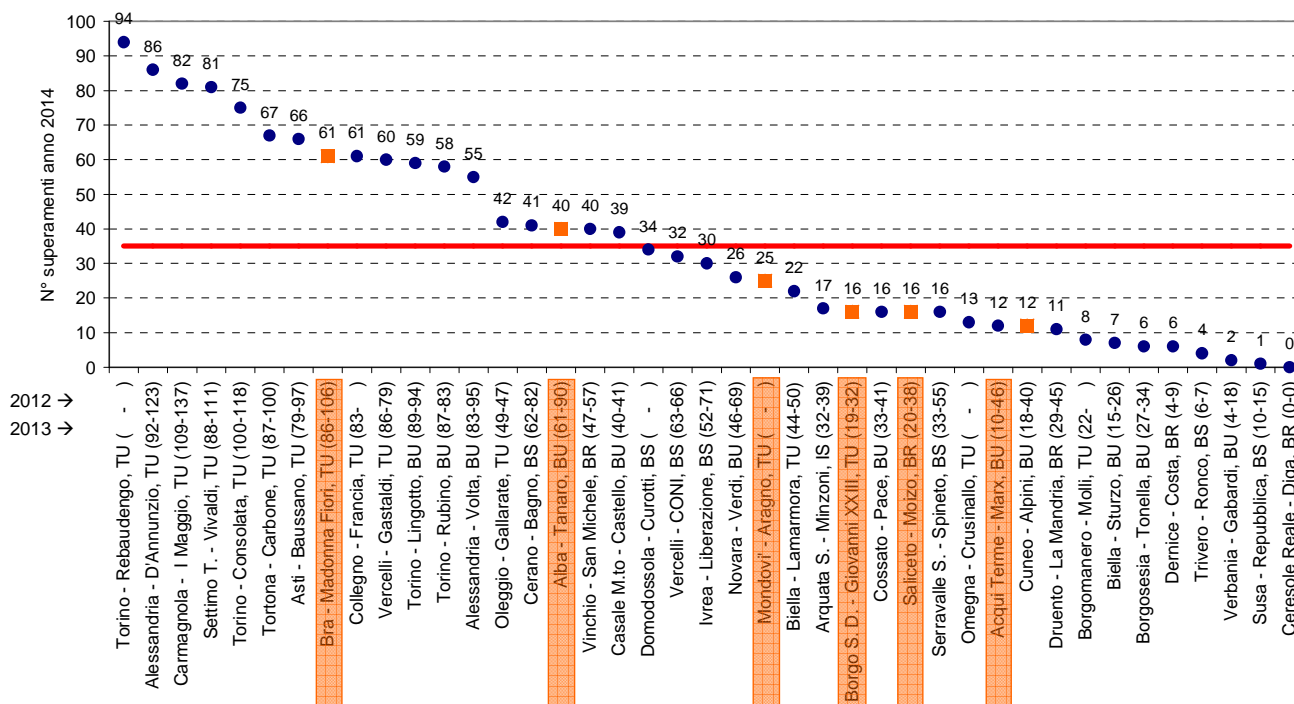


Figura 8)  $PM_{10}$ : numero di superamenti del limite giornaliero nelle centraline della regione nel 2014 in ordine decrescente (sulle ascisse dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, il numero di superamenti del 2013 e del 2012; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

Medie annue e numero di superamenti del limite giornaliero del  $PM_{10}$  sono rappresentate nelle figure 9 e 10 con scale di colore sulla mappa regionale. Le centraline con percentuale di dati validi superiore al 90% sono state suddivise per tipologia: a sinistra le stazioni di fondo e a destra quelle da traffico. Le concentrazioni medie più elevate ed i numeri di superamenti del limite giornaliero maggiori sono stati riscontrati presso le stazioni da traffico urbane poste nella zona centrale della regione facente parte del bacino padano, dove è maggiore l'accumulo di inquinanti come il materiale particolato che è caratterizzato da lunghi tempi di permanenza in atmosfera.

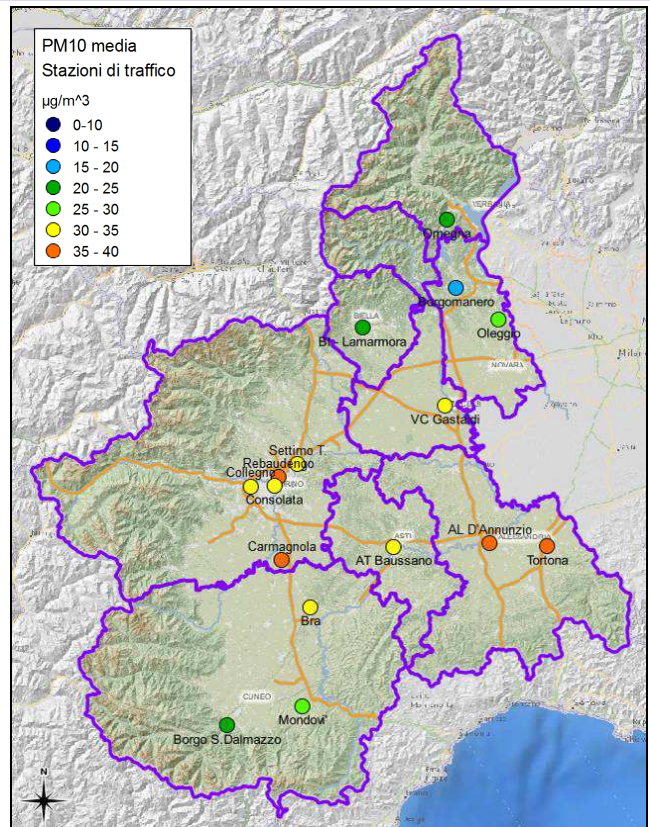
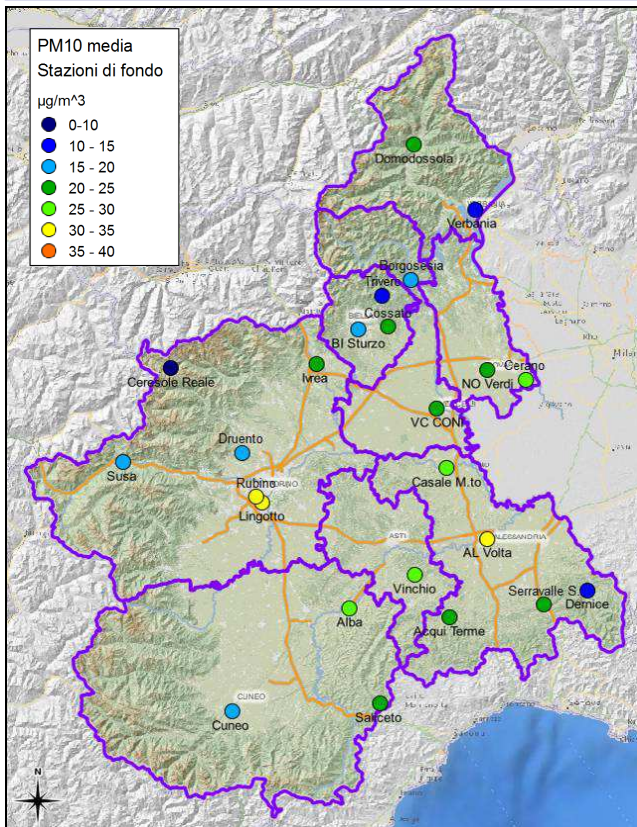


Figura 9) PM<sub>10</sub>: concentrazioni medie dell'anno 2014 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

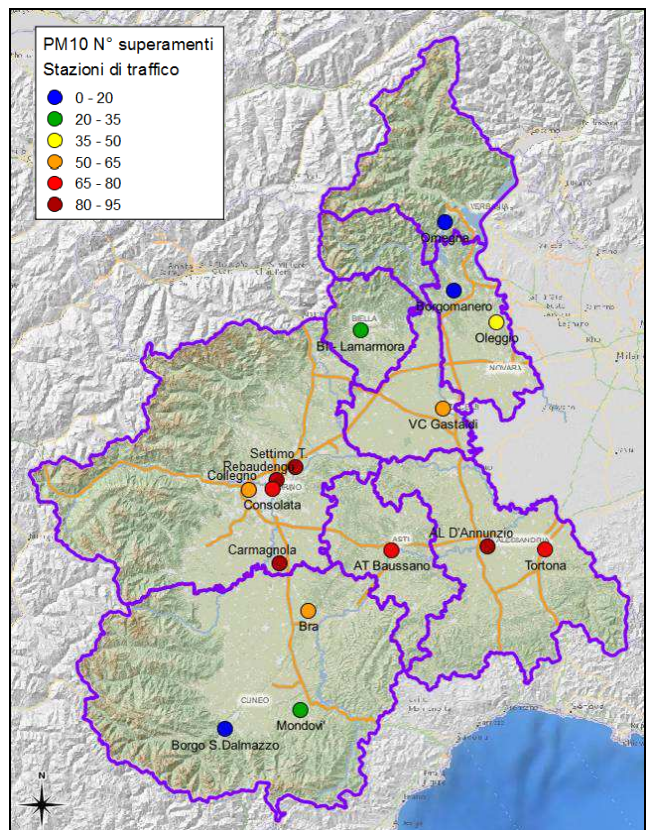
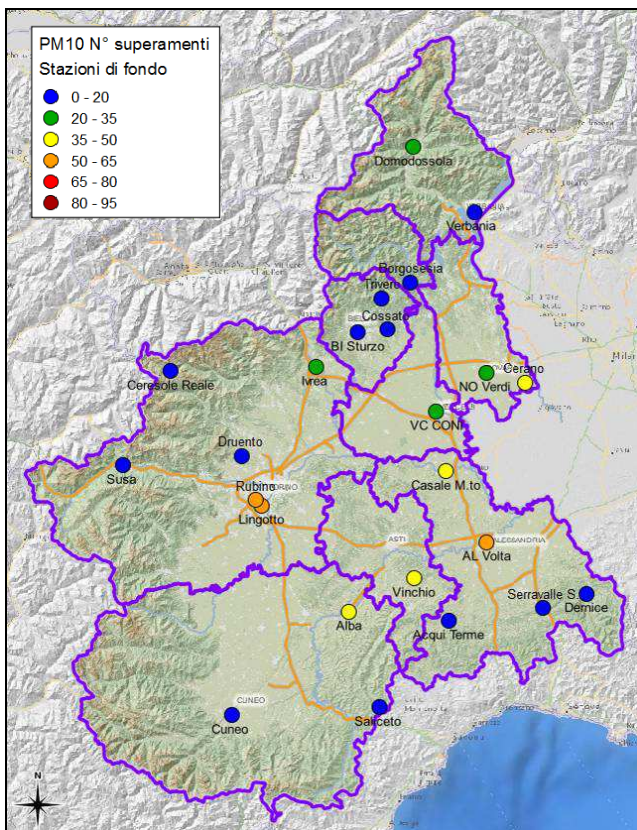


Figura 10) PM<sub>10</sub>: numero di superamenti della concentrazione giornaliera di 50 µg/m<sup>3</sup> dell'anno 2014 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

Comune alle altre Regioni del bacino padano è stata, nel 2014, la situazione di miglioramento dell'inquinamento da polveri riscontrata in Piemonte; nella Regione Emilia Romagna, ad esempio, è stato rispettato in tutte le stazioni il valore limite annuale per la protezione della salute umana e si è registrata un'ulteriore diminuzione, rispetto al 2013, del numero di superamenti del valore limite giornaliero di PM<sub>10</sub> nelle stazioni di fondo urbano/suburbano e da traffico. Tale situazione è stata positivamente condizionata anche dall'andamento meteorologico, con un numero di giornate favorevoli all'accumulo del PM<sub>10</sub> nei mesi invernali del 2014 (da gennaio a marzo e da ottobre a dicembre) decisamente inferiore alla media<sup>4</sup>.

### **Le concentrazioni del 2014 e l'influenza delle condizioni meteorologiche**

La variazione delle condizioni meteorologiche da un anno all'altro condiziona fortemente la variabilità interannuale dei valori di concentrazione degli inquinanti.

Le interazioni della meteorologia con il trasporto, la formazione, le trasformazioni chimiche, la dispersione del PM<sub>10</sub> sono molteplici e complesse, tuttavia nel seguito sono riportate alcune considerazioni ed elaborazioni relative all'influenza di alcuni parametri meteorologici sui livelli dell'inquinamento da polveri sottili registrati nella provincia di Cuneo.

La serie temporale delle concentrazioni giornaliere misurate nell'anno 2014 in provincia di Cuneo è riportata nella figura della pagina seguente. Si può osservare l'ottimo accordo tra gli andamenti delle concentrazioni nei diversi siti, dovuto al lungo tempo di permanenza nell'aria delle polveri sottili che conferisce loro carattere ubiquitario e fa sì che le oscillazioni nel tempo delle concentrazioni siano principalmente condizionate dai fattori meteoclimatici. Nella figura oltre alle concentrazioni di PM<sub>10</sub> sono riportati anche i valori delle precipitazioni giornaliere registrate presso la stazione meteo di Fossano, scelta poiché in posizione centrale nella provincia.

Come ripreso dall'analisi climatica del 2014<sup>5</sup>, la frequenza dei giorni nuvolosi e della circolazione atlantica nei mesi autunnali ed invernali ha ridotto i periodi con stabilità anticiclonica, forte irraggiamento notturno e marcata inversione termica che usualmente caratterizzano, oltre che i fenomeni nebbiosi sulla pianura piemontese, anche gli episodi di accumulo degli inquinanti. Il 2014, come già l'anno precedente, è stato pertanto caratterizzato dall'assenza di periodi prolungati con concentrazioni elevate e ciò è evidente nella figura 11 dove si osservano diversi picchi con concentrazioni superiori al limite giornaliero ma della durata di pochi giorni, intervallati dalle frequenti precipitazioni atmosferiche che hanno contraddistinto il 2014. Le precipitazioni, insieme al vento, costituiscono i principali fenomeni di rimozione delle polveri e nella figura 11 si può osservare come, in corrispondenza di giorni piovosi, si siano verificate riduzioni delle concentrazioni.

Nel mese di ottobre si è verificato uno dei periodi con assenza di precipitazioni più lunghi dell'anno (20 giorni), ciò nonostante il 22 ottobre, ovvero circa a metà periodo, un netto calo delle concentrazioni è stato registrato a livello regionale a causa dell'azione di rimozione del vento che ha avuto intensità particolarmente elevate in tale giorno per le diffuse condizioni di foehn<sup>6</sup>. Nei giorni seguenti, il calo delle temperature e l'aumento della pressione dovuto alla presenza di un promontorio anticiclonico, hanno favorito l'instaurarsi di inversioni termiche e pertanto, oltre al ritorno dei fenomeni di nebbia fitta, anche l'accumulo degli inquinanti; di conseguenza, per sei giorni consecutivi, le due stazioni più a nord della provincia hanno registrato il superamento del limite giornaliero per il PM<sub>10</sub> ed il 31 ottobre sono state

<sup>4</sup> Fonte: Arpa Emilia Romagna – Aria – Dati 2014

<sup>5</sup> “Il clima in Piemonte Anno 2014” Sistemi Previsionali Arpa Piemonte – Gennaio 2015

<sup>6</sup> “Il clima in Piemonte Ottobre 2014” Sistemi Previsionali Arpa Piemonte

osservate le concentrazioni più elevate dell'anno: 116  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ad Alba, 133  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a Bra Madonna dei Fiori, 97  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a Mondovì, 83  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a Saliceto e 69  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a Cuneo. Le polveri sono state poi abbattute dalle intense precipitazioni del 4 novembre.

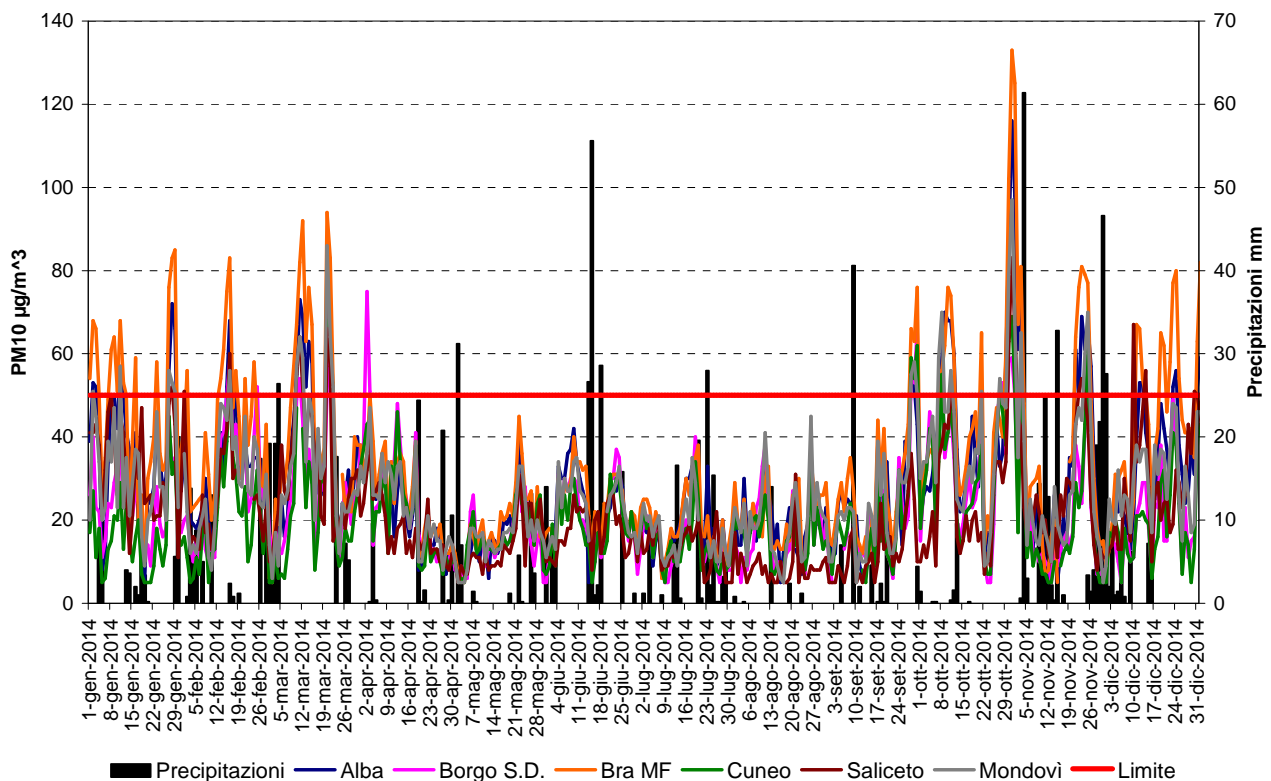


Figura 11)  $\text{PM}_{10}$ : concentrazioni medie giornaliere rilevate nelle stazioni della provincia nel 2014.

Analizzando i dati delle precipitazioni atmosferiche registrati dalle stazioni meteorologiche di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto (figura 12), dei dodici anni considerati, il 2014 si rivela come l'anno con il maggior quantitativo di precipitazioni (media della precipitazione cumulata pari a 1077 mm), e, aspetto più rilevante ai fini dell'abbattimento delle polveri, con il maggior numero di giorni con precipitazioni di almeno 5 mm (57 giorni).

Nello stesso grafico sono indicate le medie provinciali dei superamenti del limite giornaliero dei  $\text{PM}_{10}$  registrati nei siti con stazioni attive per tutto il periodo di analisi (Alba, Bra, Cuneo Saliceto).

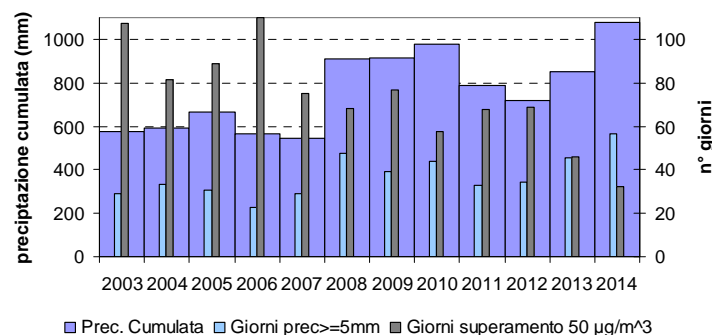


Figura 12) Medie provinciali della precipitazione cumulata e del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto) e del numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei  $\text{PM}_{10}$ .



Data la “stagionalità” dell’inquinamento da polveri sottili, i numeri dei giorni di superamento del limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e i numeri dei giorni con precipitazioni di almeno 5 mm sono stati suddivisi nei quattro trimestri di ogni anno e rappresentati nei grafici della figura 13. Oltre all’abbondanza delle precipitazioni, il 2014 si distingue per la buona distribuzione sull’arco dell’anno dei giorni di pioggia, infatti dei 57 giorni con precipitazioni maggiori di 5 mm, la maggior parte si sono verificati nei due trimestri generalmente più critici per l’inquinamento da polveri: 17 nel primo e 16 nell’ultimo trimestre.

Siccome al momento della redazione di questo lavoro sono disponibili i dati del primo trimestre 2015, le relative informazioni sono state inserite nel primo grafico e si può osservare come, nel primo trimestre 2015 si sia verificato un numero minore di giorni di pioggia rispetto al corrispondente periodo del 2014, ed un maggior numero di superamenti.

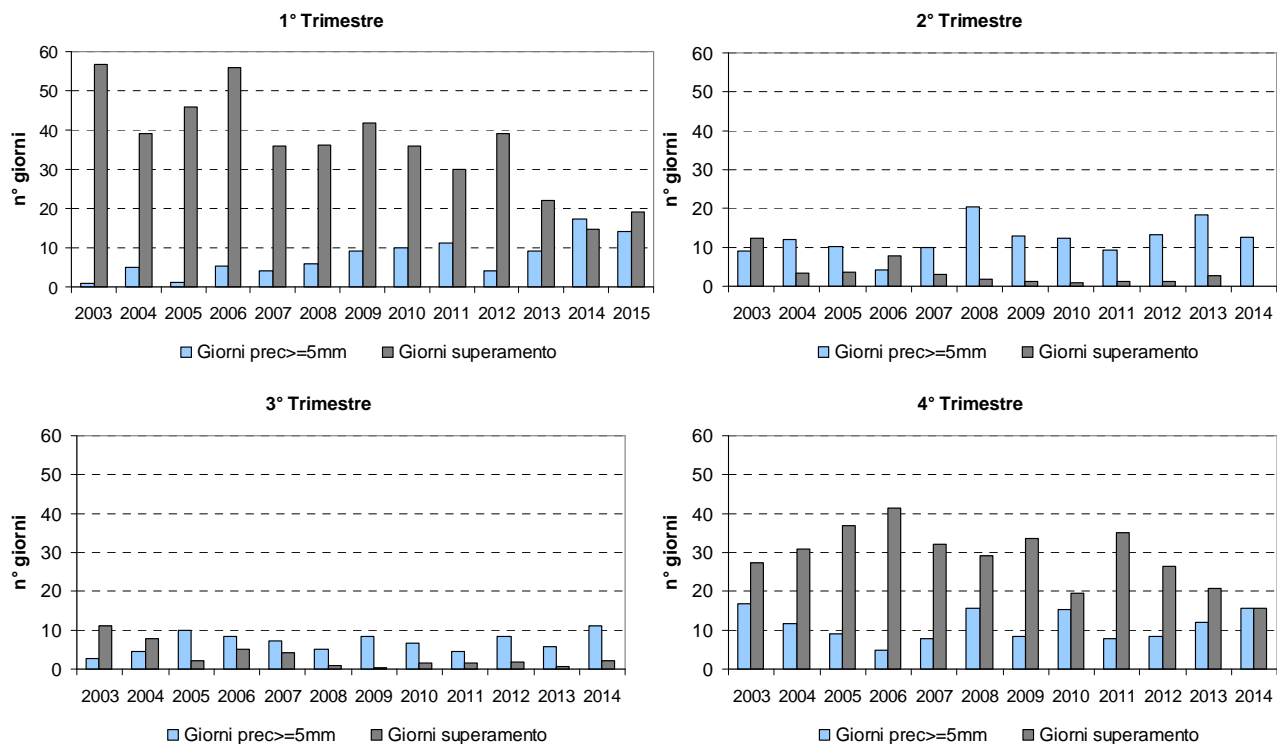


Figura 13) Media provinciale del numero di giorni con superamento del limite giornaliero per i  $\text{PM}_{10}$  e numero di giorni con precipitazioni cumulate di almeno 5 mm (dalla media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto).

Rappresentando su un grafico ogni anno in base al numero di giorni di superamento e al numero di giorni con almeno 5 mm di pioggia (grafico di sinistra della figura 14) e calcolando la regressione lineare tra queste due variabili utilizzando i dati dal 2003 al 2013, escludendo quindi quelli del 2014, si osserva che i dati del 2014 sono ben rappresentati dalla regressione lineare degli anni precedenti. Ovvero il numero di giorni di superamento registrati nel 2014 corrisponde con quanto previsto dalla regressione calcolata sugli anni precedenti in base al numero di giorni di pioggia. Analoga situazione si verifica per la concentrazione media annua (grafico di destra della figura 14).

Occorre comunque considerare che il numero di giorni di precipitazioni non può esaurire la spiegazione del complesso meccanismo che determina i livelli di concentrazione del  $\text{PM}_{10}$ , infatti per la maggior parte degli anni precedenti, il numero di giorni di superamento (o la media annua) non corrisponde a quanto previsto dalla regressione lineare. Limitandoci ancora alle precipitazioni, è diversa l’efficacia che esse possono avere sui livelli di inquinamento a seconda della loro distribuzione nell’arco dell’anno; nel 2008 ad esempio, che dopo il 2014 è stato l’anno con il maggior numero di giorni di pioggia, si sono registrati

molti superamenti in più rispetto a quanto previsto dal modello, ma, a differenza del 2014, le precipitazioni del primo trimestre sono state molto scarse.

Il fatto che per gli anni 2011, 2012 e 2013 i giorni di superamento (e le medie annue) registrati siano inferiori a quanto previsto dalla regressione potrebbe essere anche attribuibile alla riduzione nelle emissioni che sicuramente le migliori tecnologie adottate negli ultimi anni stanno determinando.

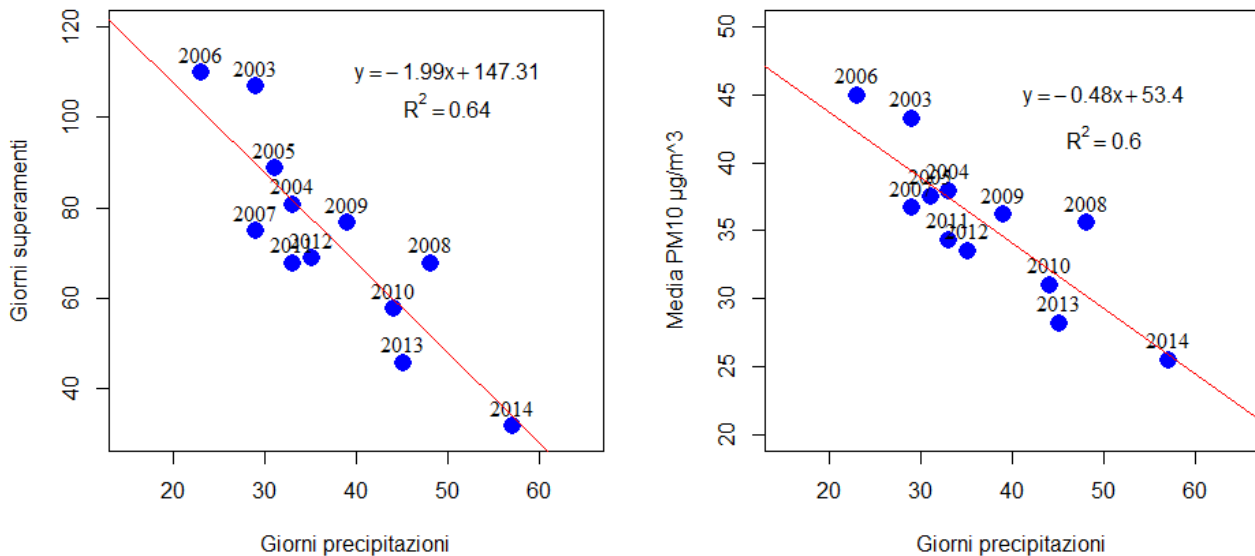


Figura 14) Numero di giorni per anno con superamento del limite giornaliero per i  $PM_{10}$  e medie annuali di  $PM_{10}$  in funzione del numero di giorni con precipitazioni cumulate di almeno 5 mm, in rosso regressione lineare calcolata sugli anni 2003-2013.

Le precipitazioni atmosferiche si confermano come eventi determinanti nella rimozione degli inquinanti, che condizionano soprattutto le fluttuazioni tra i singoli anni dei livelli raggiunti dall'inquinamento da polveri sottili ed in particolare il relativo numero di superamenti del limite giornaliero.

Analizzando la serie temporale dal 2003 al 2014 del numero di giorni con precipitazioni di almeno 5 mm (visibile nella figura 12), si riscontra inoltre un incremento nel tempo di tale indicatore che, con i dati del 2014, assume significatività statistica ( $p < 0.01$ ). Considerando tale incremento insieme alla regressione sopra illustrata è possibile attribuire all'aumento della piovosità buona parte della riduzione riscontrata nel tempo nel numero di giorni di superamento.

Per valutare i livelli di inquinamento che caratterizzano i periodi di accumulo degli inquinanti, nelle elaborazioni rappresentate nella figura seguente, si è tentato di individuare i giorni, o parte dei giorni, appartenenti ai periodi di accumulo in base alla presenza di nebbia. Per fare ciò sono stati utilizzati i dati forniti dalla Struttura Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte per le stazioni meteorologiche di Carmagnola, Levaldigi e Govone, e sono stati classificati come giorni di "nebbia" i giorni in cui, per almeno una delle tre stazioni considerate, era stata individuata la presenza di "nebbia ordinaria" ovvero con visibilità inferiore a 1000 m.

I dati del periodo 1 gennaio 2014 ÷ 31 maggio 2015 sono stati quindi suddivisi in tre categorie: giorni di "nebbia" senza fenomeni di rimozione nella stessa giornata o in quella precedente; giorni senza nebbia e senza rimozione, ovvero con vento inferiore a 1.5 m/s e con precipitazioni inferiori a 5 mm nella giornata stessa o in quella precedente; giorni di rimozione, ovvero con vento superiore a 1.5 m/s oppure precipitazioni di almeno 5 mm nella

giornata stessa o in quella precedente. Le distribuzioni delle concentrazioni di  $PM_{10}$ , suddivise in queste tre categorie di giornate, sono rappresentate con box plot nella figura seguente per le stazioni di Alba, Bra, Cuneo e Mondovì.

Per le stazioni di Alba, Bra e Mondovì è netta la differenza tra i livelli di  $PM_{10}$  registrati nelle tre diverse categorie individuate e, nelle giornate di “nebbia”, il valore medio della concentrazione è superiore a  $40 \mu g/m^3$ . Sebbene per la stazione di Cuneo le concentrazioni sembrano risentire meno dell’aumento delle concentrazioni nelle giornate di “nebbia”, anche in questo caso le differenze tra le tre categorie individuate sono statisticamente significative.

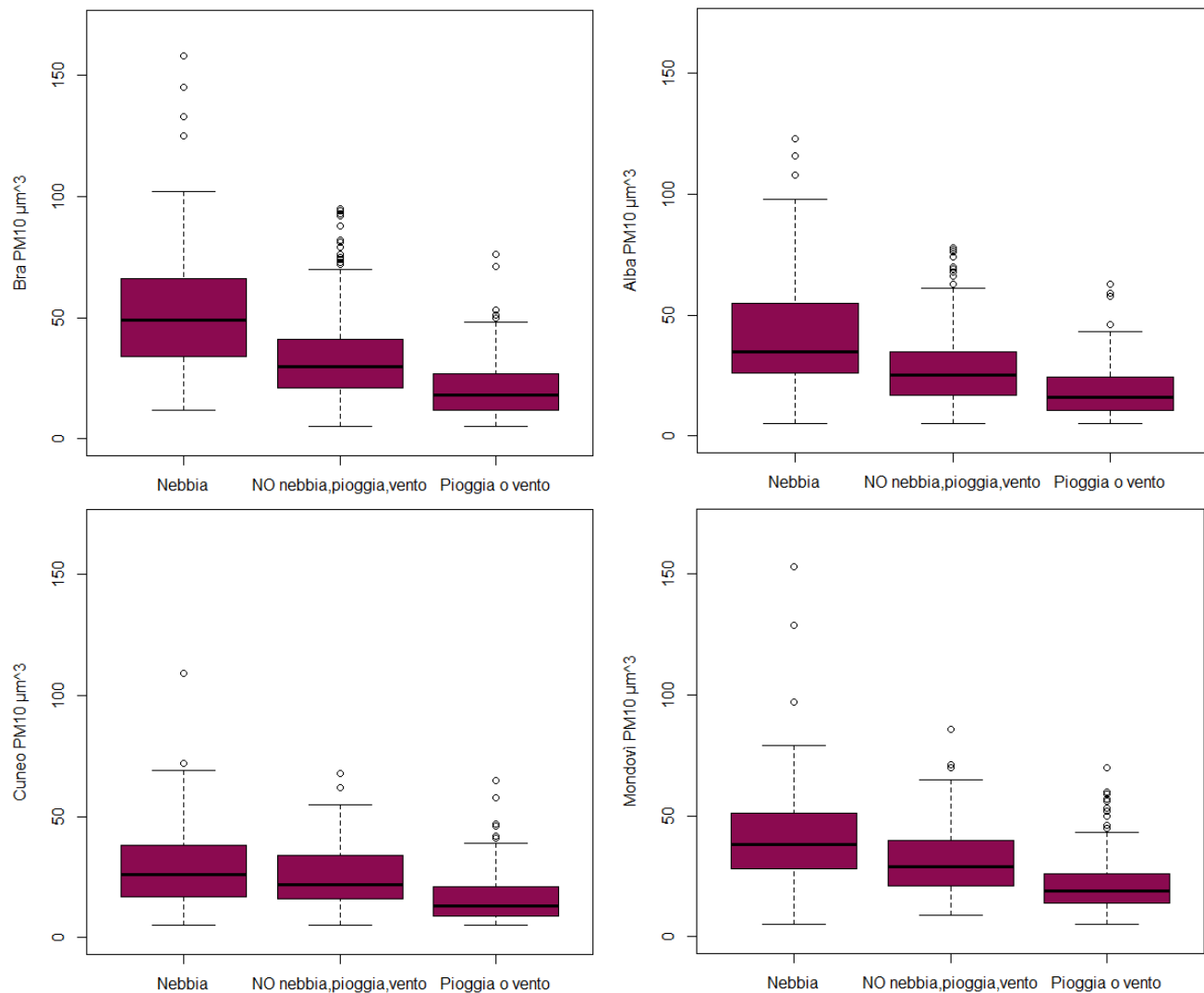


Figura 15) Box plots delle concentrazioni giornaliere di  $PM_{10}$  di Alba, Bra, Cuneo e Mondovì suddivise tra giornate con nebbia e senza fenomeni di rimozione, giornate senza nebbia e senza rimozione, giornate con rimozione dovuta alla precipitazione o al vento.

Le giornate caratterizzate da nebbia ordinaria sembrano pertanto essere un possibile indicatore delle giornate di accumulo degli inquinanti.

Nella figura seguente è rappresentata la serie dal 2003 al 2014 delle medie provinciali dei superamenti del limite giornaliero dei  $PM_{10}$  insieme al numero di giorni di nebbia ordinaria senza fenomeni di rimozione. Dal 2009 in poi è visibile un certo accordo tra gli andamenti delle due variabili, e di questi ultimi sei anni il 2014 ed il 2010, che per l’inquinamento da polveri sono stati due anni di “minimi relativi” (si veda la figura 4), sono gli anni con la minor

ricorrenza di giorni di nebbia. Sull'insieme complessivo di dati disponibili tuttavia la correlazione tra le due variabili non è statisticamente significativa.

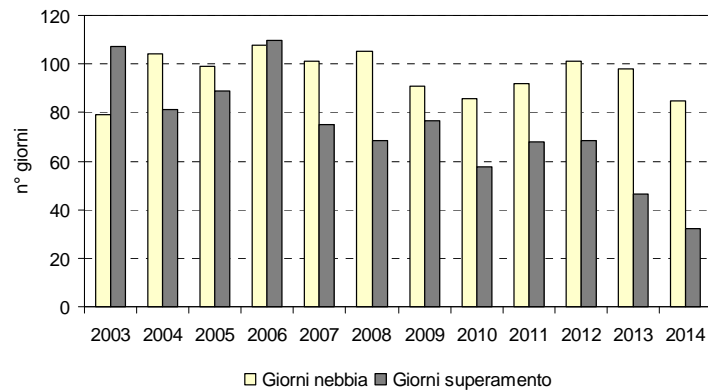


Figura 16) Medie provinciali del numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei PM<sub>10</sub> e numero di giorni di nebbia senza rimozione.

In conclusione il minimo storico per l'inquinamento da polveri sottili che è stato registrato nel 2014 è stato fortemente condizionato, oltre che dalle minori emissioni che si stanno progressivamente raggiungendo con il miglioramento delle tecnologie, dalle condizioni meteorologiche, in particolare dalle frequenti precipitazioni e dalla minor occorrenza di periodi favorevoli all'accumulo degli inquinanti che hanno caratterizzato il 2014.

### Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

La presenza di evoluzioni significative nelle serie storiche dei dati di PM<sub>10</sub>, è stata valutata ed aggiornata rispetto alle valutazioni precedenti<sup>7</sup> con i dati fino al 31 maggio 2015, utilizzando il metodo di Theil-Sen<sup>8, 9</sup>, implementato nel pacchetto software OpenAir<sup>10</sup> di cui è stata utilizzata la versione 1.1-0 del 5 gennaio 2015. Lo stimatore di Theil-Sen è un metodo di stima non parametrico, ovvero prescinde da ipotesi specifiche sulla distribuzione dei dati presi in esame, ed è uno stimatore "robusto" (ovvero poco sensibile) alla presenza di valori anomali (outliers).

Siccome le concentrazioni dei PM<sub>10</sub> presentano una spiccata stagionalità, con valori elevati nei periodi invernali e contenuti in quelli estivi, ed il metodo di Theil-Sen richiede che i dati non abbiano ciclicità, prima del calcolo del trend e della sua significatività è stata rimossa la componente stagionale dei dati sempre con l'uso del pacchetto OpenAir.

Per le stazioni attivate nell'anno 2002 sono state considerate le serie storiche dei dati giornalieri a partire dal 2003, i dati del primo anno non sono stati considerati a causa della disponibilità limitata avuta nei primi mesi. Per Bra è stata valutata la serie di dati misurata presso la stazione di Madonna dei Fiori a partire dal 2011, mentre per la stazione di Borgo San Dalmazzo, installata nel 2005 e dismessa il 31 dicembre 2014 è stato analizzato il suo decennio di funzionamento. I dati della stazione di Mondovì Aragno non sono stati considerati per la brevità della serie storica a disposizione. Ad eccezione della stazione di Borgo San Dalmazzo, per tutte le altre stazioni sono stati analizzati i dati fino al 31 maggio 2015.

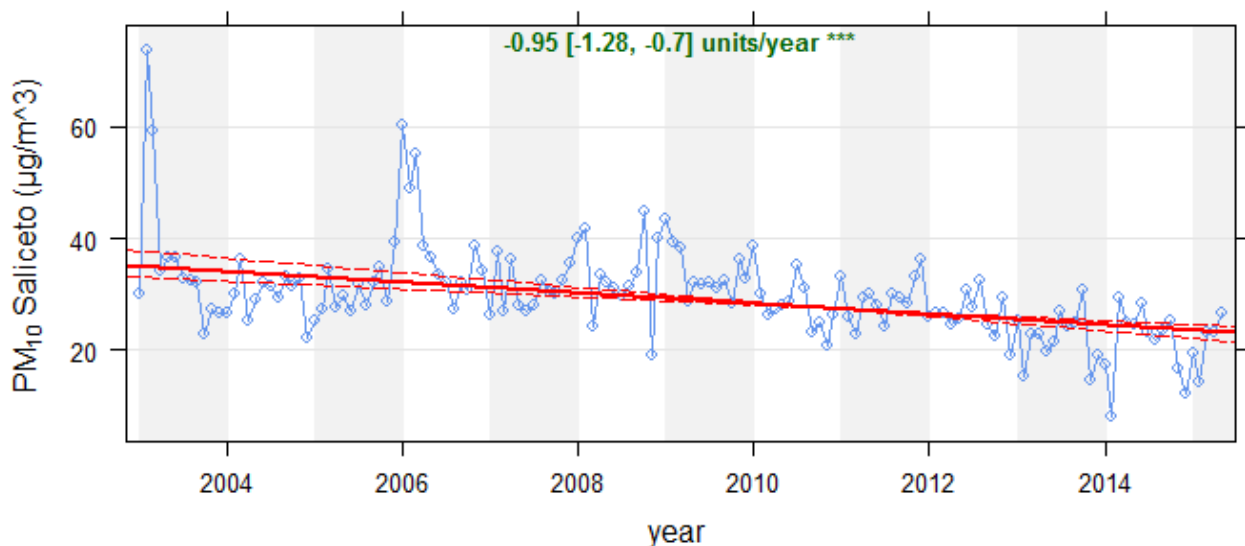
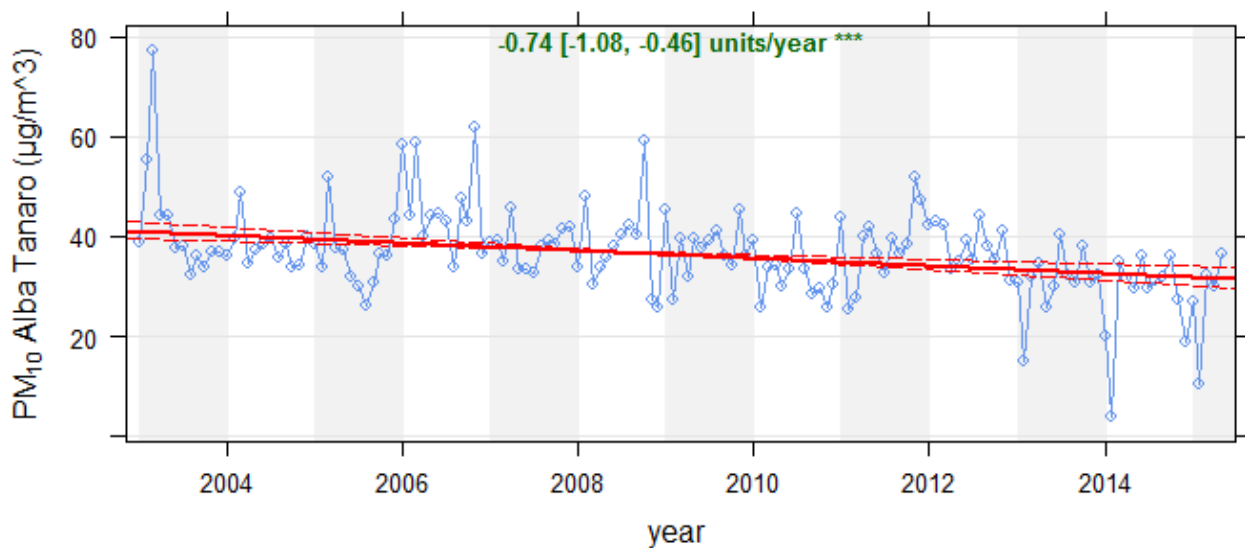
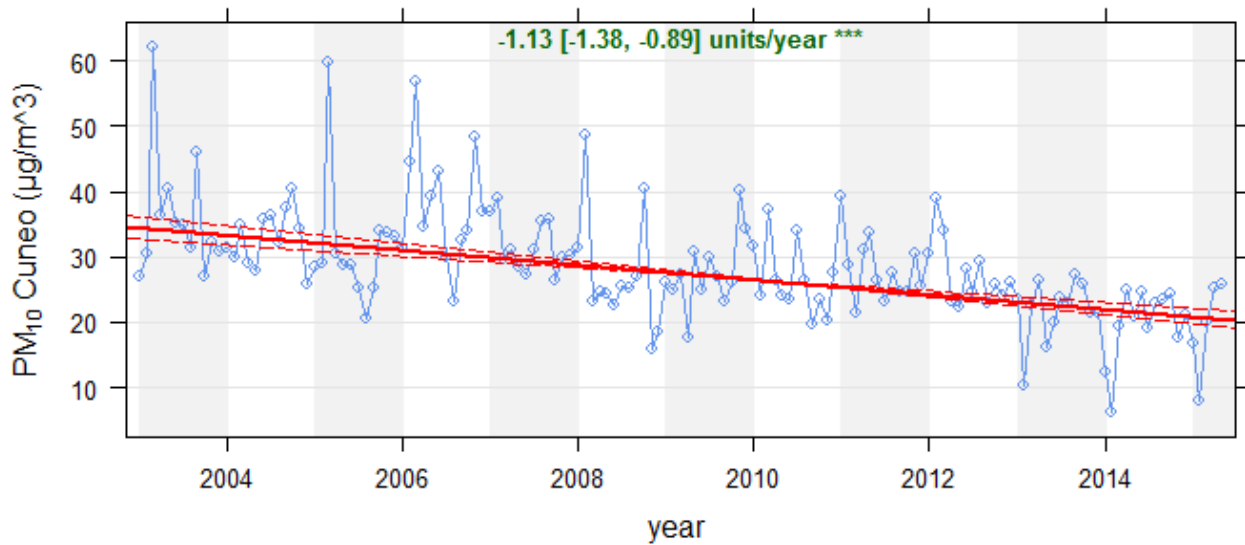
<sup>7</sup> "Monitoraggio della qualità dell'aria - Anno 2013" Dipartimento Arpa di Cuneo – maggio 2014

<sup>8</sup> 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.

<sup>9</sup> Sen, P. K., 1968. "Estimates of regression coefficient based on Kendall's tau." Journal of the American Statistical Association 63(324).

<sup>10</sup> Carslaw, D.C. (2012). "The openair manual – open-source tools for analysing air pollution data". King's College London

I grafici della figura 17 rappresentano le medie mensili destagionalizzate dei PM<sub>10</sub>. La linea rossa continua indica il trend stimato e le due rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%. Il valore complessivo del trend, in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per anno, è indicato in alto e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.



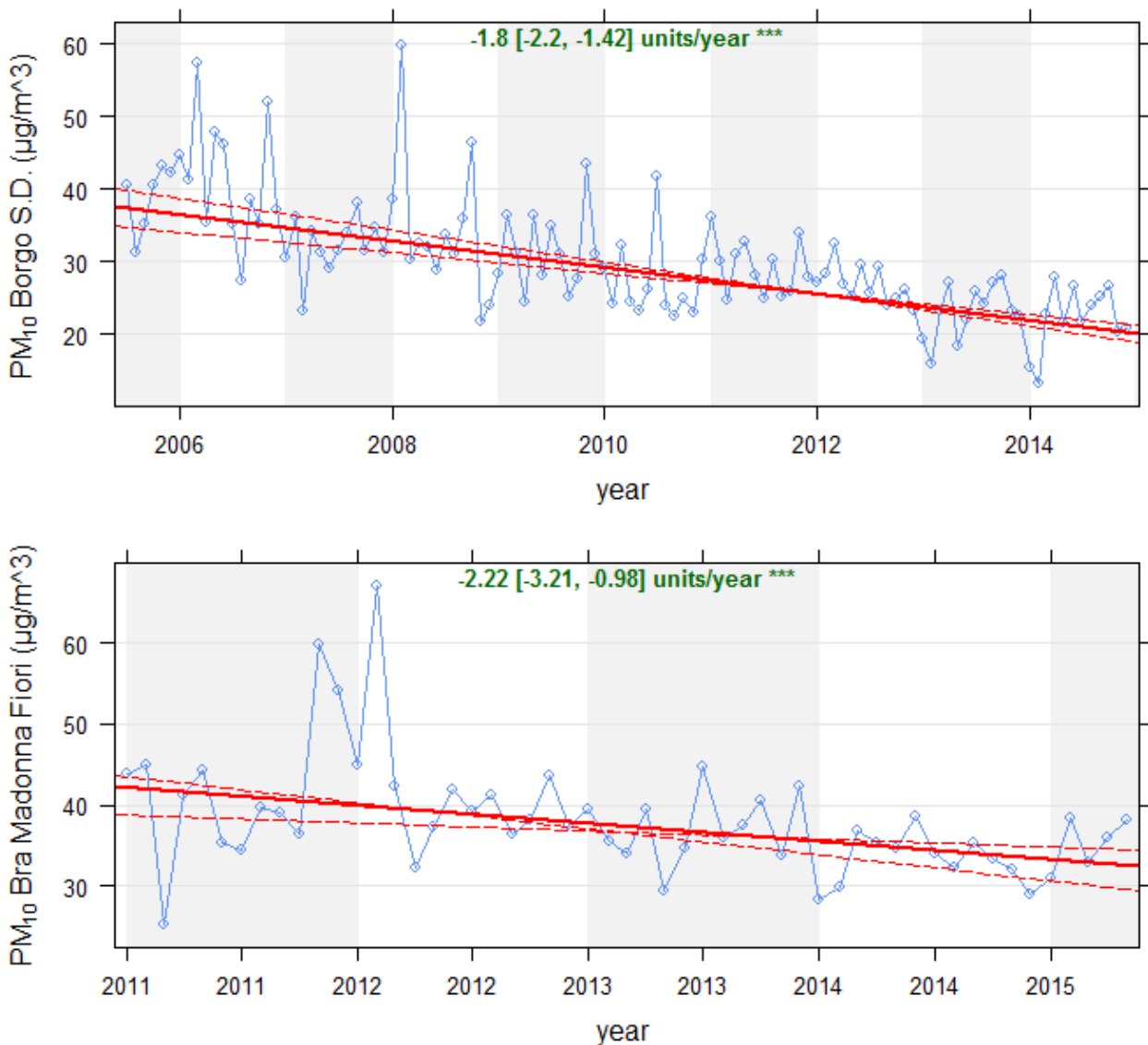


Figura 17) Stima dei trend delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>

L'analisi evidenzia, per tutte le stazioni della provincia, una tendenza alla diminuzione statisticamente significativa.

Per le stazioni di Cuneo e Borgo San Dalmazzo i valori registrati nell'ultimo anno non hanno portato ad un miglioramento dei trend di riduzione delle concentrazioni valutati sugli anni precedenti e sembrano indicare il raggiungimento di una situazione stabilizzata ad un "minimo locale".

Per i dati di Bra Madonna dei Fiori, nonostante la significatività statistica, la limitata durata della serie storica determina ancora, rispetto alle altre stazioni, una maggiore ampiezza dell'intervallo di confidenza.

Come si può osservare nel grafico di figura 18, dove sono riassunti i trend con relativi intervalli di confidenza per tutte le stazioni le riduzioni più cospicue delle concentrazioni sono evidenziate dai dati dei siti di Bra e Borgo San Dalmazzo. Si tratta in entrambi i casi di stazioni di traffico urbano di siti che hanno risentito, soprattutto negli anni passati, delle ricadute di emissioni industriali.

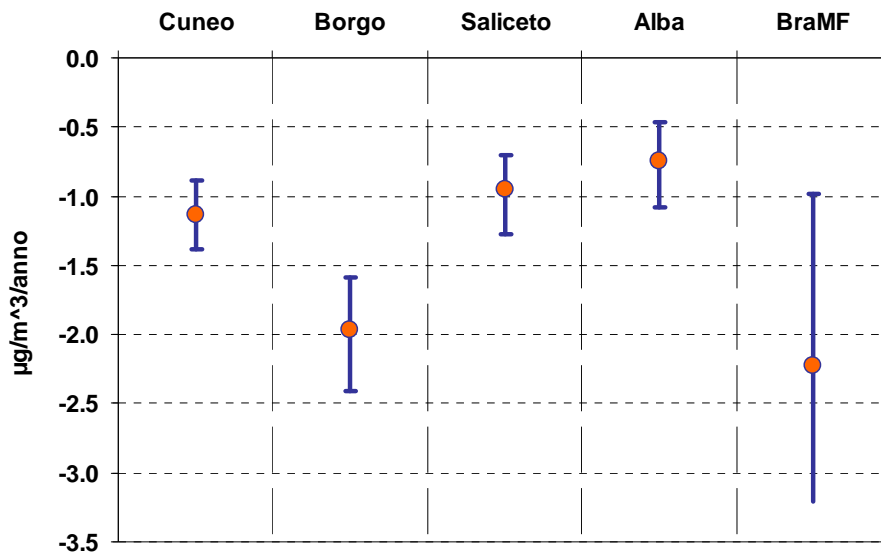


Figura 18) Trend stimati delle concentrazioni di  $PM_{10}$ . Le barre blu indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

Le diminuzioni individuate per i dati delle stazioni di fondo di Alba (fondo urbano) e Saliceto (fondo rurale), di entità molto più modeste di quelle di Bra e Borgo San Dalmazzo, sono indice del miglioramento dell'inquinamento atmosferico da polveri sottili che si è riscontrato su ampia scala, e che, oltre ad essere dovuto alle azioni intraprese e portate avanti negli anni nella riduzione delle emissioni provenienti dai diversi settori che contribuiscono all'inquinamento atmosferico, ha sicuramente un contributo legato alla maggiore piovosità riscontrata nel tempo. A tale miglioramento di ampia scala, nei siti di Bra e Borgo San Dalmazzo (e in modo inferiore anche a Cuneo) si sommano le riduzioni di contributi prettamente locali, verosimilmente attribuibili alle industrie ivi presenti.

Occorre, in riferimento alle aziende locali, considerare che alla riduzione delle emissioni hanno sicuramente contribuito i miglioramenti gestionali ed impiantistici che le aziende hanno messo in atto (in particolare a partire dagli anni 2007 e 2008, con l'adeguamento alle Migliori Tecnologie Possibili –BAT- previste dalle Autorizzazioni Integrate Ambientali) e alla diminuzione di produzione causata dalla crisi economica degli ultimi anni.

Le analisi condotte ci portano a concludere che per poter proseguire nella riduzione dei livelli dell'inquinamento da polveri sottili e fare in modo che il 2014, particolarmente favorito dalle condizioni meteorologiche, non rappresenti in futuro un minimo storico ma si raggiunga un rispetto duraturo dei limiti normativi, occorrerà realizzare sempre più in modo omogeneo e congiunto misure di contrasto all'inquinamento atmosferico in tutto il Bacino Padano prestando molta attenzione agli inquinanti precursori ( $NO_x$ ,  $SO_x$ , COVNM,  $NH_3$ ).

## PM<sub>2.5</sub>

Il 2014 è stato il quarto anno completo di dati della frazione di particolato con diametro inferiore a 2.5 µm (il cosiddetto PM<sub>2.5</sub> o frazione *fine* o *respirabile*) misurato presso la stazione di Cuneo, ed il primo anno per le stazioni di Mondovì e Staffarda. Il processo di revisione della rete regionale aveva infatti anche predisposto la conclusione della misurazione nel sito di fondo rurale di Saliceto al 31 dicembre 2013, lo spostamento del campionatore gravimetrico nella stazione di traffico-urbana di Mondovì Aragno, attivata dal 1° gennaio 2014, e la misura della sola frazione fine nella stazione di fondo rurale di Revello Staffarda, con misuratore automatico a raggi beta.

Nella figura 19 sono rappresentate le concentrazioni medie misurate nei quattro anni di campionamento del PM<sub>2.5</sub> presso la stazione di Cuneo, confrontate con le concentrazioni medie della frazione sottile. Si può osservare come il limite normativo di 25 µg/m<sup>3</sup> stabilito per il PM<sub>2.5</sub> sia sempre stato rispettato nel periodo di misura e come la riduzione delle concentrazioni medie del PM<sub>10</sub>, che si è verificata tra il 2013 ed il 2014, per la stazione di Cuneo sia attribuibile alla riduzione della frazione grossolana del particolato (ovvero la frazione del PM<sub>10</sub> con dimensioni superiori al PM<sub>2.5</sub>), a differenza della riduzione dal 2012 al 2013 attribuibile alla diminuzione della frazione più fine.

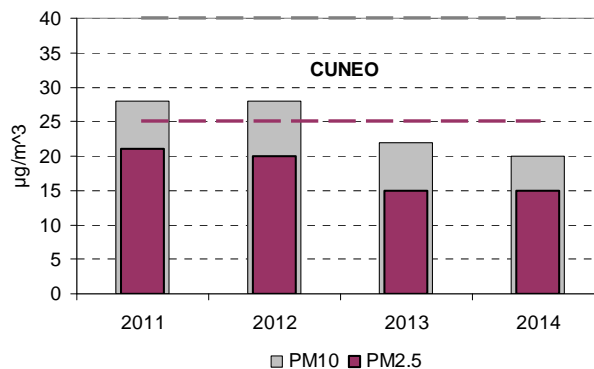


Figura 19) PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub>: concentrazioni medie annue a Cuneo nei quattro anni di misura del PM<sub>2.5</sub>.

Il limite annuale della la frazione PM<sub>2.5</sub> risulta rispettato anche nelle stazioni di Mondovì e Staffarda. Le concentrazioni medie mensili e medie annuali della frazione PM<sub>2.5</sub> sono rappresentate nelle figure seguenti per le tre stazioni in cui è stata misurata nel 2014; per le stazioni di Cuneo e Mondovì sono riportate anche le concentrazioni della frazione PM<sub>10</sub>.

Relativamente alla stazione di Mondovì si può osservare come, sebbene il PM<sub>10</sub> abbia concentrazioni più elevate rispetto a quelle rilevate nel sito di Cuneo (concentrazioni medie annue rispettivamente di 26 µg/m<sup>3</sup> e 20 µg/m<sup>3</sup>), la differenza tra le medie annuali del PM<sub>2.5</sub> sia minima (16 µg/m<sup>3</sup> a Mondovì e 15 µg/m<sup>3</sup> a Cuneo). La stazione di Mondovì risulta infatti caratterizzata da un'elevata percentuale della frazione grossolana, verosimilmente attribuibile alla sua prossimità ad una strada caratterizzata da un elevato traffico veicolare ed in particolare al contributo dovuto al risollevarimento delle polveri depositate al suolo che il passaggio dei veicoli determina. La media per il 2014 del rapporto PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> delle concentrazioni giornaliere assume per la stazione di Mondovì il valore di 0.60 e 0.75 per quella di Cuneo.

Come meglio dettagliato per le stazioni di Cuneo e Saliceto nelle precedenti relazioni<sup>11</sup>, anche per la stazione di Mondovì le variazioni stagionali delle condizioni meteorologiche e termodinamiche dell'atmosfera ed in particolare alla variazione dell'altezza dello strato

<sup>11</sup> "Monitoraggio della qualità dell'aria – Anno 2013" - Arpa Piemonte Dipartimento provinciale di Cuneo



rimescolato, caratterizzano la variabilità stagionale delle concentrazioni della frazione fine del particolato ( $PM_{2.5}$ ), determinando concentrazioni maggiori nei periodi autunnali e invernali, ma non influenzano le concentrazioni della frazione grossolana.

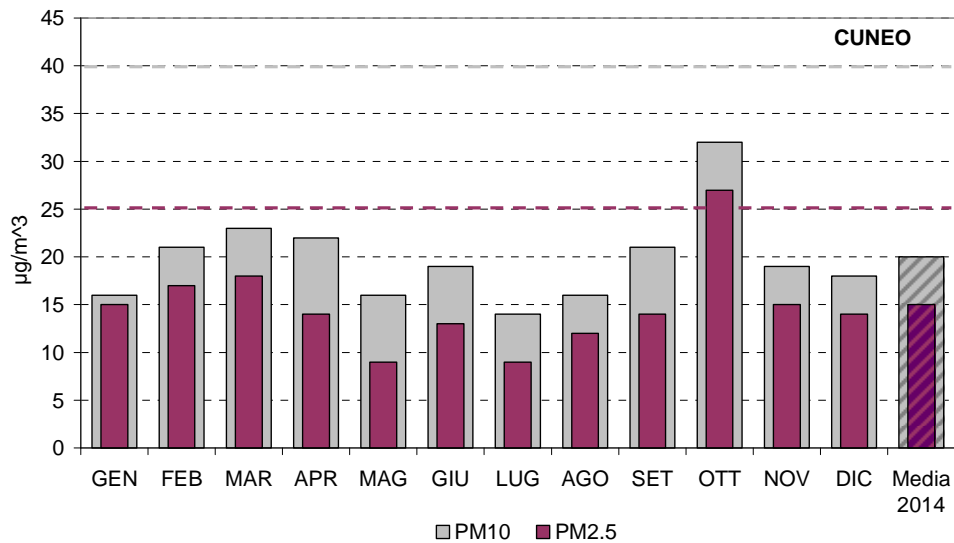


Figura 20) 2014: Concentrazioni medie mensili ed annuali di  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$  per la stazione di Cuneo

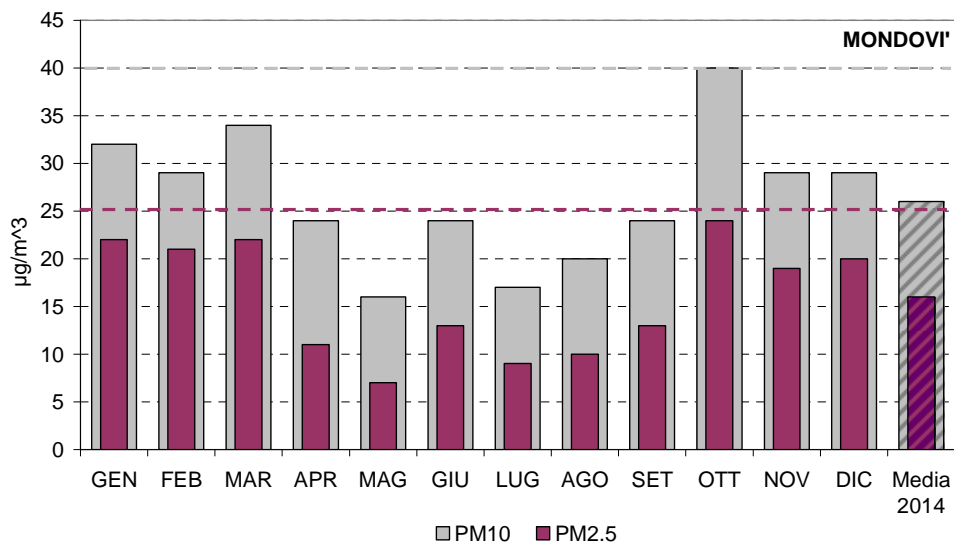


Figura 21) 2014: Concentrazioni medie mensili ed annuali di  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$  per la stazione di Mondovì

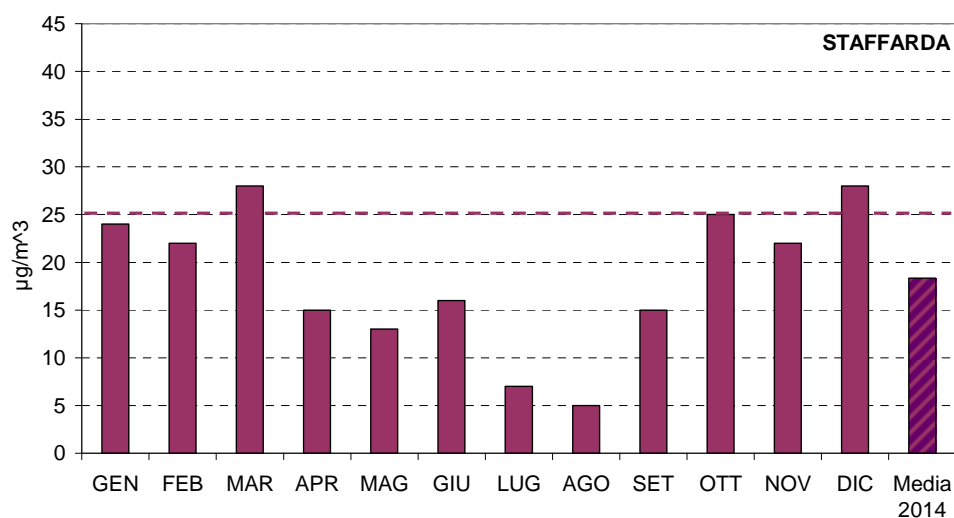


Figura 22) 2014: Concentrazioni medie mensili ed annuali di  $PM_{2.5}$  per la stazione di Staffarda

## Biossido di azoto – NO<sub>2</sub>

A differenza delle polveri sottili, gli ossidi di azoto sono inquinanti più locali, in quanto a causa della loro breve vita media subiscono processi di trasporto a scala spaziale limitata. Le concentrazioni registrate nelle singole stazioni sono pertanto fortemente condizionate dalle eventuali sorgenti presenti in prossimità.

Le concentrazioni medie annue di biossido di azoto rilevate in tutte le centraline della rete provinciale attive nel 2014 sono riportate, nel grafico sottostante, insieme a quelle degli anni precedenti e confrontate con il limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>. Il 2014 è stato il primo anno completo di dati per le stazioni di traffico urbano di Mondovì Aragno e di fondo rurale di Revello Staffarda.

Nel grafico sono state affiancate per Mondovì le medie della stazione di fondo urbana di Largo Marinai d'Italia, dismessa a fine 2013, e quelle della stazione da traffico urbana di via Borgo Aragno per il 2014. La discontinuità tra i dati delle due stazioni di Mondovì è dovuta alla diversa tipologia di stazione e pertanto alla diversa influenza delle emissioni.

Anche per questo inquinante che, insieme al PM<sub>10</sub> risulta tra i più critici del periodo invernale e per il quale sono ancora riscontrati superamenti sia nel bacino padano che in altri paesi europei, emerge già da questo primo indicatore una tendenza alla riduzione delle concentrazioni ed il 2014 si configura come minimo storico.

La media annua più elevata del 2014 è stata quella della stazione di Mondovì Aragno che risulta fortemente condizionata dalla prossimità alla strada statale 28 e dalle emissioni dei veicoli che vi transitano. Anche per questa stazione il limite normativo è stato rispettato.

La media delle concentrazioni registrate a Staffarda coincide con quella dell'altra stazione di fondo rurale della provincia posizionata a Saliceto.

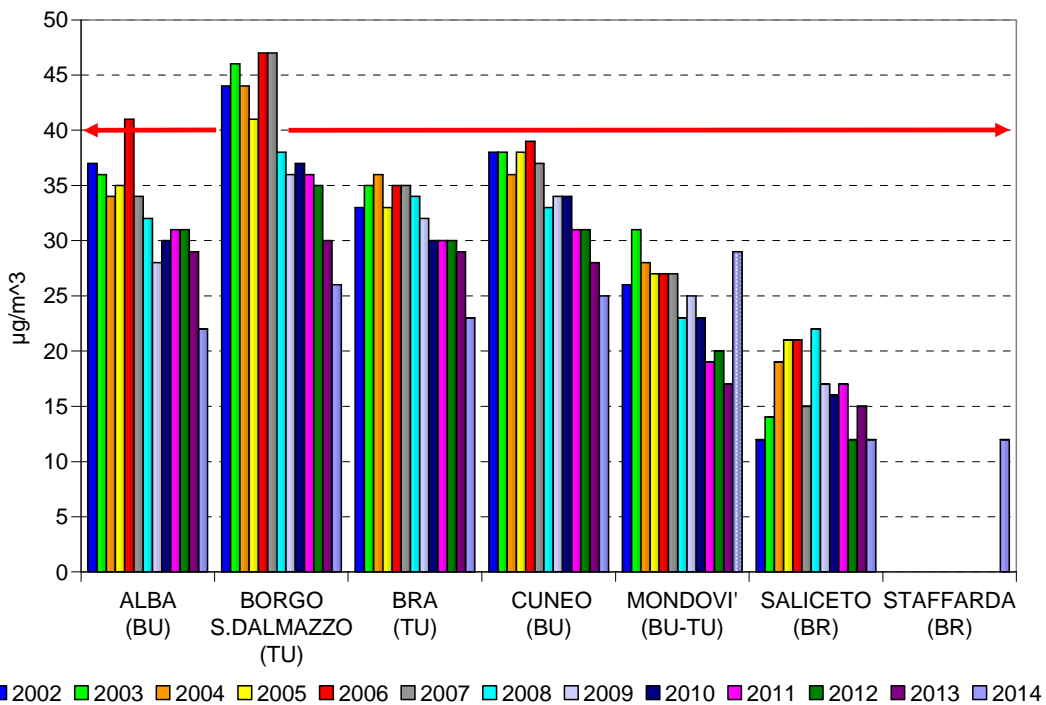


Figura 23) NO<sub>2</sub>: concentrazione media annua (Sulle ascisse, dopo il nome, è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, BR=Background Rurale).

L'intervallo dei valori all'interno del quale si trovano le concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni attive per tutto il periodo 2003÷2014 è rappresentato nel grafico della figura successiva. Esso descrive la situazione delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> presenti sul territorio provinciale e dalla sua evoluzione nel tempo si individua un miglioramento netto nel 2008, seguito da una riduzione graduale e più lenta, e nel 2014 una nuova più marcata diminuzione.

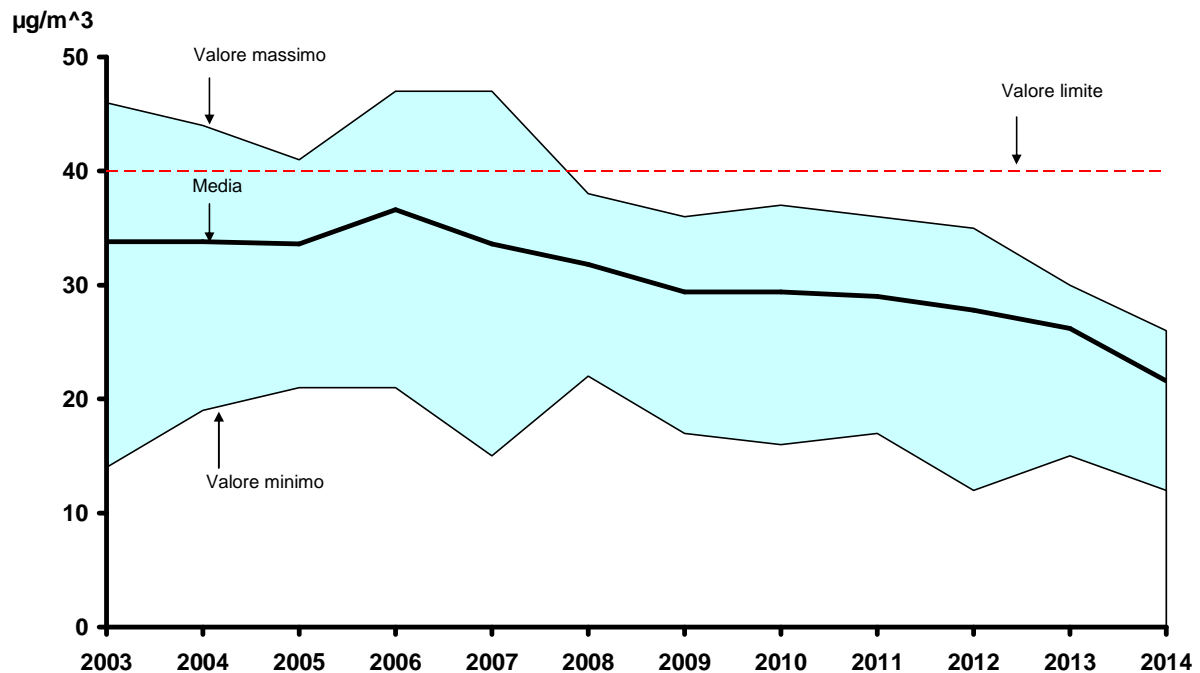


Figura 24) NO<sub>2</sub>: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle centraline della provincia.

Il limite orario di 200 µg/m<sup>3</sup>, per la quale la normativa ammette 18 superamenti per anno civile, è stato ampiamente rispettato anche nel 2014 in tutti i siti della provincia. Per avere dei riferimenti relativi al rispetto di tale limite nella pagina seguente per ogni stazione sono rappresentati i valori delle massime concentrazione orarie di ogni anno (figura 25) e nella figura 26 i valori delle diciannovesime concentrazioni più elevate di ciascun anno (coincidenti con il 99.8° percentile).

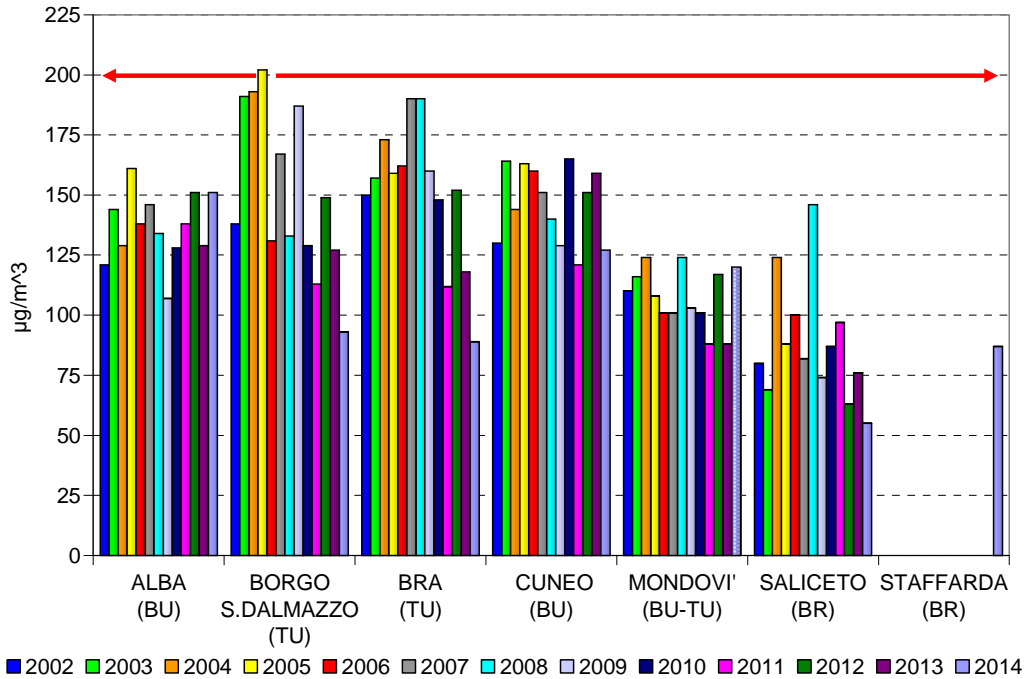


Figura 25) NO<sub>2</sub>: massima concentrazione media oraria

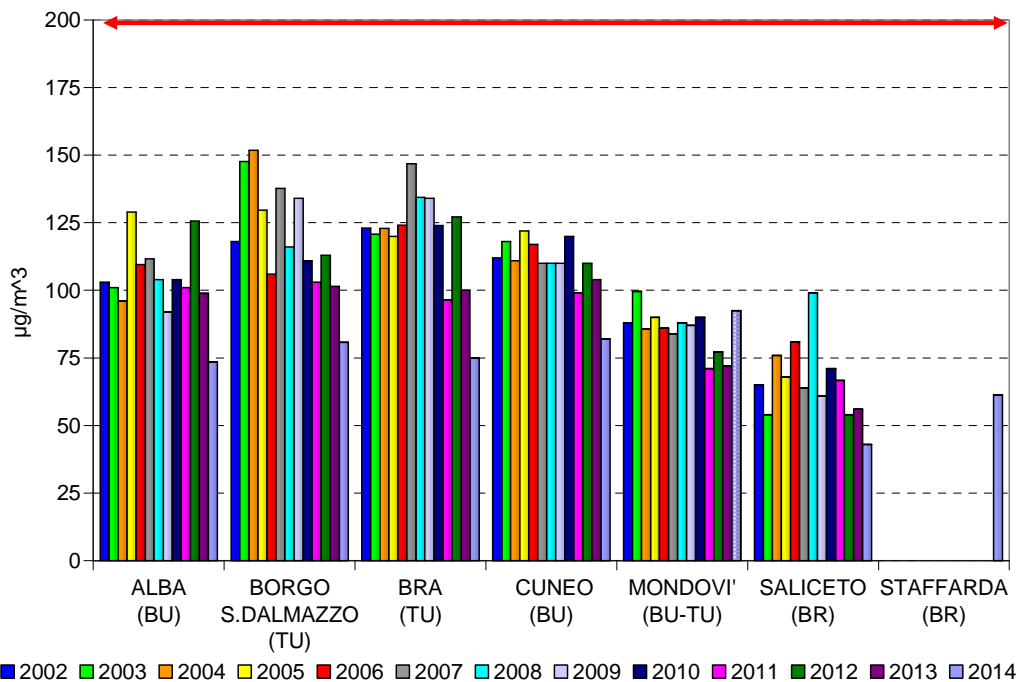


Figura 26) NO<sub>2</sub>: diciannovesima concentrazione oraria più elevata (99.8° percentile)

Nella figura 27 sono rappresentate le medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni medie giornaliere di NO<sub>2</sub> per le stazioni attive dal 2002 al 2014. Ad eccezione della stazione di Borgo San Dalmazzo, dismessa al 31 dicembre 2014, per le altre sono stati elaborati i dati fino al 31 maggio 2015. Tali medie mobili consentono di evidenziare le variazioni stagionali del parametro, caratterizzate, in assenza di anomalie emissive, da concentrazioni più elevate nella stagione fredda e minori nella stagione calda.

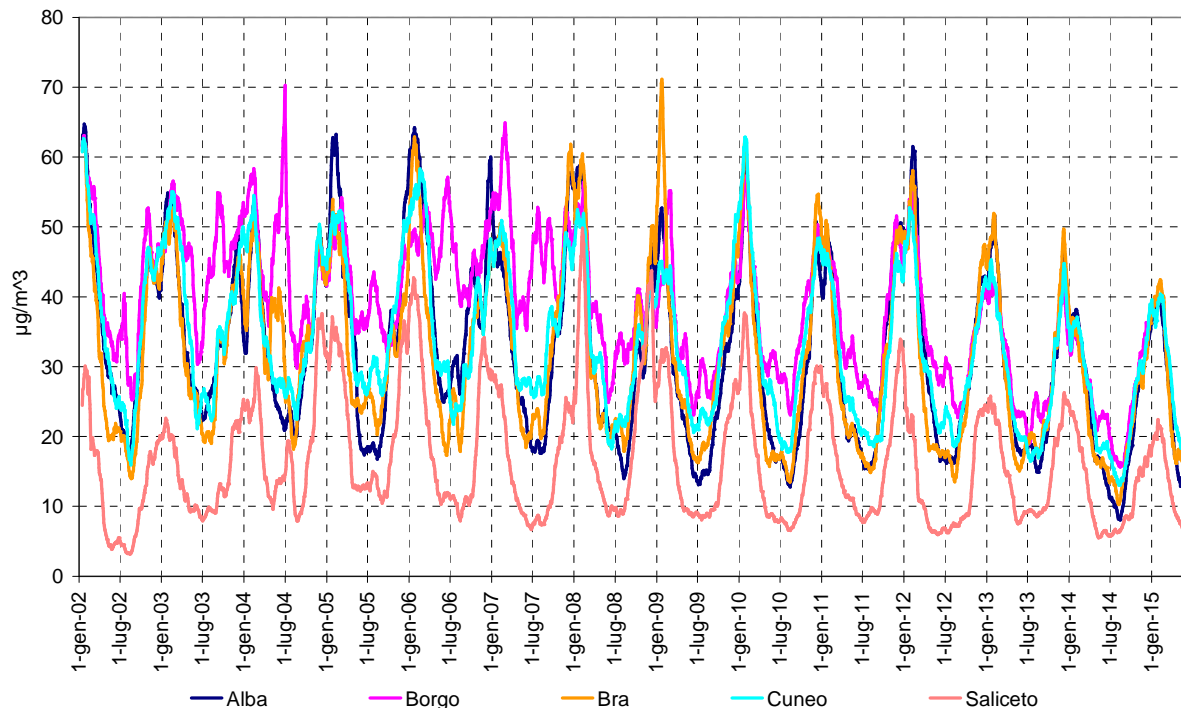
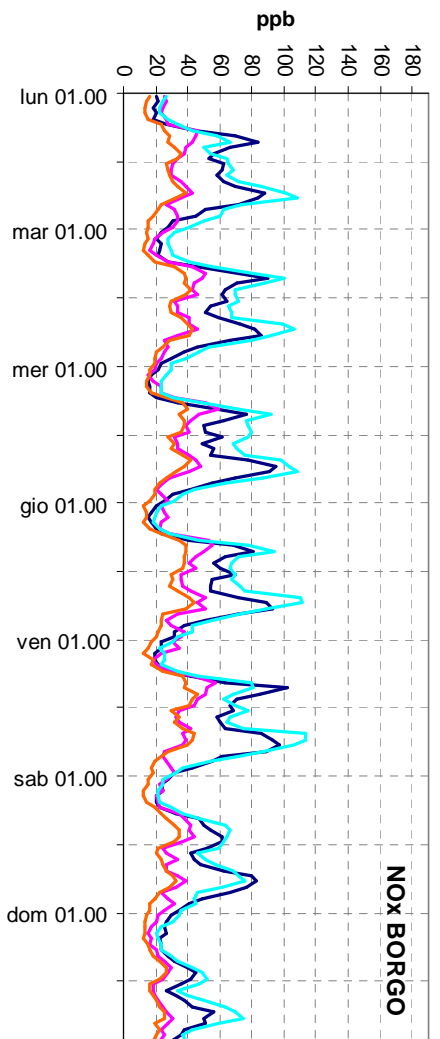
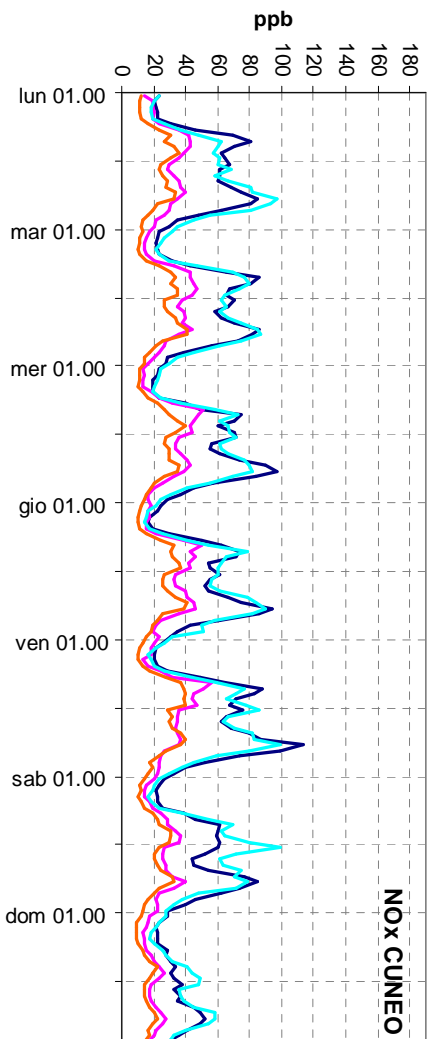
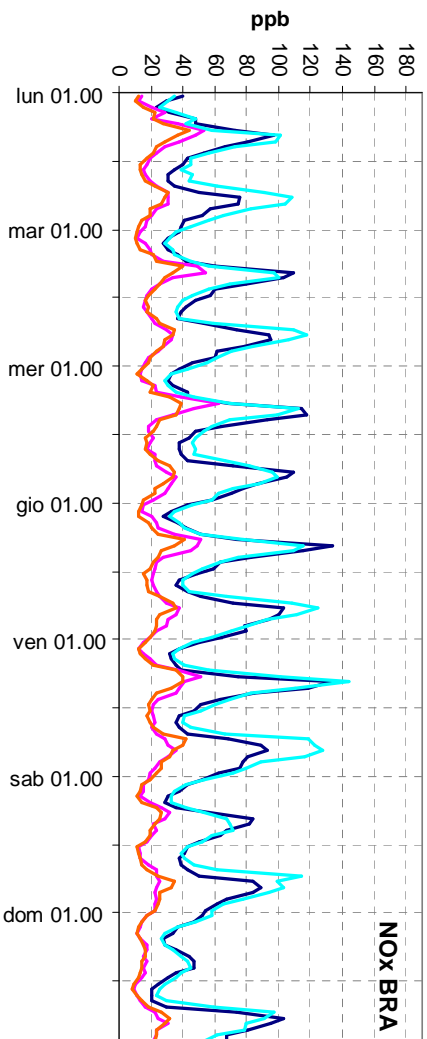
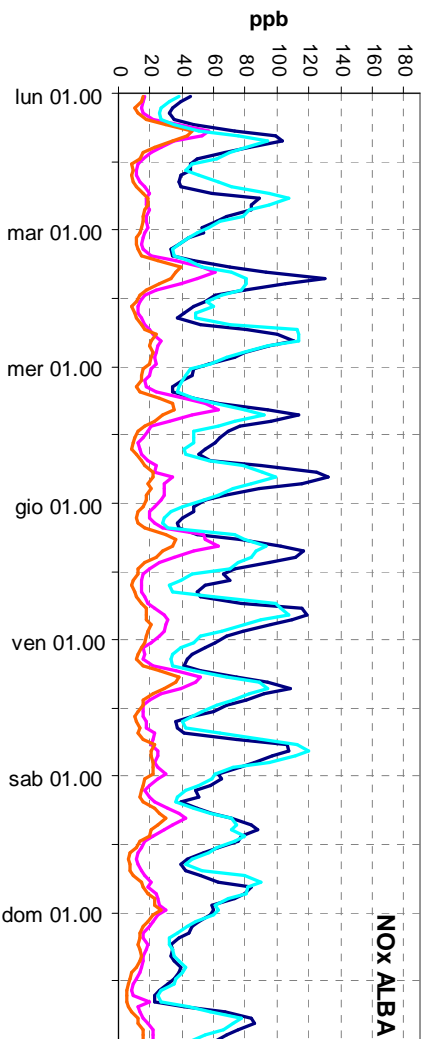


Figura 27) NO<sub>2</sub>: medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni giornaliere.

Per tutte le stazioni è visibile una tendenza alla riduzione delle concentrazioni negli anni. A partire dall'inverno 2013-2014, dopo il massimo evidente di concentrazioni che si era verificato in un periodo di accumulo del mese di dicembre dovuto a condizioni anticicloniche, le concentrazioni di NO<sub>2</sub> si sono mantenute a livelli più contenuti rispetto ai corrispondenti periodi degli anni precedenti. Ciò è in accordo con quanto riscontrato per le polveri sottili ed è sicuramente stato favorito dalla riduzione dei periodi di accumulo degli inquinanti che ha caratterizzato il 2014.

Siccome degli ossidi di azoto si dispone delle concentrazioni medie orarie, per ogni stazione sono state calcolate, per l'anno 2014, le "settimane medie" su base oraria, suddividendo i dati in trimestri e mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno. In tal modo è possibile individuare eventuali variazioni ricorrenti delle concentrazioni in particolari ore dei diversi giorni della settimana. Le elaborazioni sono state eseguite sui dati orari degli ossidi totali di azoto, dati dalla somma di biossido e ossido di azoto e i risultati sono rappresentati in figura 28: oltre alle differenze tra trimestri freddi e quelli più caldi, sono ben visibili le modulazioni orarie delle concentrazioni legate direttamente alle attività antropiche, con picchi evidenti coincidenti con le ore di punta del traffico, concentrati generalmente intorno alle ore 8-9 del mattino e 18-20 di sera, ed in taluni casi anche intorno alle ore 12-13 (i grafici sono riferiti all'ora solare) e si evidenziano andamenti molto differenti durante le domeniche.



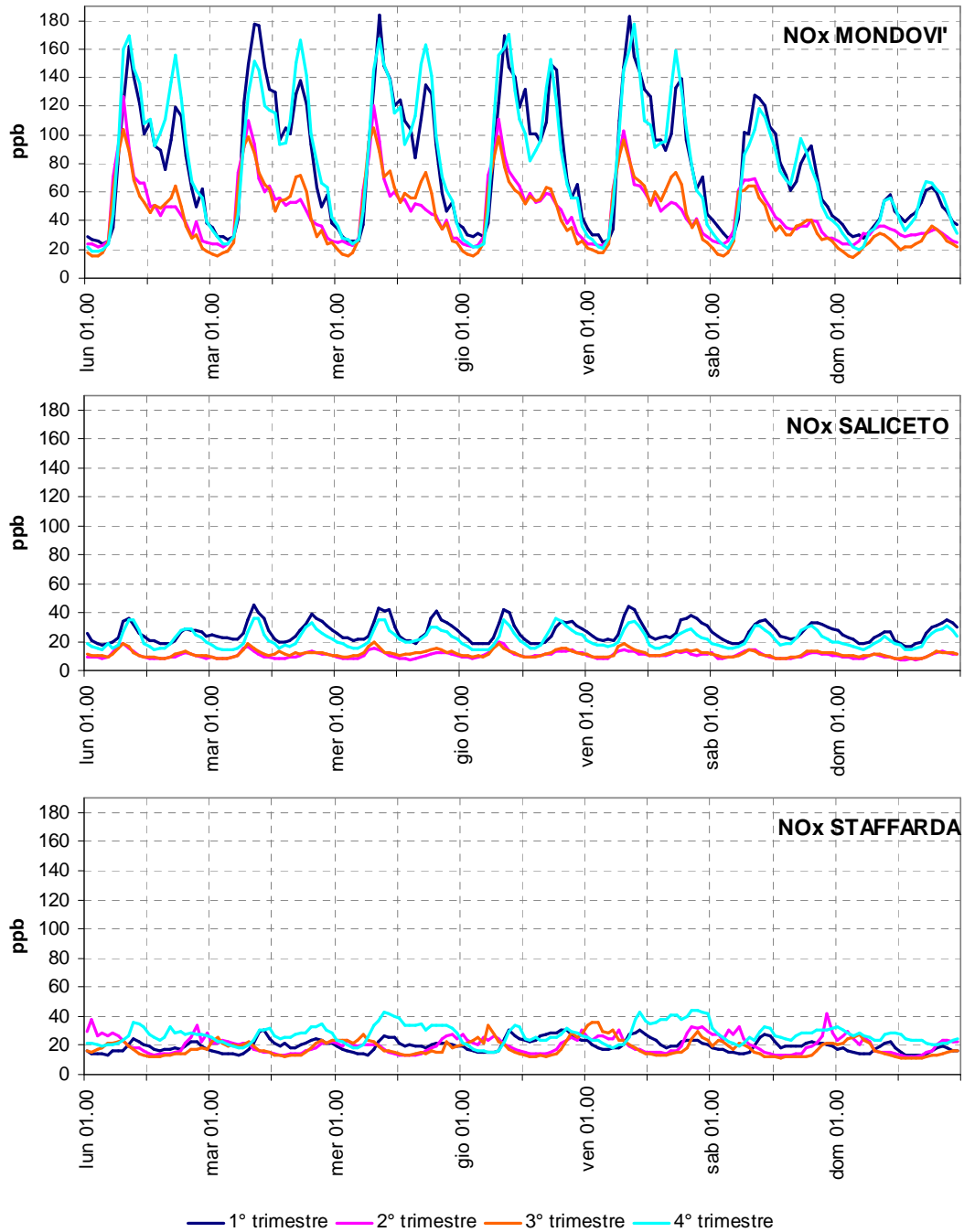


Figura 28) NO<sub>x</sub>: media per ora per ogni giorno della settimana di ogni centralina di monitoraggio suddivise per i trimestri del 2014

## La situazione regionale

Per l'anno 2014 la situazione regionale per il biossido di azoto è illustrata nella figura 29 che, per le stazioni delle rete regionale che hanno ottenuto più del 90% di dati validi, riporta in ordine decrescente le concentrazioni medie dell'anno con l'indicazione della tipologia di stazione e delle caratteristiche della zona in cui essa è posizionata.

Rispetto alle concentrazioni dei due anni precedenti (indicate quando disponibili tra parentesi nella figura 29) nella maggior parte delle stazioni regionali la media, già diminuita nel 2013, si è ulteriormente ridotta con il 2014.

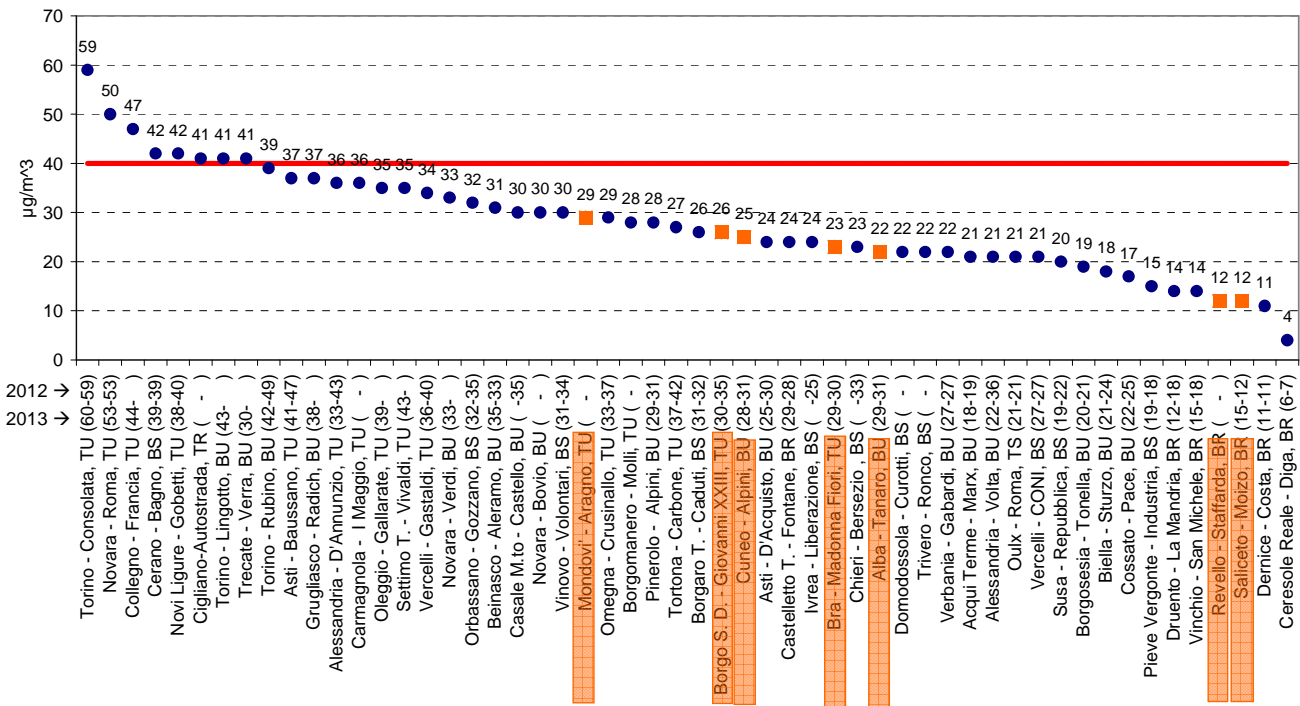


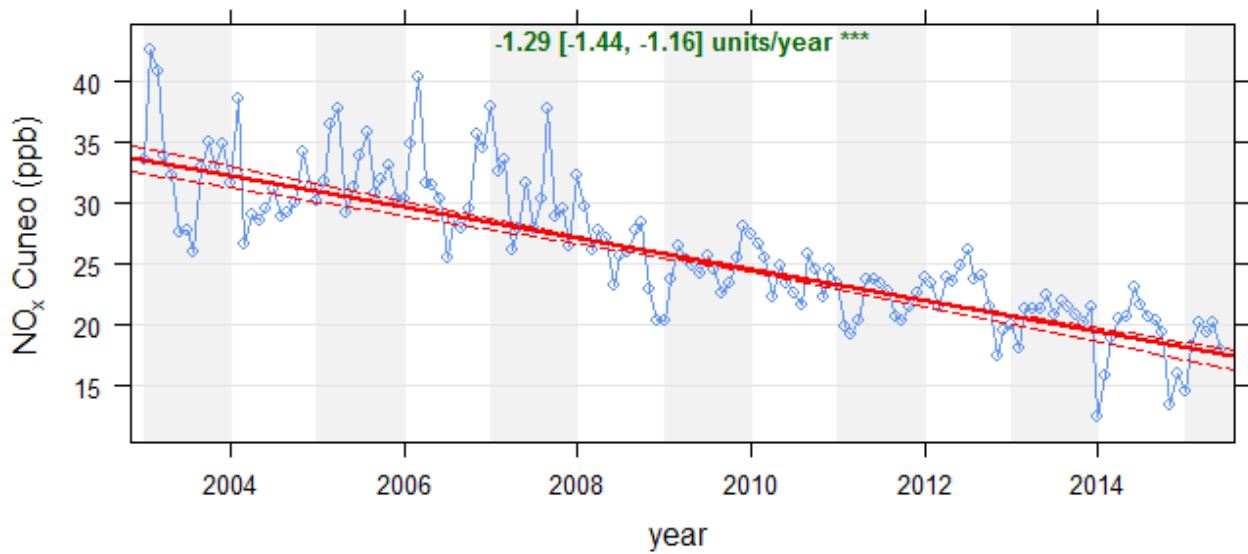
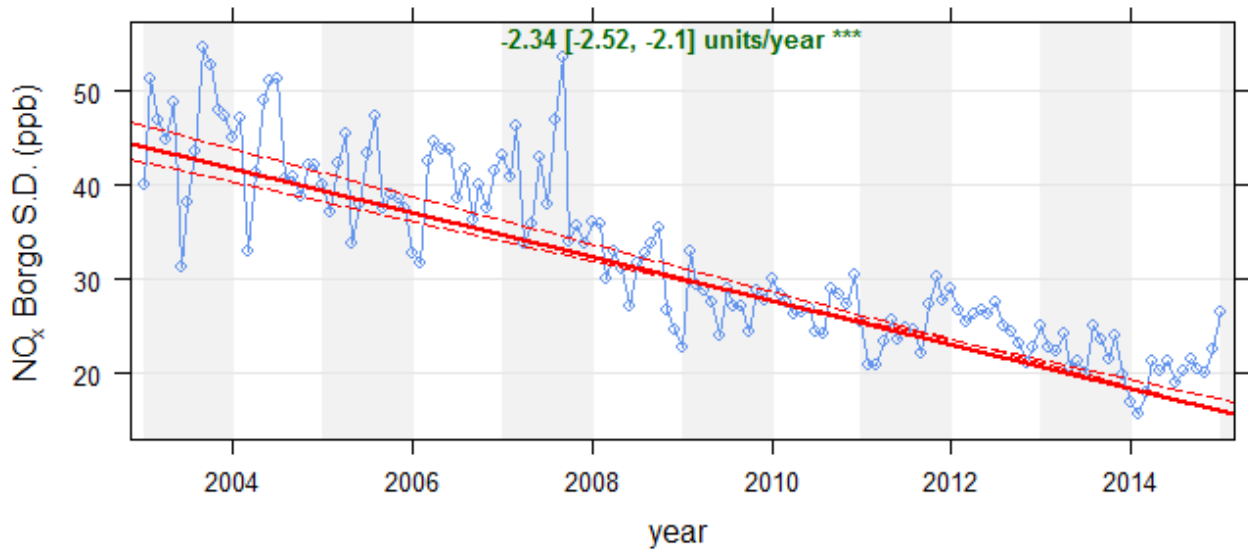
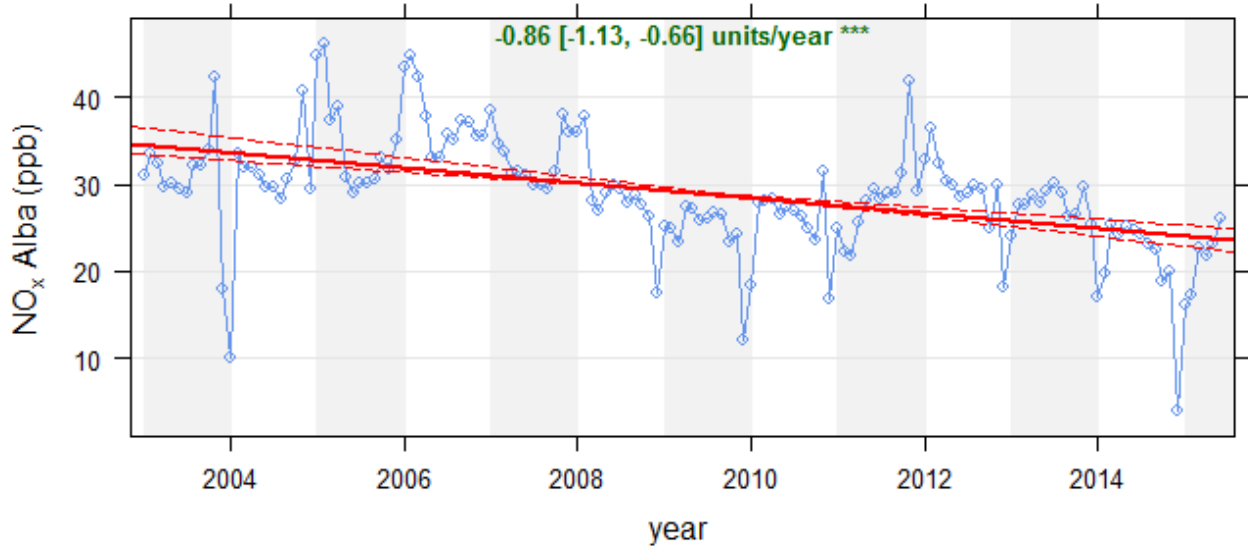
Figura 29) NO<sub>2</sub>: concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2014 (in ordine decrescente - evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo - sulle ascisse la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale).

## Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

Analogamente a quanto fatto per le serie storiche delle polveri sottili anche per gli ossidi di azoto si è valutata la presenza di evoluzioni significative nelle serie storiche dei dati acquisiti dalle stazioni provinciali della rete di monitoraggio. I risultati illustrati si riferiscono alle elaborazioni eseguite sui dati orari degli ossidi totali di azoto applicando i medesimi software e metodi già utilizzati per il PM<sub>10</sub>. Per tutte le stazioni attive sono stati analizzati i dati fino al 31 maggio 2015.

I grafici seguenti rappresentano le medie mensili destagionalizzate degli NO<sub>x</sub>. La linea rossa continua indica il trend stimato e le due rosse tratteggiate l'intervallo di confidenza al 95%. Il valore complessivo del trend, in ppb per anno, è indicato in alto e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.





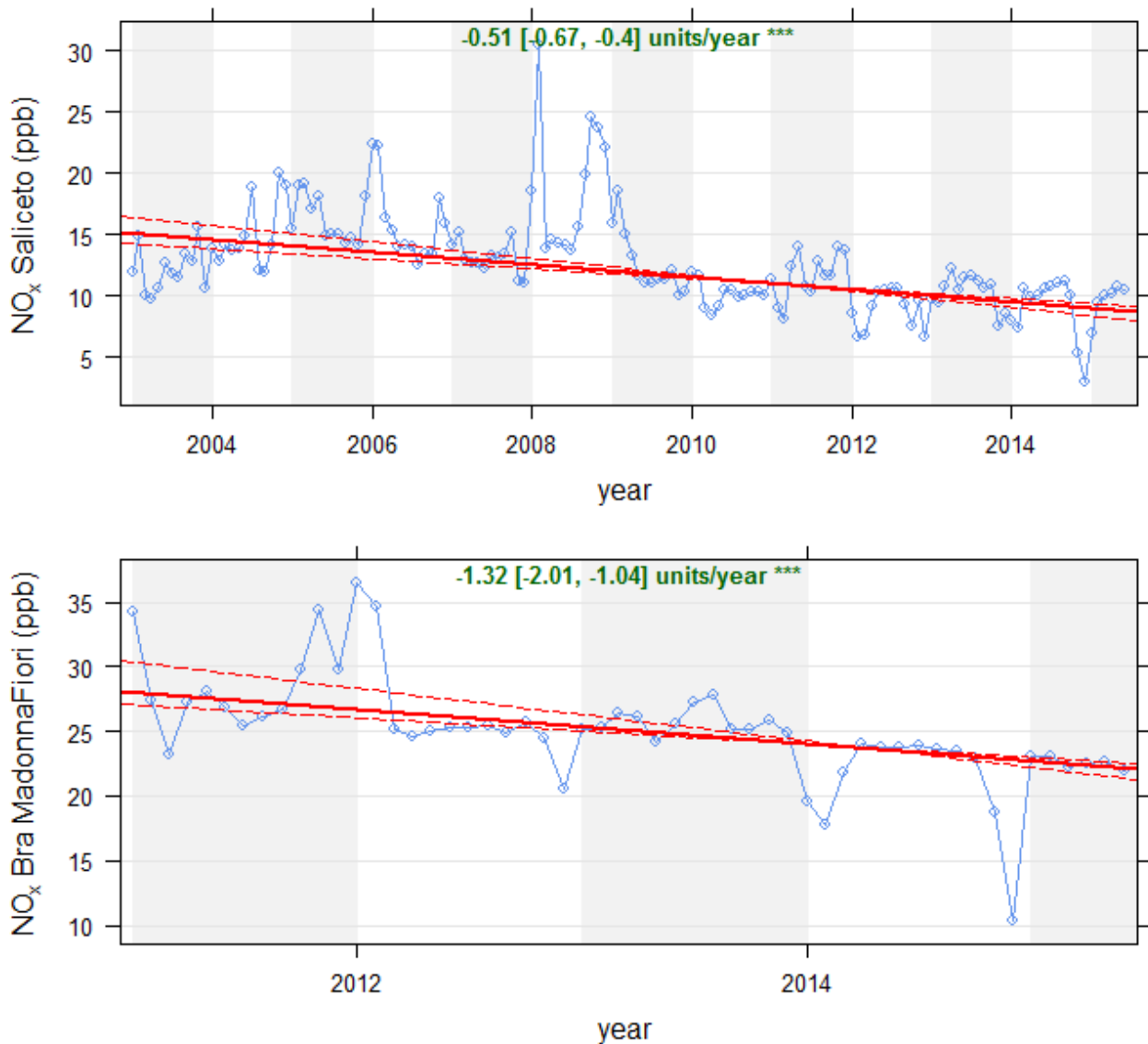


Figura 30) Stima dei trend delle concentrazioni di  $\text{NO}_x$

Anche per l'inquinamento da ossidi di azoto l'analisi evidenzia per tutte le stazioni della provincia di Cuneo una tendenza alla diminuzione statisticamente significativa.

Per le stazioni di Alba e Bra Madonna dei Fiori i valori registrati nell'ultimo anno (aprile 2014 ÷ maggio 2015) hanno portato ad un aumento della riduzione delle concentrazioni stimate dai trend rispetto a quanto valutato nelle precedenti elaborazioni pubblicate nel documento dello scorso anno; per le stazioni di Cuneo, Borgo San Dalmazzo e Saliceto invece i valori dell'ultimo anno hanno determinato, nell'analisi complessiva dei trend, la stima di valori medi di riduzione inferiori a quanto valutato sugli anni precedenti.

Nel grafico di figura 31 sono riassunti, per le diverse stazioni, i valori dei trend con i relativi intervalli di confidenza, e si può osservare come anche in questo caso la durata limitata della serie storica di Bra Madonna dei Fiori determini ancora, nonostante la significatività statistica, una maggiore ampiezza dell'intervallo di confidenza rispetto alle altre stazioni.

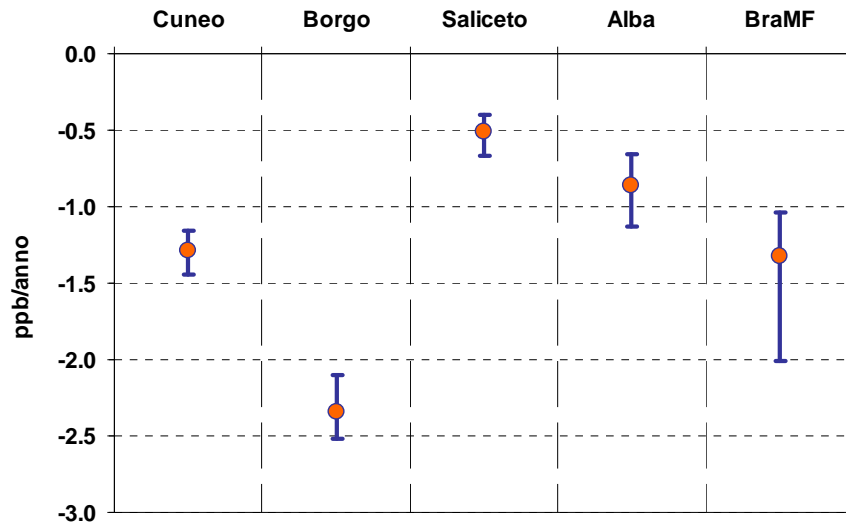


Figura 31) Trend stimati delle concentrazioni di  $\text{NO}_x$ . Le barre blu indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

## Ozono – O<sub>3</sub>

Analogamente al materiale particolato e agli ossidi di azoto, l'ozono, che per le sue caratteristiche è considerato un inquinante transfrontaliero, rimane critico per i superamenti che ancora si verificano non solo a livello regionale ma anche europeo. A differenza dei primi due, le concentrazioni dell'ozono sono tipicamente elevate nei mesi estivi, esso è infatti un inquinante secondario che si forma in condizioni di elevata radiazione solare ed elevata temperatura.

A livello europeo sebbene i superamenti dei riferimenti normativi registrati nel 2014 siano significativi, il loro numero è stato inferiore rispetto agli anni precedenti, confermando la riduzione di lungo termine osservata negli ultimi 25 anni<sup>12</sup>.

Nella provincia di Cuneo, il 2014 rappresenta anche per i livelli di inquinamento da ozono un minimo storico. Questo è sicuramente legato ad una riduzione delle concentrazioni degli inquinanti precursori, ma soprattutto alle condizioni meteorologiche che, anche nell'estate non hanno favorito l'aumento delle concentrazioni dell'inquinante che generalmente la caratterizza. Infatti, sebbene il 2014 sia risultato l'anno con le temperature minime più elevate della serie storica, non si sono avuti record di temperatura massima assoluta, in quanto Luglio ed Agosto, i mesi climatologicamente più caldi, sono stati gli unici ad avere registrato un'anomalia negativa di temperatura. Tra il 9 ed il 12 giugno si sono osservati i 4 giorni più caldi dell'anno 2014 in corrispondenza dell'unica ondata di calore significativa dell'anno 2014, causata dall'espansione verso nord di un promontorio anticiclonico di origine nordafricana.

Nel corso del 2014 in provincia di Cuneo sono stati registrati superamenti della soglia di informazione dell'ozono esclusivamente presso la stazione di Alba e Staffarda dove la misura è iniziata con il 2014 (figura 32). Ad Alba i superamenti sono stati rilevati nei quattro giorni compresi dal 9 al 12 giugno, e l'unico superamento registrato a Staffarda si è verificato il 10 giugno. In nessuna postazione è stata superata la soglia di allarme.

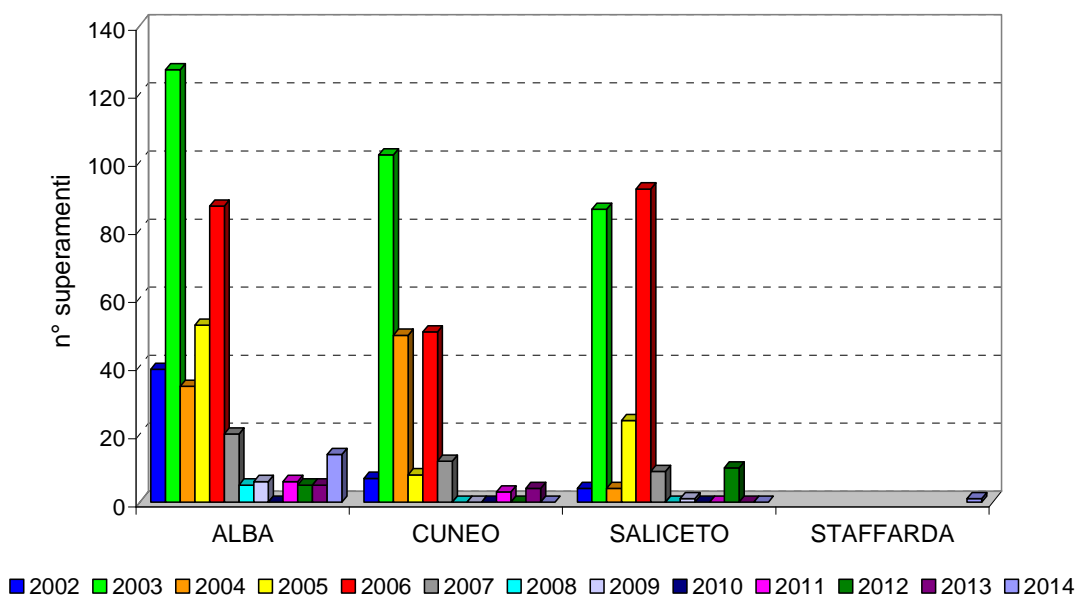


Figura 32) O<sub>3</sub>: numero di superamenti della soglia di informazione (180 µg/m<sup>3</sup>) in provincia di Cuneo.

<sup>12</sup> "Summer 2014 ozone assessment" EEA maggio 2015

Il range delle concentrazioni massime orarie registrate dalle centraline della rete provinciale in ciascun giorno del 2014 sono rappresentate nella figura 33 insieme al dato di temperatura massima giornaliera registrato presso la stazione meteo di Fossano (scelta poiché in posizione centrale nella provincia).

La concomitanza tra i picchi di temperatura e di concentrazione dimostra come la temperatura sia uno degli elementi fondamentali per innescare i processi di formazione dell'ozono. Nella figura emerge il picco di concentrazioni di ozono, con valori superiori alla soglia di informazione, che si è verificato tra il 9 ed il 12 giugno in corrispondenza dell'ondata di calore segnalata. Questo è l'unico periodo dell'estate 2014 segnalato dall'European Environment Agency (EEA), come "episodio di ozono", ovvero periodo di più giorni consecutivi caratterizzati da elevate concentrazioni di ozono.

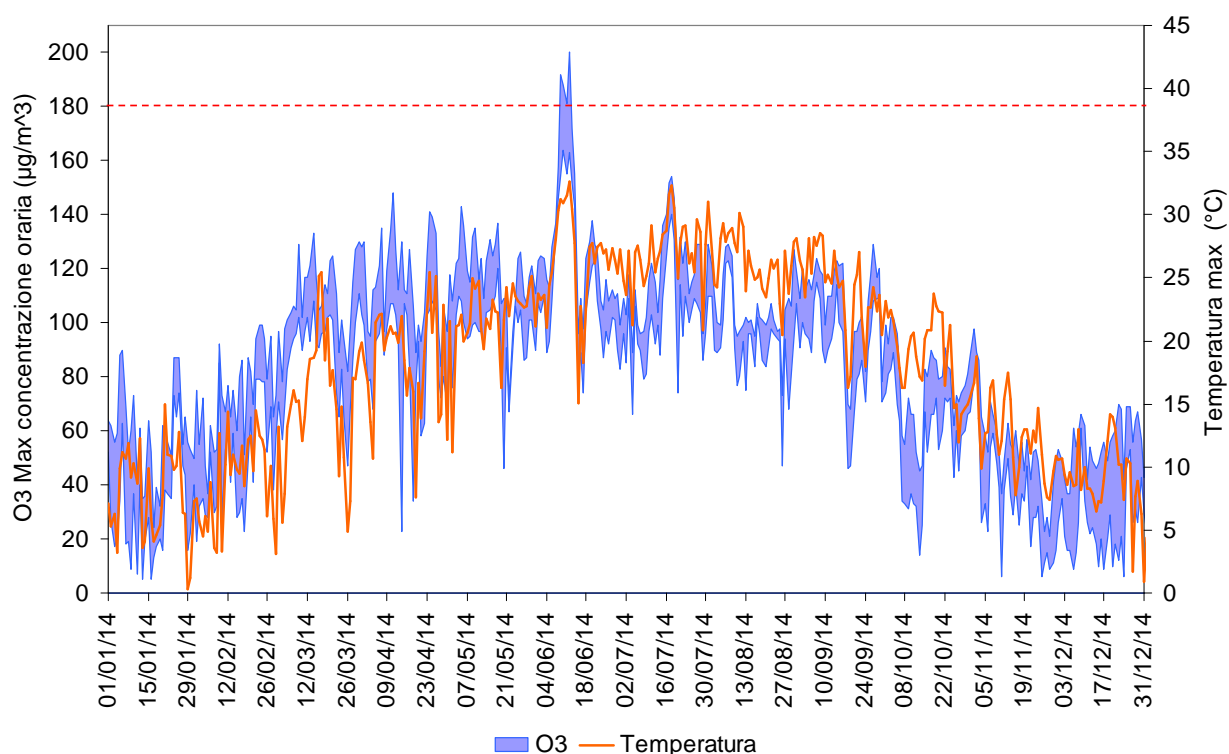


Figura 33) O<sub>3</sub>: Concentrazioni massime orarie delle centraline della rete provinciale nel 2014 e temperatura massima giornaliera della stazione meteo di Fossano; tratteggiato in rosso il livello della soglia di informazione.

Per l'ozono, oltre alle soglie di informazione e di allarme, la norma fissa come obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana un livello di 120 µg/m<sup>3</sup>, come media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

Nel grafico della figura 34 sono rappresentati i numeri di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine in ciascun anno di monitoraggio; si vede come, sebbene l'obiettivo sia ancora disatteso, il valore del 2014 rappresenti un minimo assoluto per tutte le stazioni della provincia attive dal 2002.

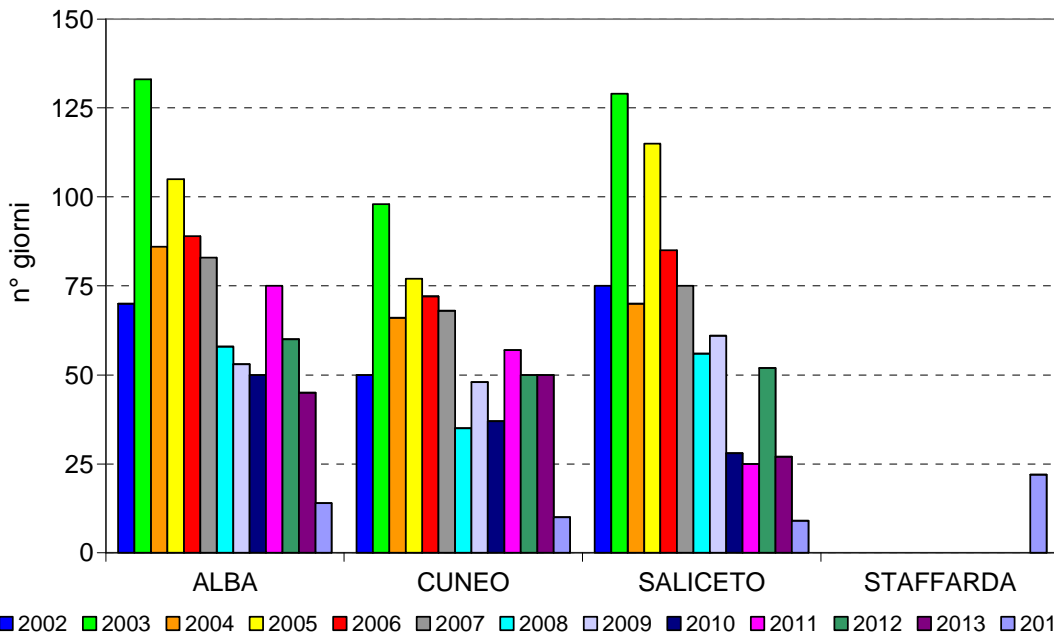


Figura 34) O<sub>3</sub>: numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup> come massima media giornaliera su 8 ore)

A partire dal triennio 2010-2012 la normativa stabilisce, come valore obiettivo per la protezione della salute umana, che il livello di 120 µg/m<sup>3</sup> calcolato come media massima su 8 ore non venga superato più di 25 volte giorni per anno civile come media di tre anni. Dal grafico sottostante emerge come, nonostante il miglioramento apportato dal 2014, anche per il triennio 2012-2014 il numero medio dei giorni di superamento sia superiore rispetto a quanto previsto.

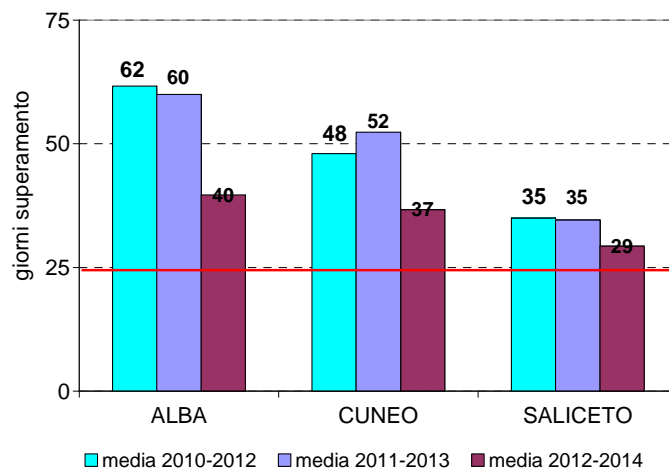


Figura 35) O<sub>3</sub> valore obiettivo per la protezione della salute umana: media su tre anni del numero di giorni con superamento di 120 µg/m<sup>3</sup> come massima media giornaliera su 8 ore.

Nella figura 36 è rappresentata la sequenza temporale per il 2014 del range delle massime medie giornaliere calcolate su 8 ore definito dalle centraline della rete provinciale ed è possibile individuare i periodi interessati dai superamenti.

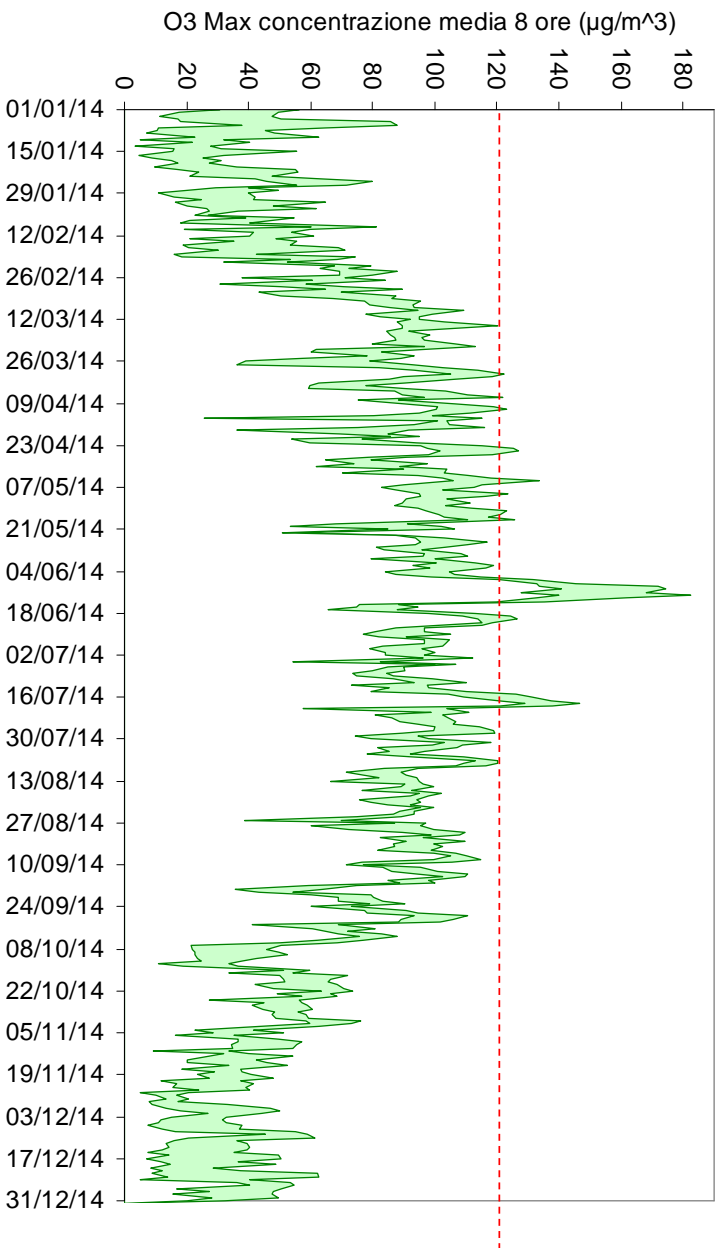


Figura 36) O3: range delle massime medie giornaliere calcolate su 8 ore per le centraline della rete provinciale nel 2014; tratteggiato in rosso il livello obiettivo.

## Biossido di zolfo – SO<sub>2</sub>

A livello regionale le concentrazioni di SO<sub>2</sub> in atmosfera si sono stabilizzate nell'ultimo decennio su valori molto bassi e al di sotto dei valori limite, pertanto già dal 2010 la misura di questo inquinante è stata mantenuta, per la provincia di Cuneo, esclusivamente presso le stazioni di Cuneo e Borgo San Dalmazzo dove, nei primi anni di monitoraggio, erano state riscontrate criticità locali.

Le serie storiche dei valori delle massime concentrazioni medie orarie e giornaliere registrate da tali stazioni per questo inquinante sono rappresentate nei grafici seguenti, dove sono indicati i livelli dei corrispondenti valori limite stabiliti dalla norma. I dati del 2014 confermano, per entrambe le stazioni, i valori contenuti raggiunti negli anni precedenti e risultano del tutto analoghi a quelli regionali.

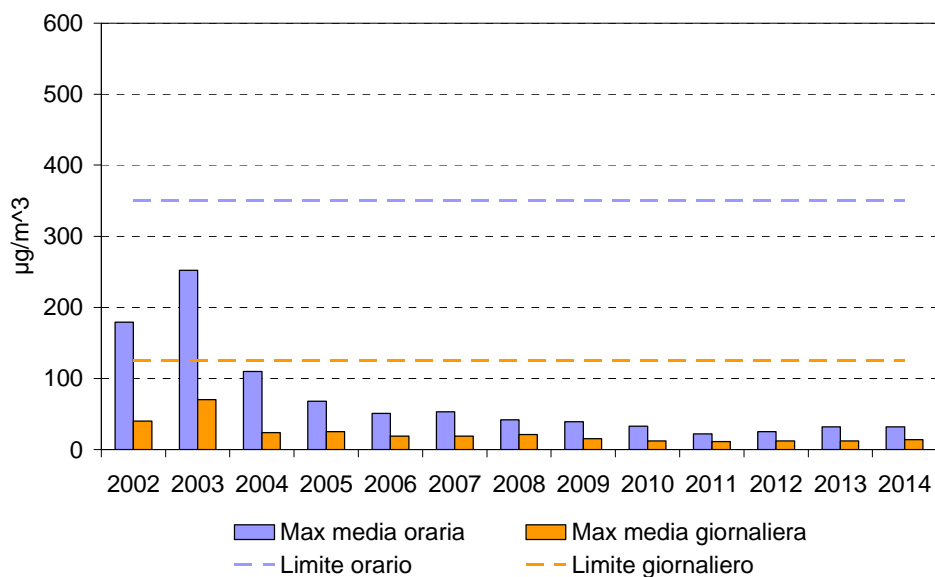


Figura 37) SO<sub>2</sub>: valori delle massime concentrazioni media oraria e giornaliera di ogni anno di monitoraggio presso la stazione di Cuneo.

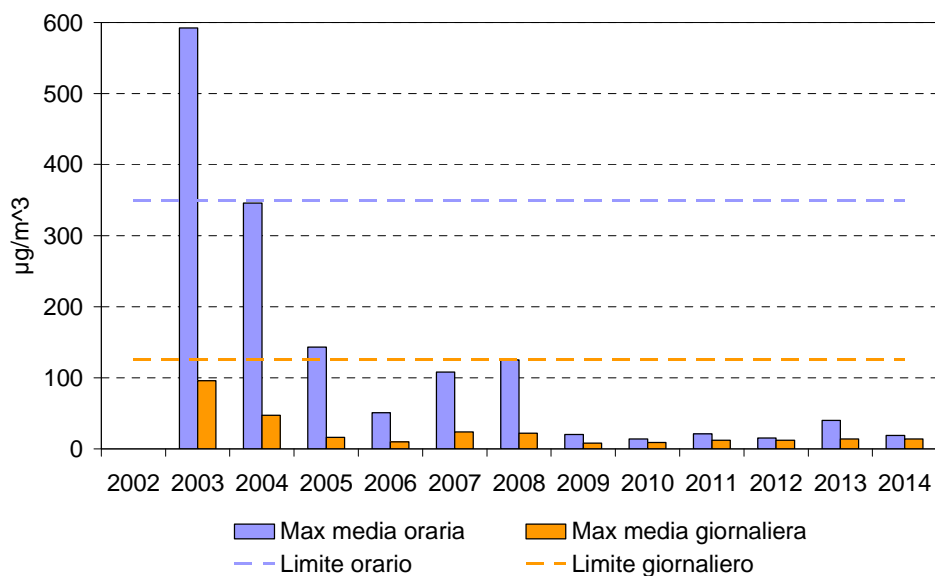


Figura 38) SO<sub>2</sub>: valori delle massime concentrazioni media oraria e giornaliera di ogni anno di monitoraggio presso la stazione di Borgo San Dalmazzo.



## **Benzene e Monossido di carbonio**

Le concentrazioni di questi due inquinanti, la cui fonte principale è il traffico veicolare, si sono significativamente ridotte negli anni, grazie alle modifiche introdotte sui combustibili ed allo sviluppo tecnologico nel settore automobilistico, e si sono assestate su valori ampiamente inferiori ai limite normativi.

Nella tabella sono riportati per il benzene ed il monossido di carbonio i valori relativi ai parametri richiesti dalla normativa (rispettivamente media annua e media massima su 8 ore) per le stazioni in cui questi inquinanti sono stati misurati in provincia di Cuneo nell'anno 2014. I valori confermano i livelli raggiunti negli anni precedenti e le differenze tra le stazioni non sono significative.

	<b>ALBA</b>	<b>BRA</b>	<b>CUNEO</b>	<b>MONDOVI'</b>	<b>Limite</b>
<b>CO</b> Massima media su 8 ore (mg/m <sup>3</sup> )	1.6	2.0	1.4	1.5	10
<b>Benzene</b> Media anno (µg/m <sup>3</sup> )	1.1	-	0.9	1.1	5

*Tabella 4) Massima media su 8 ore del CO e media annuale del benzene per l'anno 2014*

Nei grafici della figura 39 sono rappresentate, su scala normalizzata, le "settimane medie" su base oraria dell'anno 2014 per il benzene ed il monossido di carbonio di ogni stazione dove i due inquinanti sono stati monitorati, calcolate mediando i dati rilevati alla stessa ora di ciascun giorno. L'ora di riferimento è quella solare; le fasce colorate rappresentano l'intervallo di confidenza al 95% della media.

L'accordo tra gli andamenti dei due inquinanti è presente per tutte le stazioni, e particolarmente evidente è l'influenza del traffico sui dati delle stazioni di Cuneo e Mondovì.

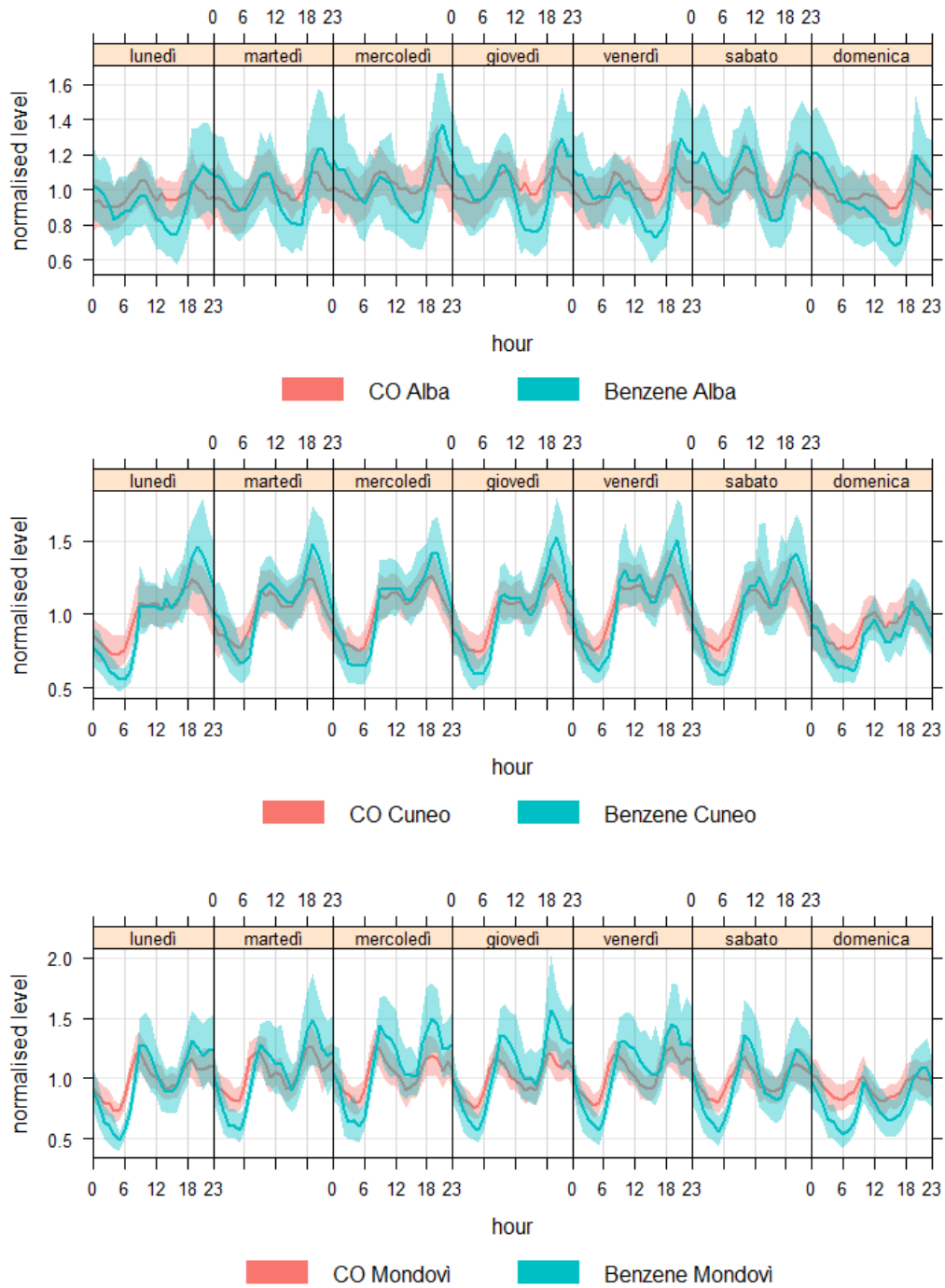


Figura 39) Benzene e CO: settimane medie su base oraria dell'anno 2014 su scala normalizzata.

## ***I metalli pesanti: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel***

Il **Piombo** è un metallo presente in natura sia in forma inorganica che organica.

Negli ultimi decenni, le concentrazioni di piombo nelle aree industriali e nelle zone di grande traffico sono significativamente diminuite grazie all'eliminazione del piombo tetraetile (antidetonante) dalle benzine, al miglioramento delle emissioni industriali e al miglioramento dei sistemi di raccolta e riciclaggio delle batterie per autoveicoli. Il piombo trova comunque ancora largo utilizzo in medicina, nell'industria siderurgica e in quella delle vernici speciali.

Il piombo interferisce con numerosi sistemi enzimatici provocando un ampio spettro di effetti tossici.

L'**Arsenico** è un metallo che ha come sorgenti naturali l'attività vulcanica e gli incendi boschivi mentre il contributo antropico è rappresentato da prodotti per il trattamento del legno, dalla combustione di carbone e di lignite di bassa qualità, dai processi di fusione dei metalli nonché, in misura minore, dal fumo di sigaretta.

Il **Cadmio** in natura è molto raro e presente, in genere, insieme allo zinco. La sua principale sorgente naturale è costituita dalle eruzioni vulcaniche.

La fusione e il raffinamento dei metalli non ferrosi rappresenta la principale fonte antropica di questo inquinante, che è prodotto inoltre nelle attività di incenerimento dei rifiuti urbani e nelle combustione di combustibili fossili. Negli ultimi anni questo metallo trova un impiego crescente nella fabbricazione di batterie ricaricabili negli accumulatori, nonché nell'industria elettronica e aerospaziale.

Il **Nichel** è un metallo molto utilizzato nell'industria dell'acciaio e nella preparazione di leghe. Trova largo utilizzo per il rivestimento di altri metalli e per la fabbricazione di parti di dispositivi elettronici, nonché nella produzione di elettrodomestici. E' molto diffuso il suo impiego nell'industria chimica, aerospaziale e numismatica. Come il cadmio è utilizzato nella produzione di batterie ricaricabili e nell'aria ambiente la presenza di questo inquinante deriva dall'incenerimento dei rifiuti urbani e dal fumo di sigaretta.

Le stime indicano che, considerando una concentrazione in aria ambiente di circa 5-40 ng/m<sup>3</sup>, in media si inalano da 0.1 a 0.8 µg/giorno di nichel. La quantità di nichel liberata in ambiente dal fumo di una sigaretta è pari a 0.04 -0.58 µg e fumare 40 sigarette al giorno può condurre ad una inalazione di 2-23 µg di nichel<sup>13</sup>.

Le figure successive, che riportano per i singoli metalli le concentrazioni medie annue, evidenziano un ampio rispetto dei limiti. Si evidenzia che molti valori ottenuti e riportati nei grafici, in particolare per l'arsenico ed il cadmio, corrispondono al limite di rilevabilità analitica. I valori relativi alla nuova stazione di Mondovì sono analoghi a quelli delle altre stazioni ad eccezione per il nichel che presenta valori decisamente più elevati, ma ampiamente al di sotto del limite normativo.

---

<sup>13</sup> *Uno sguardo all'aria – 2008 - Provincia di Torino, Arpa Piemonte*

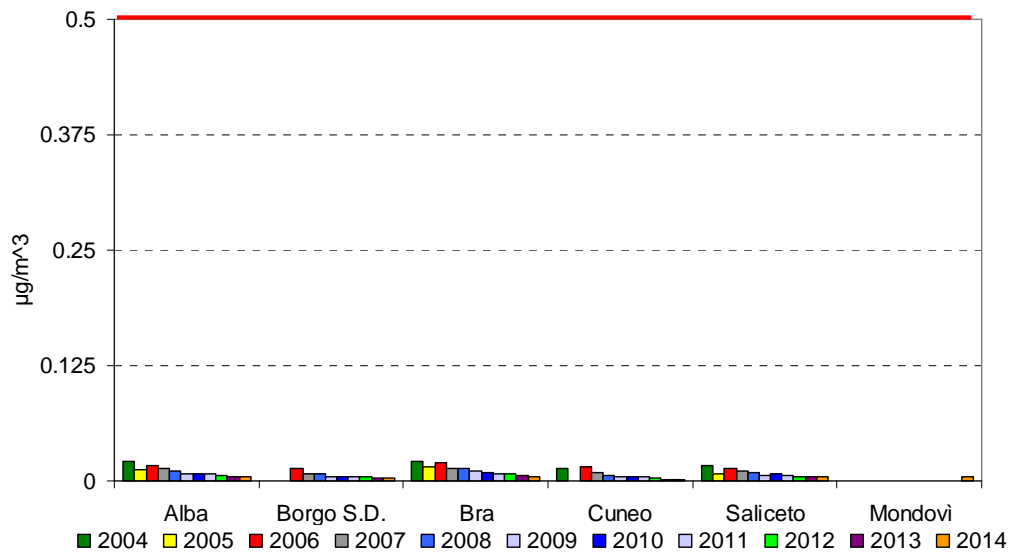


Figura 40) Piombo: confronto medie annuali

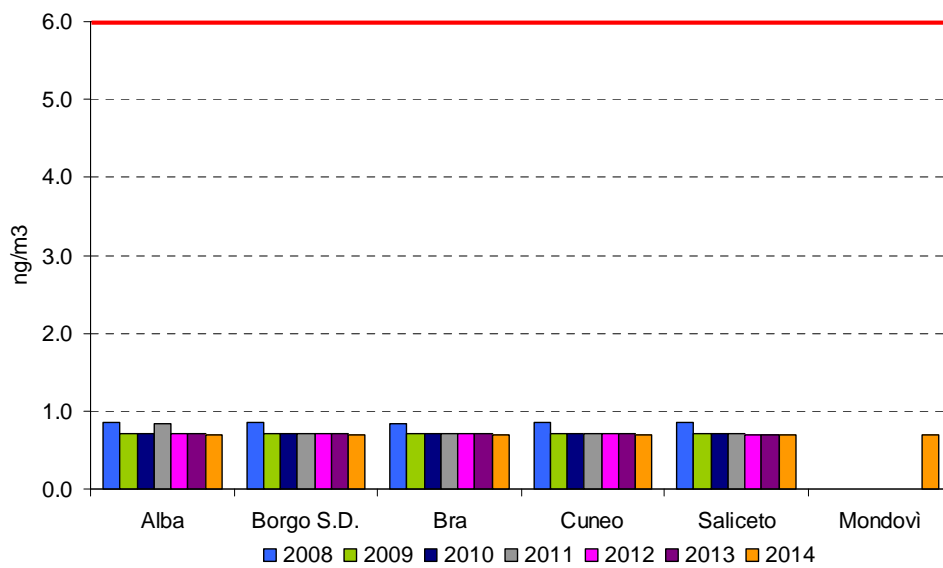


Figura 41) Arsenico: confronto medie annuali.

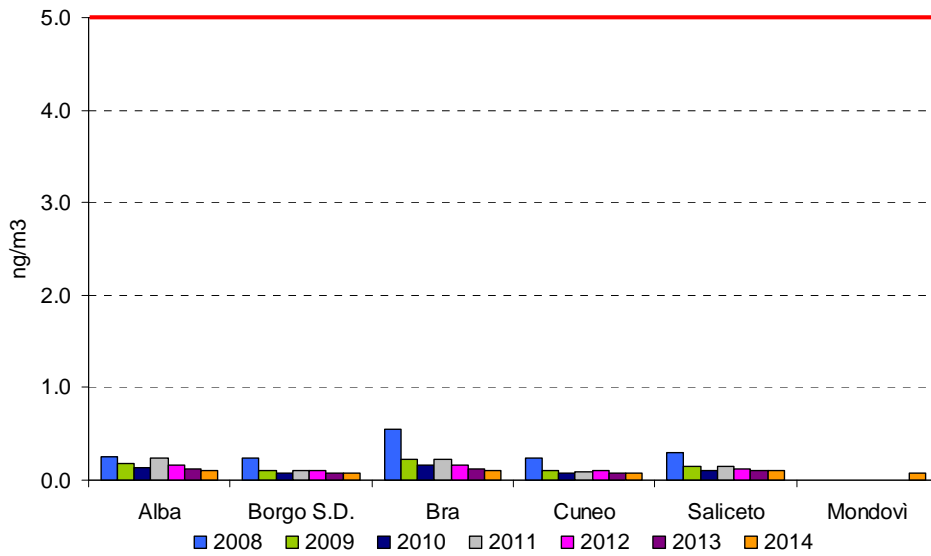


Figura 42) Cadmio: confronto medie annuali.

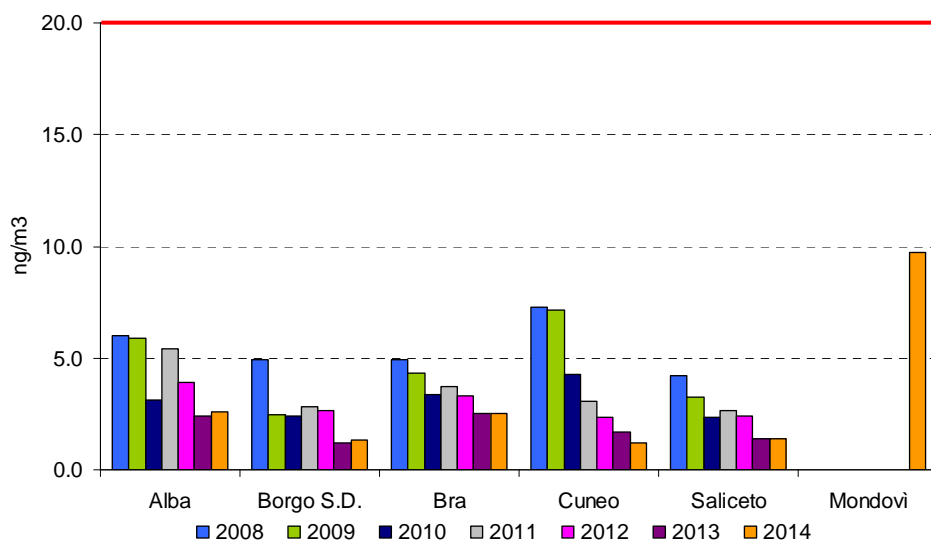


Figura 43) Nichel: confronto medie annuali.

## Benzo(a)pirene

La figura 44 riporta le medie annuali per tutte le centraline nelle quali il parametro viene monitorato e per le quali vi è una disponibilità di dati almeno pari al 90%. Le concentrazioni registrate nel 2014 sono analoghe a quelle degli ultimi anni; la media più elevata si mantiene quella della centralina di Saliceto; superiore al limite in diversi anni passati, è pari al valore limite previsto dalla normativa nel 2014. Il valore relativo alla nuova postazione di Mondovì non presenta criticità né nel confronto con il limite né nel confronto con i valori delle altre stazioni.

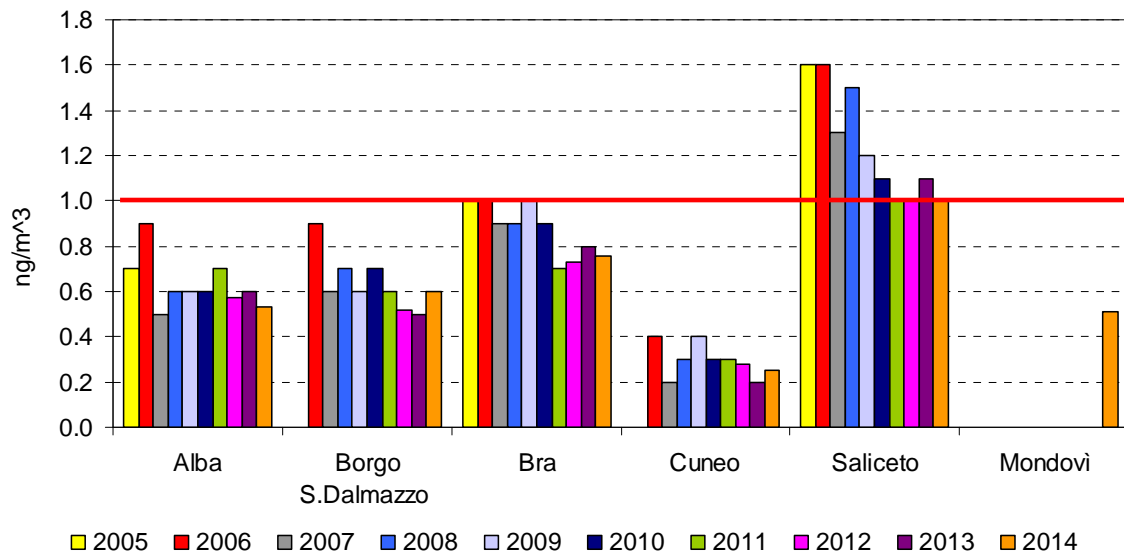


Figura 44) Benzo(a)pirene: medie annuali.

Analogamente ad altri inquinanti, come il materiale particolato e gli ossidi di azoto, le concentrazioni più elevate di benzo(a)pirene si registrano generalmente nel periodo invernale (figura 45) che è il più critico per gli inquinanti a causa della scarsa capacità dispersiva dell'atmosfera e dei frequenti fenomeni di accumulo. Tuttavia per i dati della stazione di Saliceto, il rapporto tra le concentrazioni invernali ed estive di benzo(a)pirene, oltre ad essere maggiore di quello ottenuto per lo stesso parametro nelle altre centraline, è molto più elevato di quello degli altri inquinanti misurati a Saliceto. Pertanto occorre ipotizzare che per tale inquinante nei mesi freddi dell'anno si aggiunga il contributo di una sorgente locale, particolarmente rilevante in tale sito, e che si può ragionevolmente considerare legato all'utilizzo della legna negli impianti di riscaldamento. Tale tipologia di sorgente potrebbe inoltre spiegare l'andamento delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> del sito di Saliceto, inferiori a quelle di tutte le altre stazioni della provincia nei mesi compresi tra aprile ed ottobre, superiori a quelle di Cuneo e Borgo San Dalmazzo nei mesi di ottobre, novembre e dicembre, ma anche di quelle rilevate nella stazione da traffico di Mondovì nei mesi compresi da novembre a febbraio quando si considerino solo i giorni di fine settimana.

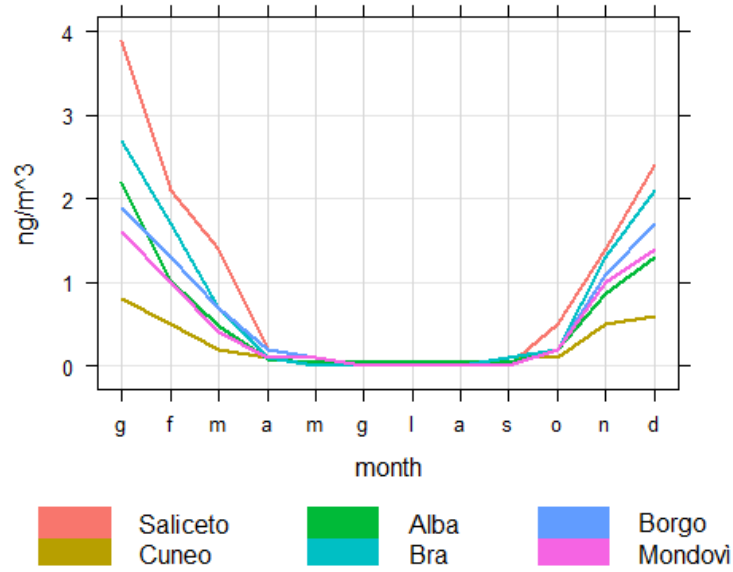


Figura 45) Benzo(a)pirene: concentrazioni medie mensili dell'anno 2014.

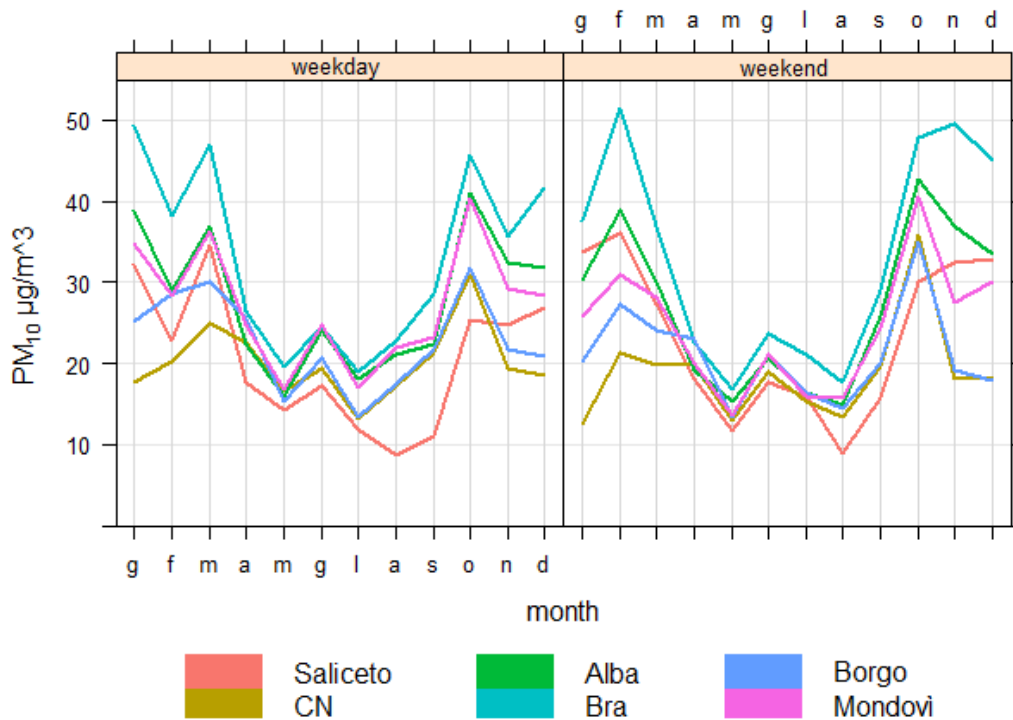


Figura 46) PM<sub>10</sub>: concentrazioni medie mensili dell'anno 2014 nei giorni infrasettimanali (a sinistra) e dei giorni di sabato e domenica (a destra).

## Superamenti nell'anno 2014

Nella tabella seguente si riassumono i superamenti dei limiti normativi per la protezione della salute umana registrati nell'anno 2014, in riferimento ai valori previsti dal Decreto Legislativo 13 Agosto 2010 n° 155.

INQUINANTE	VALORE LIMITE E PERIODO DI MEDIAZIONE	SUPERAMENTI CONCESSI	2014: NUMERO DI SUPERAMENTI RILEVATI						
			Alba	Borgo S. Dalmazzo	Bra	Cuneo	Mondovì	Saliceto	Staffarda
SO <sub>2</sub>	350 µg/m <sup>3</sup> media oraria	24 volte / anno civile		0		0			
	125 µg/m <sup>3</sup> media 24 ore	3 volte / anno civile		0		0			
NO <sub>2</sub>	200 µg/m <sup>3</sup> media oraria	18 volte / anno civile	0	0	0	0	0	0	0
	40 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	0	0	0	0	0	0	0
PM <sub>10</sub>	40 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	0	0	0	0	0	0	0
	50 µg/m <sup>3</sup> media 24 ore	35 volte / anno civile	<b>40</b>	16	<b>61</b>	12	25	16	
		Data del 36° superamento	<b>12 dic</b>	-	<b>9 ott</b>	-	-	-	-
PM <sub>2.5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup> media annuale entro il 1 gennaio 2015				0	0		0	
CO	10 mg/m <sup>3</sup> media mobile su 8 ore	-	0		0	0	0		
Benzene	5 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	0			0	0		
Pb	0.5 µg/m <sup>3</sup> media annuale	-	0	0	0	0	0	0	
O <sub>3</sub>	120 µg/m <sup>3</sup> massima media giornaliera su 8 ore (obiettivo lungo termine)		<b>14</b>			<b>10</b>		<b>9</b>	<b>22</b>
	180 µg/m <sup>3</sup> media oraria (soglia di informazione)	-	<b>14</b>			0		0	<b>1</b>
	240 µg/m <sup>3</sup> media oraria (soglia di allarme)	Fino a 3 ore consecutive	0			0		0	0
Benzo(a) Pirene	1.0 ng/m <sup>3</sup> media annuale (valore obiettivo)	-	0	0	0	0	0	0	
As	6.0 ng/m <sup>3</sup> media annuale (valore obiettivo)	-	0	0	0	0	0	0	
Cd	5.0 ng/m <sup>3</sup> media annuale (valore obiettivo)	-	0	0	0	0	0	0	
Ni	20.0 ng/m <sup>3</sup> media annuale (valore obiettivo)	-	0	0	0	0	0	0	

Tabella 5) Superamenti dei limiti normativi nell'anno 2014