

DIPARTIMENTO PIEMONTE SUD OVEST



MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

ANNO 2015

TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO

MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

SUL

TERRITORIO DELLA PROVINCIA DI CUNEO

ANNO 2015

ARPA Piemonte Dipartimento Territoriale 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, Ivo Riccardi, Luisella Bardi, 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

Luglio 2016

Indice

PREFAZIONE	3
LA RETE DI MONITORAGGIO	5
GLI INQUINANTI.....	8
CONDIZIONI METEOCLIMATICHE DELL'ANNO 2015.....	19
GLI INQUINANTI NEL PERIODO 2002 ÷ 2015	22
MATERIALE PARTICOLATO	22
PM ₁₀	22
PM _{2.5}	37
BIOSSIDO DI AZOTO – NO ₂	40
OZONO – O ₃	49
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO ₂	53
BENZENE E MONOSSIDO DI CARBONIO.....	54
I METALLI PESANTI: PIOMBO, ARSENICO, CADMIO E NICHEL.....	56
BENZO(A)PIRENE	59
SUPERAMENTI NELL'ANNO 2015.....	61

Prefazione

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

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 2015, aggiornando il confronto con gli anni precedenti. Per alcune elaborazioni eseguite per valutare le evoluzioni nel tempo degli inquinanti sono stati utilizzati anche i dati disponibili delle concentrazioni degli inquinanti dei primi cinque mesi del 2016, sebbene preliminari e non ancora sottoposti a tutte le fasi di validazione e certificazione.

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 degli ultimi anni 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 2015 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 - PM₁₀ e PM_{2.5}

Biossido di azoto - NO₂

Ozono - O₃

Biossido di zolfo - SO₂

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 2015 il rispetto o meno dei limiti normativi di tutti gli inquinanti monitorati.

Per gli inquinanti più critici non solo a livello regionale, ma europeo, ovvero il materiale particolato (PM₁₀ e PM_{2.5}), gli ossidi di azoto e l'ozono, il 2015 presenta un aumento delle concentrazioni e dei superamenti dei limiti normativi rispetto al 2014.

I dati di SO₂, CO, benzene e metalli pesanti del 2015 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, verosimilmente determinata dal diffuso uso della legna per il riscaldamento, si mantiene la più elevata tra le stazioni di rilevamento provinciale e nel 2015 è tornata a superare il valore limite.

Dall'analisi delle serie storiche dei dati della qualità dell'aria emerge come la variazione delle condizioni meteorologiche da un anno all'altro influenzi fortemente la variabilità interannuale dei valori di concentrazione degli inquinanti.

Le condizioni meteorologiche dell'anno 2015 sono state tra le più critiche degli ultimi anni per il prolungato periodo di assenza di precipitazioni nei mesi di novembre e dicembre e per l'estate calda favorevole alla formazione dell'ozono.

Le concentrazioni degli inquinanti sono quindi tornate ad aumentare nel 2015, dopo un 2014 che rappresenta, tra le annualità complete di dati finora ottenute, un minimo storico per gli

inquinanti della qualità dell'aria, grazie alla minor occorrenza di periodi favorevoli all'accumulo degli inquinanti che l'aveva caratterizzato.

Tuttavia la situazione "anomala" del 2015 sembra essere quella dei mesi di novembre ed in particolare di dicembre in cui, all'elevata occorrenza di periodi favorevoli all'accumulo degli inquinanti non è corrisposta un altrettanto elevata occorrenza di superamenti e le concentrazioni di picco, anche quando superiori al limite, non sono state così elevate.

Pertanto, nonostante l'aumento registrato nelle concentrazioni del 2015, le elaborazioni sulle serie storiche confermano la tendenza alla diminuzione delle concentrazioni anche per quegli inquinanti ritenuti tutt'ora più critici per la qualità dell'aria, come il materiale particolato, gli ossidi di azoto e l'ozono.

Riteniamo che questi dati siano in primo luogo il risultato delle politiche intraprese negli anni nella riduzione delle emissioni degli inquinanti atmosferici che occorrerà continuare a portare avanti sempre più in modo omogeneo e congiunto per poter proseguire nella riduzione dei livelli dell'inquinamento e pervenire ad un rispetto duraturo dei limiti stabiliti dalla normativa per la tutela della salute pubblica.

Sicuramente un contributo alla riduzione delle emissioni è dato anche dalla contrazione economica degli ultimi anni ed un altro è dovuto alla riduzione delle emissioni degli impianti di riscaldamento determinata dagli inverni sempre più miti che hanno caratterizzato gli ultimi anni. Gli effetti dei cambiamenti climatici stanno infatti diventando sempre più evidenti: in Piemonte l'anno 2015 è stato il più caldo dell'intera serie storica di misure dal 1958 ad oggi e l'annata si inserisce in un contesto globale di eccezionalità per quanto riguarda le temperature su tutto il pianeta.

Gli incoraggianti risultati ottenuti per gli inquinanti della qualità dell'aria devono però suggerire che, se è stato possibile arrivare alle riduzioni evidenziate, è possibile intervenire in modo più netto anche con politiche integrate di riduzione, non solo degli inquinanti dannosi per la salute, ma di quelli clima-alteranti. Infatti ancora molte delle misure di riduzione delle sorgenti emmissive agiscono in modo benefico per una delle problematiche ed in modo dannoso per l'altra.

E' pertanto indispensabile intraprendere al più presto azioni integrate che tengano conto delle retroazioni qualità dell'aria/clima, esse infatti costituiscono le migliori strategie di politica ambientale anche in termini di costi sociali ed economici¹.

A tal fine sono di fondamentale importanza sia le misure tecnologiche che quelle comportamentali, per le quali è indispensabile il coinvolgimento attivo di tutti noi cittadini.

Dipartimento Provinciale Arpa di Cuneo

Il Dirigente Responsabile

Dr. Silvio CAGLIERO



¹ "Inquinamento atmosferico e clima: due facce della stessa medaglia" **Maria Cristina Facchini** - Istituto Di Scienze Dell'atmosfera E Del Clima - Consiglio Nazionale Delle Ricerche - Bologna

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 2015, 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)	
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 2015, sono stati i seguenti:

	Ozono O ₃	Ossidi di Azoto NO _x	Monossido di Carbonio CO	Biossido di Zolfo SO ₂	Benzene Toluene Xileni BTX	Materiale particolato PM ₁₀	Materiale particolato PM _{2,5}	IPA e Metalli	Biossido di Carbonio CO ₂
Alba	X	X	X		X	X		X	
Bra		X				X		X	
Cuneo	X	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 PM₁₀ garantisce una disponibilità giornaliera dell'informazione, utile ai fini modellistici.

Per la stazione di Staffarda la misura giornaliera della frazione PM_{2.5} è realizzata con campionatore automatico a raggi beta.

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 - PM₁₀ e PM_{2,5}
- biossido di azoto (NO₂)
- biossido di zolfo (SO₂)
- 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 – PM₁₀ - PM_{2.5}

Caratteristiche <i>particelle solide</i> <i>aerosol</i>	Il particolato atmosferico è formato da particelle, solide o aerosol, sospese in aria. Con il termine PM₁₀ si intende il particolato formato da particelle con diametro aerodinamico medio inferiore a 10 µm (micrometri), mentre il termine PM_{2.5} comprende la frazione di particolato costituito da particelle aventi diametro inferiore a 2.5 µm.			
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Nell'aria viene generato da processi naturali quali eruzioni vulcaniche , incendi boschivi , azione del vento sulla polvere e sul terreno , aerosol marino , ecc, e dall'attività dell'uomo a cui se ne attribuisce l'apporto principale. Le emissioni industriali , particelle di polveri, ceneri, e combustioni incomplete, e il traffico veicolare (gas di scarico , usura di pneumatici , risollevamento delle polveri depositate sulle strade) rappresentano le fonti più significative.			
Tipologia <i>primario</i> <i>secondario</i>	Il particolato atmosferico è in parte di tipo "primario", immesso direttamente in atmosfera, ed in parte di tipo "secondario", prodotto cioè da trasformazioni chimico fisiche che coinvolgono diverse sostanze quali SO₂, NO_x, COVs, NH₃ .			
Permanenza spazio temporale	Il particolato risulta ubiquitario su vasta scala a causa del lungo tempo di permanenza nell'aria (da giorni a settimane) che ne consente il trasporto su grandi distanze . 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.			
Effetti <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"> - il PM₁₀, 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. - Il PM_{2.5}, 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. <p>Gli studi epidemiologici mostrano relazioni tra le concentrazioni di materiale particolato in aria e l'insorgenza di malattie dell'apparato respiratorio, quali asma, bronchiti ed enfisemi. 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 può inibire il processo di fotosintesi e lo sviluppo delle piante; 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 fenomeni di imbrattamento e fenomeni di corrosione in relazione alla composizione chimica del particolato.</p>			
Misura <i>gravimetrica</i>	Il PM ₁₀ e il PM _{2.5} 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.			
 Situazione critica ↓	La situazione nell'ultimo decennio, per il particolato PM ₁₀ , è in miglioramento anche se continua a rappresentare una delle criticità più significative . Le condizioni meteo climatiche influenzano fortemente l'andamento.			
Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
PM10	24 ore	50 µg/m ³	35 per anno civile	1 gennaio 2005
	anno civile	40 µg/m ³		1 gennaio 2005
PM2.5	anno civile	25 µg/m ³		1 gennaio 2015

BIOSSIDO DI AZOTO – NO₂

Caratteristiche NO ₂	<p>Gli ossidi di azoto (NO, NO₂, N₂O 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 : $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$. L'elevata tossicità del biossido lo rende principale oggetto di attenzione: l'NO₂ 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 PM₁₀.</p>			
Fonte 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 rappresentano la fonte più significativa.</p>			
Tipologia 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' NO₂ presente in atmosfera deriva invece dall'ossidazione del monossido di azoto, ed è quindi di natura secondaria.</p>			
Permanenza spazio temporale	<p>Il tempo medio di permanenza in atmosfera degli ossidi di azoto è breve: circa tre giorni per NO₂ e quattro giorni per l'NO.</p>			
Effetti salute ambiente materiali	<p>Gli effetti sulla salute prodotti dall'NO₂ 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>			
Misure 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/m³).</p>			
Situazione stabile  	<p>L'introduzione delle marmitte catalitiche non ha ridotto in maniera incisiva la concentrazione di NO₂ 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 NO₂, 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>			

Riferimenti normativi D.Lgs 155/2010	Periodo di mediazione temporale	Valore limite	N° superamenti ammessi	Data di raggiungimento limite
Biossido di Azoto	1 ora	200 µg/m ³	18 per anno civile	1 gennaio 2010
	anno civile	40 µg/m ³	-	1 gennaio 2010

OZONO

Caratteristiche 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.
Fonte <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 precursori sia naturali (composti organici volatili biogenici prodotti dalle piante) , che antropici (ossidi di azoto e sostanze organiche volatili -VOC- emessi da attività umane) , in condizioni meteorologiche caratterizzate da forte irraggiamento, oppure da scariche elettriche in atmosfera.
Tipologia <i>secondario</i>	A livello troposferico l'ozono è un inquinante cosiddetto secondario, cioè non viene emesso direttamente da una sorgente, ma è prodotto dalle complesse trasformazioni chimico fisiche che avvengono in atmosfera tra gli ossidi di azoto e i composti organici volatili . L'insieme dei prodotti di queste reazioni costituiscono il cosiddetto inquinamento fotochimico o <i>smog fotochimico</i> .
Permanenza spazio temporale	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 fenomeni di accumulo anche a notevole distanze dalle zone di immissione. Per tale motivo l'inquinamento da ozono rappresenta un fenomeno su scala regionale e/o transfrontaliero.
Effetti <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 effetti infiammatori di gravità crescente, sino ad una riduzione della funzionalità polmonare . Sugli ecosistemi vegetali gli effetti ossidanti della molecola interferiscono con la funzione clorofilliana e con la crescita delle piante . I materiali, come la gomma e le fibre tessili, subiscono alterazione chimiche che ne compromettono le caratteristiche e la resistenza .
Misura <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 ($\mu g/m^3$).
Situazione  <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
Soglia informazione Protezione della salute umana	Media oraria	180 µg/m ³	
Soglia di allarme Protezione della salute umana	Media oraria	240 µg/m ³	non più di 3 ore consecutive
Valore obiettivo Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 µg/m ³ (*)	25 volte per anno civile come media su 3 anni
Valore obiettivo Protezione della vegetazione	Da maggio a luglio	AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 18000 µg/m ³ *h come media sui 5 anni (*)	
Obiettivo a lungo termine Protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	120 µg/m ³	
Obiettivo a lungo termine Protezione della vegetazione		AOT40** (calcolato sulla base dei valori di 1 ora) 6000 µg/m ³ *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 µg/m³*h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ (=40 parti per miliardo) e 80 µg/m³ 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)

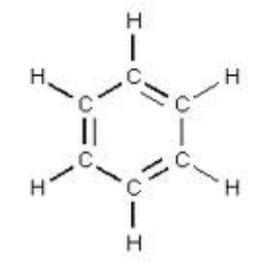
BIOSSIDO DI ZOLFO – SO₂

Caratteristiche SO ₂	Il biossido di zolfo, o anidride solforosa, è un gas incolore, di odore pungente, prodotto dell'ossidazione dello zolfo.
Fonte : naturale antropica	La fonte principale degli ossidi di zolfo (SO ₂ e SO ₃) presenti in atmosfera è di origine <i>naturale</i> . Infatti una percentuale variabile dal 62% all'89% delle emissioni prodotte in Italia ² è attribuita all' <i>attività vulcanica</i> . Le principali emissioni <i>antropiche</i> di SO ₂ derivano invece dai processi di combustione che utilizzano combustibili fossili (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità. In città una fonte significativa è rappresentata dal riscaldamento domestico , mentre solo una percentuale molto bassa di SO ₂ proviene dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel.
Tipologia primario	L'ossido di zolfo è un inquinante primario.
Permanenza spazio temporale	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.
Effetti salute ambiente materiali	Il biossido di zolfo è un forte irritante delle vie respiratorie . Un'esposizione prolungata a concentrazioni basse può causare patologie all'apparato respiratorio (asma, tracheiti, bronchiti) 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 principali responsabili dell'acidificazione delle precipitazioni meteorologiche (piogge acide) che comporta la compromissione degli equilibri degli ecosistemi coinvolti. Sulle piante l'aumento delle concentrazioni di SO ₂ provoca danni via via crescenti agli apparati fogliari sino alla necrosi tessutale . L'azione sui materiali interessa maggiormente i metalli , nei quali viene accelerato il fenomeno di corrosione , ed i materiali da costruzione (in particolare di natura calcarea) sui quali l'azione acida, comportando una trasformazione dei carbonati in solfati solubili, diminuisce la resistenza meccanica dei materiali , da cui i conseguenti danneggiamenti dei monumenti e delle facciate degli edifici.
Misura fluorescenza	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 ₂ presenti che, stabilizzandosi, emettono delle radiazioni nello spettro del visibile misurate con apposito rivelatore. L'intensità luminosa misurata è funzione della concentrazione di SO ₂ 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 ³).
Situazione buona  	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
Ossido di Zolfo	1 ora	350 µg/m ³	24 per anno civile	1 gennaio 2005
	1 giorno	125 µg/m ³	3 per anno civile	1 gennaio 2005

² ISPRA -inventario emissioni in atmosfera-CONAIR IPPC- dati 1980-2008

BENZENE

<p>Caratteristiche <i>C₆H₆</i></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.</p> <p>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.</p> <p>E' utilizzato per conferire proprietà antidetonanti nelle benzine "verdi".</p>
<p>Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i></p>	<p>In natura il benzene viene prodotto negli incendi boschivi e durante le eruzioni vulcaniche, 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 gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina: stime effettuate a livello di Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.</p> <p>Una fonte importante, in ambienti indoor, è rappresentato dal fumo di tabacco.</p>
<p>Tipologia <i>primario</i></p>	<p>E' un inquinante primario.</p>
<p>Permanenza <i>spazio temporale</i></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>Effetti <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 cancerogenicità per l'uomo. La principale via di esposizione per l'uomo è l'inalazione, a causa della notevole volatilità del benzene.</p>
<p>Misura <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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).</p>
<p>Situazione <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>	Valore limite	<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

Caratteristiche CO	Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore, infiammabile, e molto tossico. Viene generato durante la combustione di materiali organici, come intermedio di reazione, quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente. Il monossido di carbonio è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	Le principali fonti naturali sono agli incendi boschivi , le eruzioni dei vulcani , le emissioni da oceani e paludi . La fonte antropica più significativa è rappresentata dal traffico veicolare , 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 impianti di riscaldamento domestico , le centrali termoelettriche , gli inceneritori di rifiuti , per i quali il contributo emissivo risulta minore in quanto la combustione avviene in condizioni più controllate.
Tipologia <i>primario</i>	Il monossido di carbonio viene emesso come tale in atmosfera.
Permanenza spazio temporale	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.
Effetti <i>salute</i>	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, ad elevate concentrazioni, esiti letali . A basse concentrazioni provoca emicranie, vertigini, e sonnolenza . Essendo inodore e incolore, è un inquinante insidioso soprattutto nei luoghi chiusi dove si può accumulare in concentrazioni elevate. Sull'ambiente ha effetti trascurabili.
Misure <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 ³).
 Situazione <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.

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

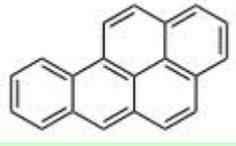
METALLI PESANTI: Piombo, Arsenico, Cadmio e Nichel

Caratteristiche 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.
Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i>	I metalli pesanti rappresentano un gruppo di inquinanti particolarmente diffuso nella biosfera, legato sia a fenomeni naturali (eruzioni vulcaniche, fenomeni di erosione) sia all'attività antropica; nell'atmosfera le sorgenti antropiche sono rappresentate principalmente dalle combustioni , dai processi industriali (industrie minerarie, metallurgiche e siderurgiche) e dalle abrasioni dei materiali .
Tipologia <i>primario</i>	I metalli pesanti sono inquinanti primari.
Permanenza spazio temporale	Essendo rintracciabili prevalentemente nel particolato aereo-disperso, l'inquinamento da metalli pesanti presenta distribuzione spazio temporale analoga a quella dei PM ₁₀ .
Effetti <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: problemi ai reni ed alle ossa, disordini neurocomportamentali e dello sviluppo, elevata pressione sanguigna e , potenzialmente, anche cancro al polmone. Nell'ambiente, il fenomeno dell'accumulo sui terreni può danneggiare la fertilità del suolo e favorire l'ingresso dei metalli nella catena alimentare .
Misura <i>ICP-MS da filtro PM₁₀</i>	La frazione fine del particolato (PM ₁₀) 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).
Situazione <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
Piombo	Anno civile	0.5 µg/m ³	1 gennaio 2005
	Periodo di mediazione temporale	Valore obiettivo(*)	Data di raggiungimento valore obiettivo
Arsenico	Anno civile	6.0 ng/m ³	31 dicembre 2012
Cadmio	Anno civile	5.0 ng/m ³	31 dicembre 2012
Nichel	Anno civile	20.0 ng/m ³	31 dicembre 2012

(*) valore riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile.

IPA - Benzo(a)pirene

<p>Caratteristiche Benzo(a)pirene</p> 	<p>Il benzo(a)pirene - B(a)P - è stato scelto come marker dell'esposizione agli IPA nell'aria ambiente.</p> <p>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.</p> <p>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>Fonte <i>naturale</i> <i>antropica</i></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.</p> <p>La fonte naturale di questi inquinanti è rappresentata dalle eruzioni vulcaniche e dagli incendi boschivi.</p> <p>Le fonti antropiche sono dovute ai processi di combustione incompleta di materiale organico e all'uso di olio combustibile, gas, carbone e legno nella produzione di energia e riscaldamento. Anche l'utilizzo dei vari carburanti produce una notevole quantità di queste sostanze. Le emissioni dovute al traffico stradale sono infatti una componente dominante nella emissione di IPA e di B(a)P nelle aree urbane.</p>
<p>Tipologia <i>primario</i></p>	<p>E' un inquinante primario.</p>
<p>Permanenza 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 qualche giorno o settimana; quelli di massa maggiore aderiscono al particolato aerodisperso. Per questa loro relativa stabilità gli IPA si possono riscontrare anche a grandi distanze in località remote e molto lontane dalle zone di produzione.</p>
<p>Effetti salute</p>	<p>Gli studi condotti sulla pericolosità degli IPA sembrano dimostrare che l'esposizione a concentrazioni significative di queste sostanze comporta vari danni a livello ematico, immunosoppressione e problemi al sistema polmonare; 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>Misura <i>GC da filtro PM₁₀</i></p>	<p>La frazione fine del particolato (PM₁₀) 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>Situazione <i>stabile</i></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 ³	31 dicembre 2012

(*) valore riferito al tenore totale di Benzo(a)pirene presente nella frazione PM₁₀ del materiale particolato, calcolato come media su un anno civile

Condizioni meteoclimatiche dell'anno 2015³

L'anno 2015 in Piemonte è stato il più caldo dell'intera serie storica di misure dal 1958 ad oggi, con un'anomalia di circa +1.9°C rispetto alla climatologia del periodo 1971-2000. Spicca il mese di luglio, risultato quello con le temperature più elevate di tale serie storica, con un'anomalia termica di circa +3.9°C rispetto alla media climatica degli anni 1971-2000.

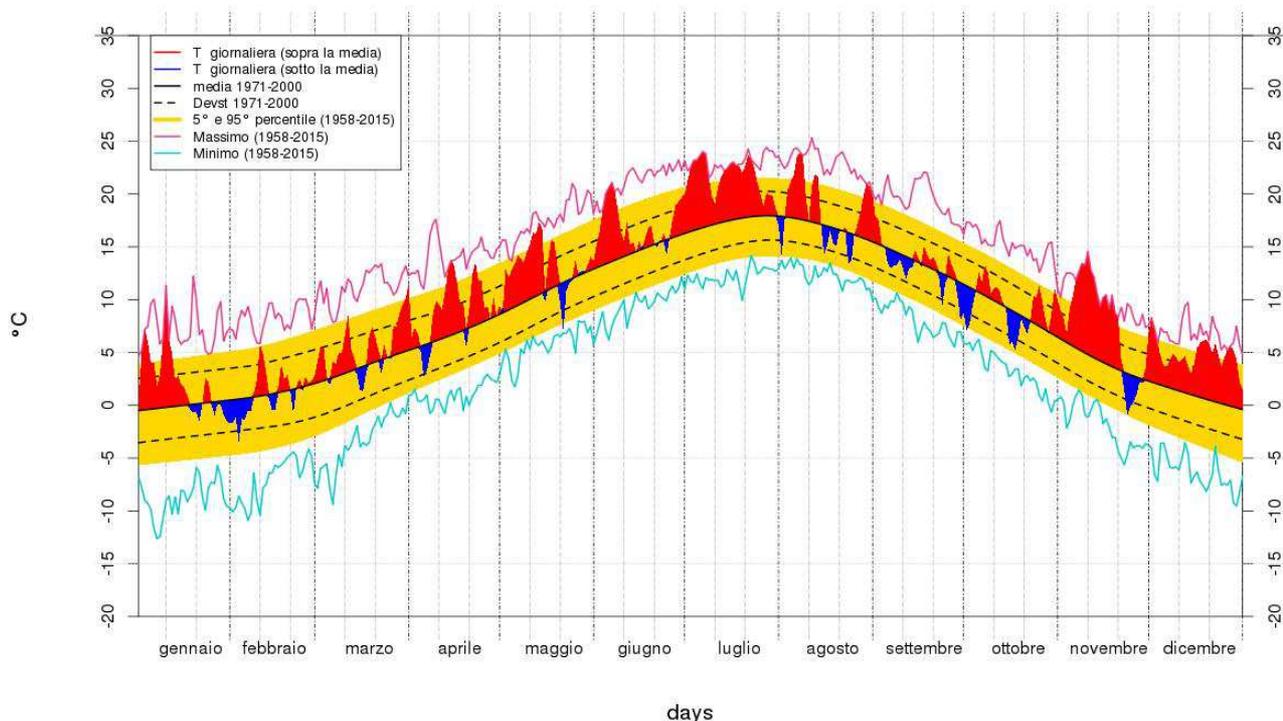
I valori di temperatura mediati su quel mese sono stati superiori anche a quelli registrati ad agosto 2003 che deteneva il primato di mese più caldo in assoluto dell'intera serie storica mensile; tuttavia in quell'occasione si verificarono dei picchi di temperatura massima superiori.

Una sessantina di stazioni termometriche della rete Arpa Piemonte (pari al 21% del totale) ha registrato il valore più alto di temperatura massima, dal momento dell'installazione, nel corso delle ondate di calore che hanno caratterizzato l'estate 2015 a causa di ricorrenti espansioni di un anticiclone di matrice africana: il 3-7 giugno, 2-7 luglio, 16-17 luglio, 21-22 luglio (il picco più intenso) ed infine il 6-8 agosto.

Un contributo rilevante all'anomalia termica positiva è stato dato anche dai mesi di novembre e dicembre, anch'essi al primo posto nelle rispettive distribuzioni storiche mensili. Valori record si sono verificati a novembre, con una vera e propria "Estate di San Martino" (il giorno 11 novembre viene ricordato tale santo) durata circa una settimana, dal 6 al 12 novembre.

L'annata si inserisce in un contesto globale di eccezionalità per quanto riguarda le temperature su tutto il pianeta: secondo il Rapporto Annuale della NOAA, il 2015 è stato l'anno più caldo degli ultimi 136 anni, con un'anomalia media di +0.9°C. Inoltre si è registrato un evento de El Nino tra i più forti mai osservati.

Temperatura giornaliera: media Piemonte ANNO 2015



Dati ed elaborazione: Arpa Piemonte - 13 January 2016 - ore 15:39

Figura 1) Andamento della T media giornaliera sul Piemonte per l'anno 2015 (valori riferiti ad un punto medio ideale posto a 900 m di quota)

³ Estratto da "Il clima in Piemonte – Anno 2015" Sistemi Previsionali Arpa Piemonte – Gennaio 2016

Nel 2015 sono caduti circa 924 mm di precipitazione in Piemonte, con un deficit pluviometrico di 128 mm (pari al 12%) nei confronti della norma 1971-2000, a causa della scarsità di pioggia caduta tra novembre e dicembre, mesi in cui nessuna giornata ha registrato una precipitazione media sulla regione superiore ai 5 mm.

Il mese più piovoso è risultato ottobre, con circa 149 mm, mentre la maggiore anomalia percentuale positiva è stata registrata a febbraio con +73%.

Il 13 settembre è risultato il giorno più ricco di precipitazioni dell'anno, per l'azione di una profonda depressione, avente il minimo a nordovest delle Isole Britanniche. In tale giornata le piogge sono state diffuse sul territorio piemontese, a carattere temporalesco soprattutto sul settore meridionale della regione, dove si sono registrati i fenomeni più intensi.

Anomalie annuali di Precipitazione (mm) anno 2015

Periodo di riferimento 1971-2000

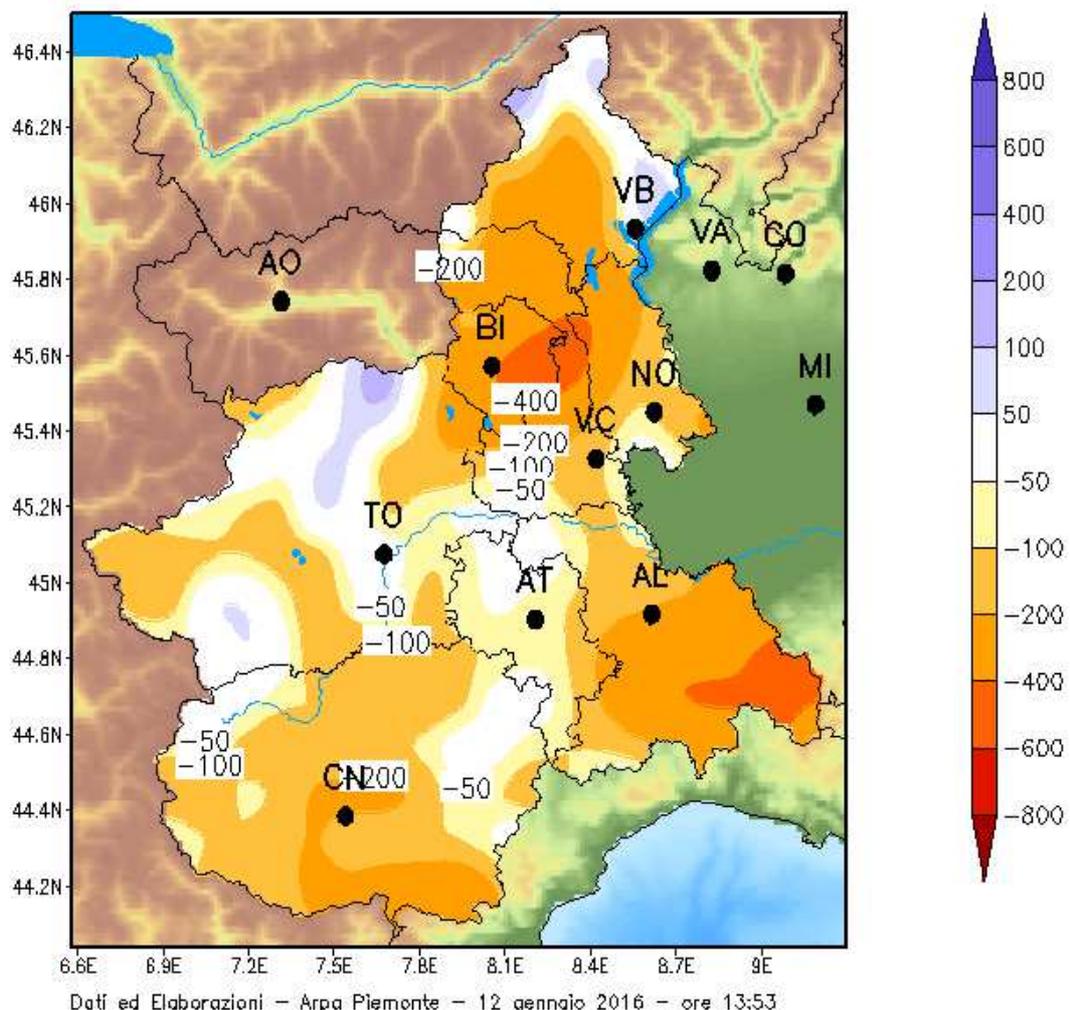


Figura 2) Anomalia percentuale di precipitazione per l'anno 2015 rispetto alla norma 1971-2000

Nel 2015 si sono avuti complessivamente nella regione 70 giorni di foehn; la distribuzione nei diversi mesi è riportata nella tabella.

gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
17	8	11	4	3	3	5	0	6	1	9	3

Tabella 3) Numero di giorni di foehn per mese

Nell'anno 2015 i giorni di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km) sono stati inferiori alla norma della climatologia recente 2004-2014: 113 episodi registrati, rispetto ai 131 attesi, con un deficit del 14%.

I fenomeni nebbiosi sono risultati scarsi soprattutto nei primi mesi dell'anno, in particolare ad aprile (-67%) e gennaio (-59%), mese dell'anno in cui statisticamente la nebbia è più frequente.

Da ottobre a dicembre gli episodi registrati sono stati al di sopra della media; in particolare l'intero mese di dicembre è stato caratterizzato da condizioni di stabilità atmosferica e marcata inversione termica, fattori che hanno determinato una situazione di nebbia ordinaria (visibilità inferiore ad 1 km) per 30 giorni del mese su 31. Pertanto dicembre 2015 è risultato in assoluto il più nebbioso da quando è attiva la rete dei visibilimetri di Arpa Piemonte (2004), superando i 28 giorni di nebbia mensile di gennaio 2009.

Inferiori rispetto alla norma anche i giorni di nebbia fitta (visibilità inferiore a 100 m), 19 su 25 attesi, con un'anomalia negativa del 24%; sono mancati all'appello soprattutto gli episodi nebbiosi di gennaio e febbraio, mentre spiccano i 9 giorni di nebbia fitta di dicembre.

Gli inquinanti nel periodo 2002 ÷ 2015

Materiale particolato

PM₁₀

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 Cuneo⁴.

Le concentrazioni medie annue di PM₁₀ registrate presso le stazioni della rete provinciale attive nel 2015 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, la situazione nel 2015 è leggermente peggiorata, in quasi tutte le stazioni, rispetto all'anno 2014 che si conferma pertanto come minimo storico per l'inquinamento da polveri sottili. Le concentrazioni medie annue si sono comunque mantenute anche nel 2015 sotto il limite normativo di 40 µg/m³ in tutte le stazioni.

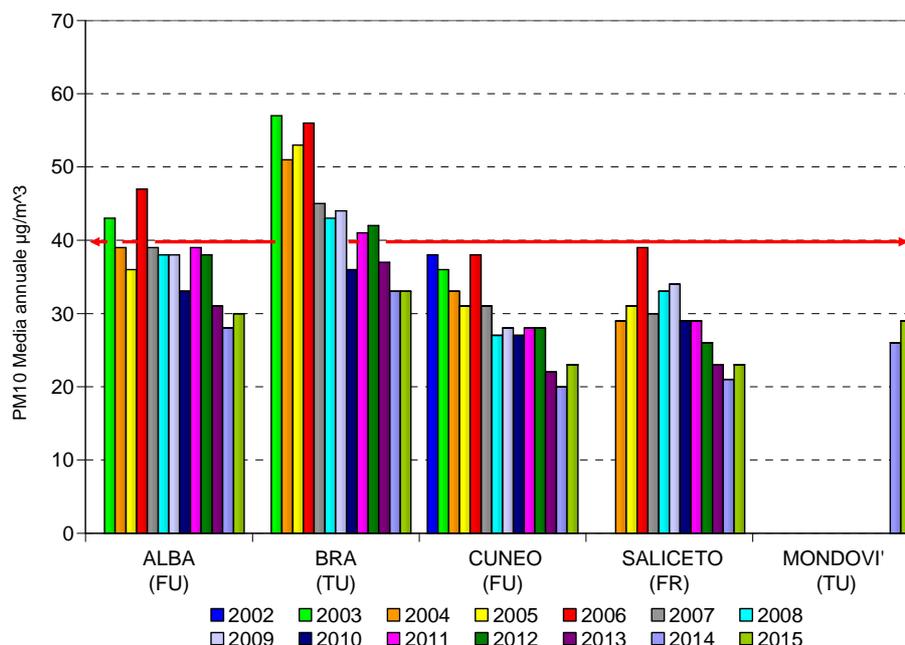


Figura 3) PM₁₀: confronto medie annue (anni con disponibilità dei dati >=90%. Sulle ascisse, dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, BR= Background Rurale).

⁴ 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'evoluzione nel tempo dell'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); per le peculiarità delle stazioni considerate, tale range si può considerare rappresentativo delle concentrazioni di PM₁₀ incidenti mediamente su tutto il territorio provinciale.

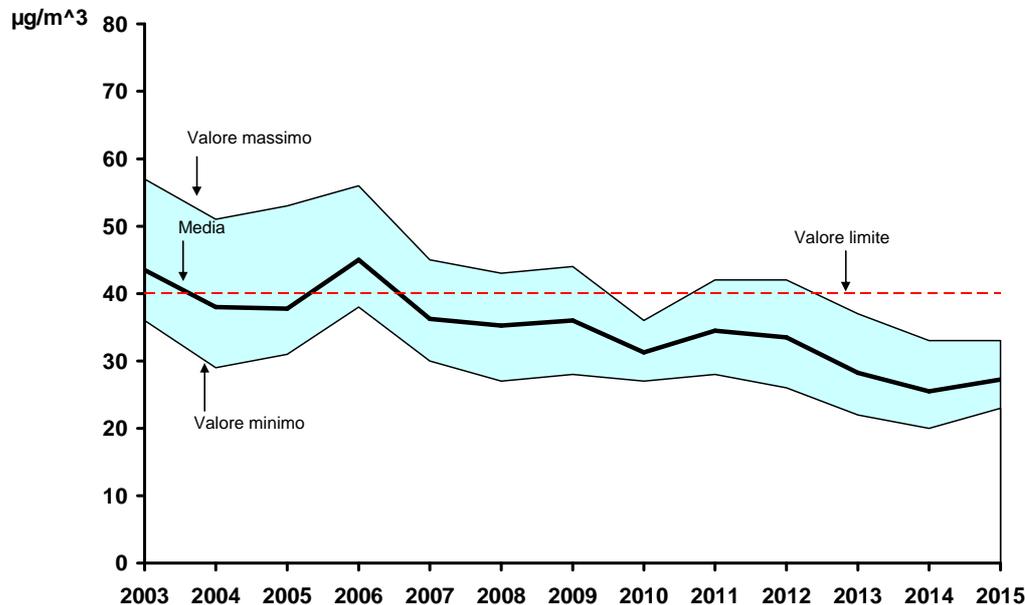


Figura 4) PM₁₀: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle centraline di Alba, Bra, Cuneo e Saliceto.

Ad eccezione della stazione di Saliceto, anche per il numero di superamenti del limite giornaliero di 50 µg/m³ le stazioni hanno registrato nel 2015 un leggero incremento rispetto all'anno precedente (figura 5). Nelle stazioni di Alba e Bra che, data la collocazione geografica, risentono maggiormente dell'inquinamento da polveri sottili che caratterizza il bacino padano, il numero di superamenti si è mantenuto al di sopra di 35, numero massimo consentito per anno civile dalla norma per la protezione della salute umana (48 superamenti presso la stazione di fondo urbano di Alba Tanaro e 62 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/m³ per queste due stazioni.

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
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	03-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	21-mar

Tabella 4) Per ogni anno: data del 36° superamento del limite sulla concentrazione giornaliera di PM₁₀ 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)

Per la stazione da traffico di Mondovì, dove la misura del particolato è iniziata nel 2014, i dati del 2015 confermano una situazione intermedia tra quella delle stazioni di Cuneo e Saliceto e quella rappresentata dalle stazioni di Alba e Bra. Sebbene il sito sia caratterizzato dalle concentrazioni di fondo contenute tipiche della zona pedemontana, esso 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.

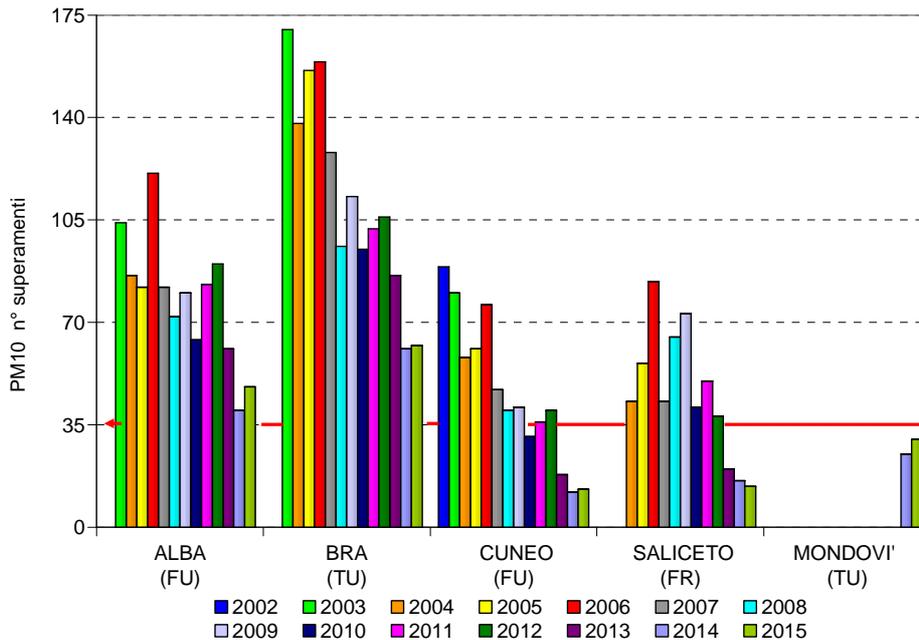


Figura 5) PM_{10} : numero di superamenti del limite giornaliero (anni con disponibilità dei dati $\geq 90\%$).

Le medie dei superamenti del limite giornaliero, calcolate su tutte le stazioni della rete attive dal 2003 (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.

Applicando, al numero medio di superamenti per anno dal 2003 al 2015, 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 -5.4 superamenti/anno e con intervallo di confidenza al 95% pari a [-7.8, -2.9] superamenti/anno.

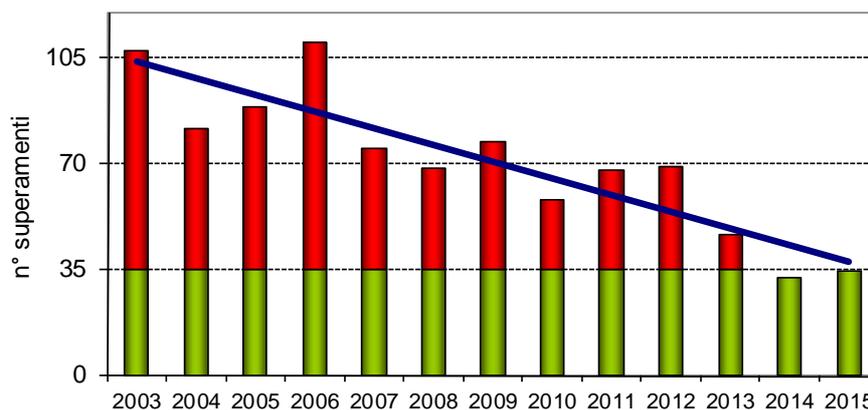


Figura 6) PM_{10} : numero medio di superamenti del limite giornaliero delle centraline della provincia con misura attiva dal 2003 (in rosso il numero di giorni che eccedono il massimo consentito).

La situazione regionale nel 2015

Per poter comprendere la situazione provinciale è bene avere una visione della situazione dei superamenti dei limiti normativi su una scala spaziale più ampia. Nei due grafici che seguono sono raffigurate in ordine decrescente le concentrazioni medie e il numero di superamenti dell'anno 2015 per le stazioni della rete della regione Piemonte con percentuale di dati validi superiore al 90%. 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 2013 e 2014, ove disponibili.

Da tali grafici emerge come un peggioramento nel 2015 rispetto al 2014 sia stato riscontrato su tutto il territorio regionale e sia stato più marcato nelle altre province.

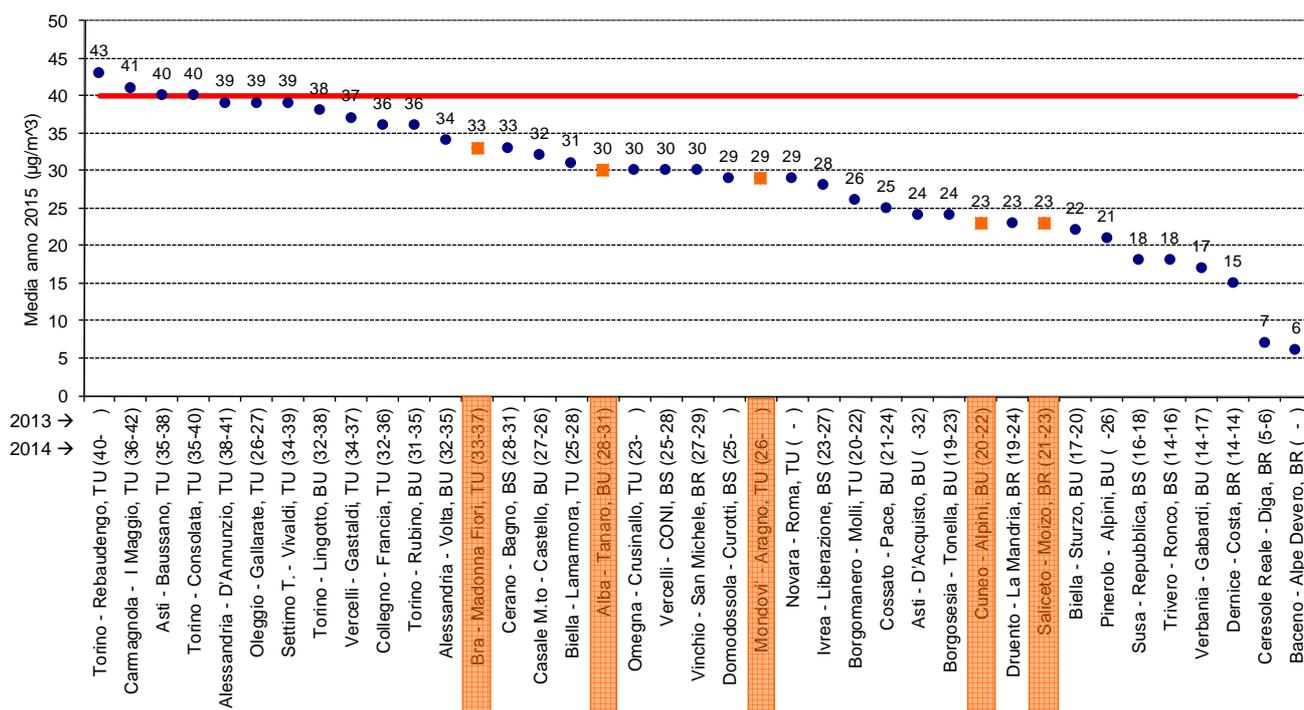


Figura 7) PM₁₀: concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2015 in ordine decrescente (sulle ascisse, dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, le concentrazioni medie del 2014 e del 2013; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

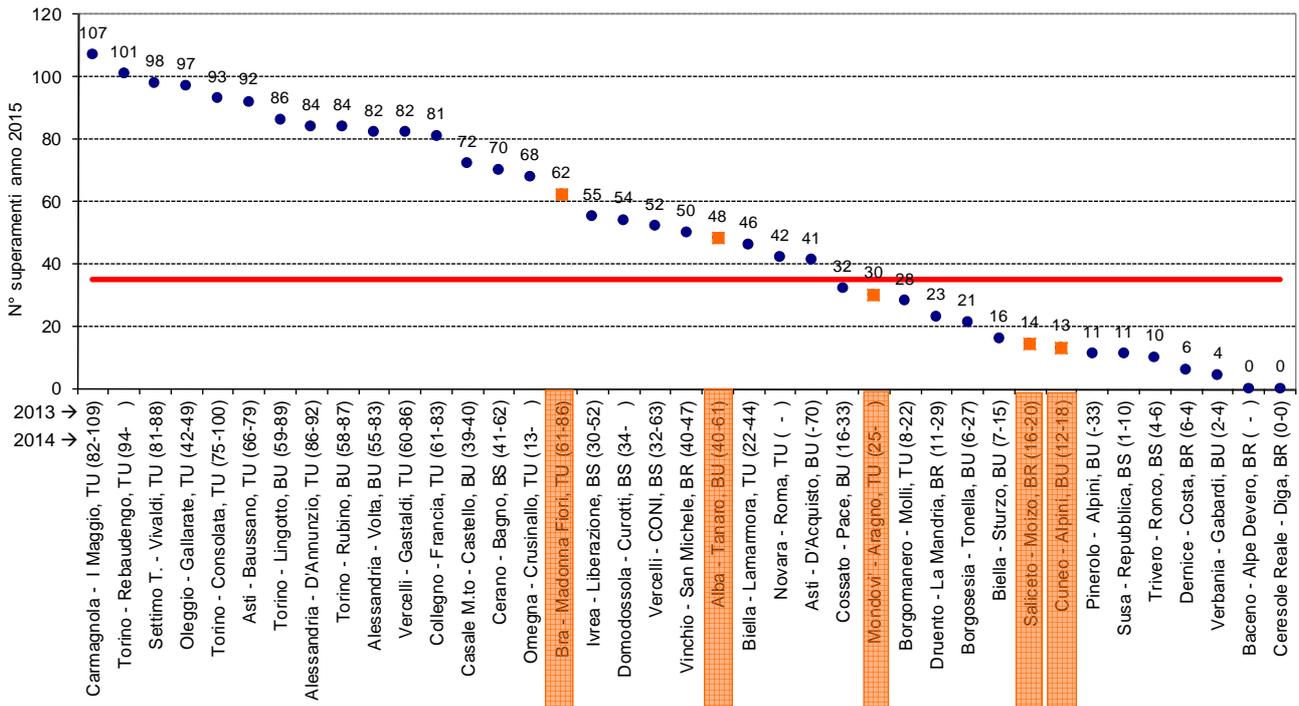


Figura 8) PM₁₀: numero di superamenti del limite giornaliero nelle centraline della regione nel 2015 in ordine decrescente (sulle ascisse dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale, IS= Industriale Suburbana; tra parentesi, il numero di superamenti del 2014 e del 2013; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

Medie annue e numero di superamenti del limite giornaliero del PM₁₀ 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 degli inquinanti caratterizzati da lunghi tempi di permanenza in atmosfera, come il materiale particolato.

Comune alle altre Regioni del bacino padano è stata, nel 2015, la situazione di peggioramento rispetto all'anno 2014 dell'inquinamento da polveri riscontrata in Piemonte; la Regione Emilia Romagna, ad esempio, evidenzia⁵ come, nonostante sia confermata la tendenza degli ultimi dieci anni alla diminuzione delle concentrazioni medie e del numero di superamenti, i valori siano aumentati nel 2015 rispetto ai due anni precedenti.

⁵ Fonte: Arpa Emilia Romagna – La qualità dell'aria in Emilia-Romagna - Aggiornamento al 2015 <http://webbook.arpae.it/aria>

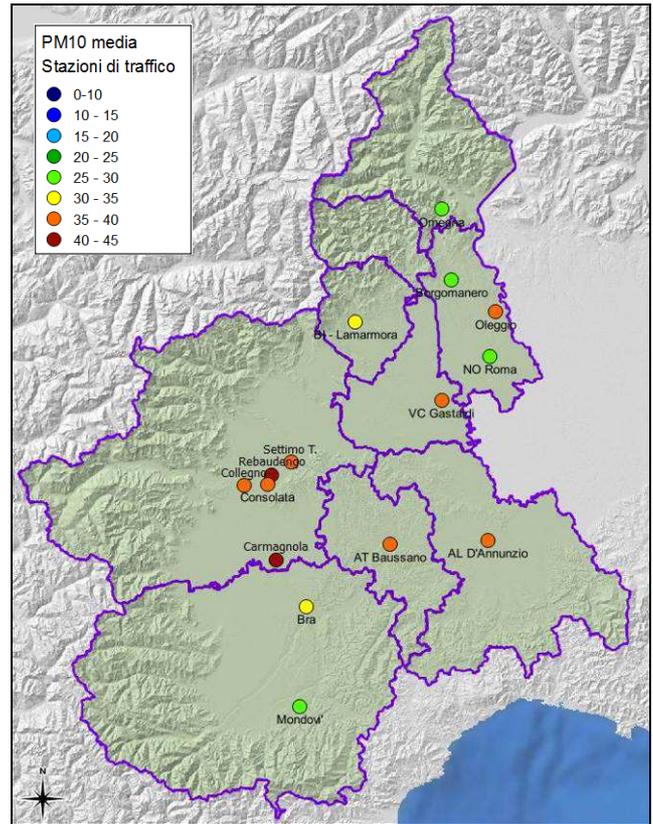
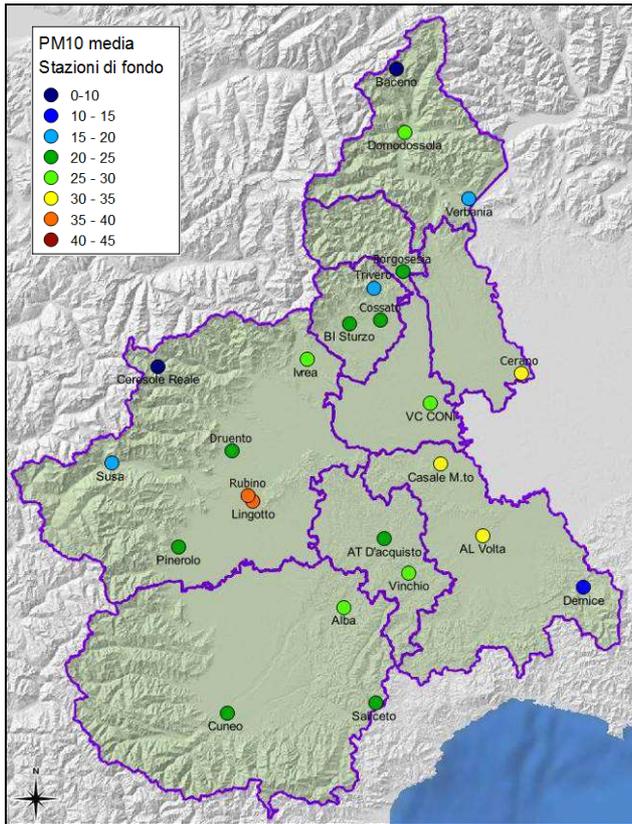


Figura 9) PM₁₀: concentrazioni medie dell'anno 2015 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

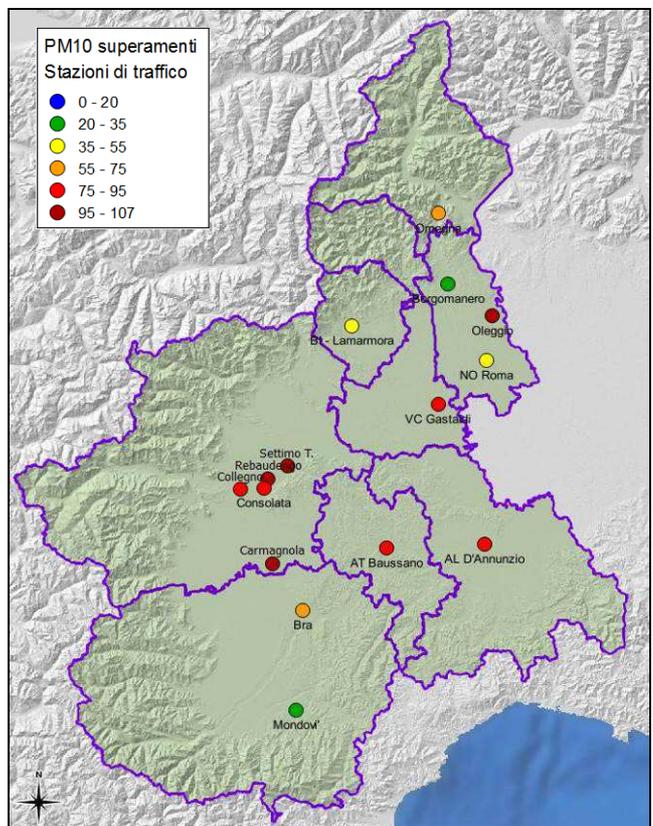
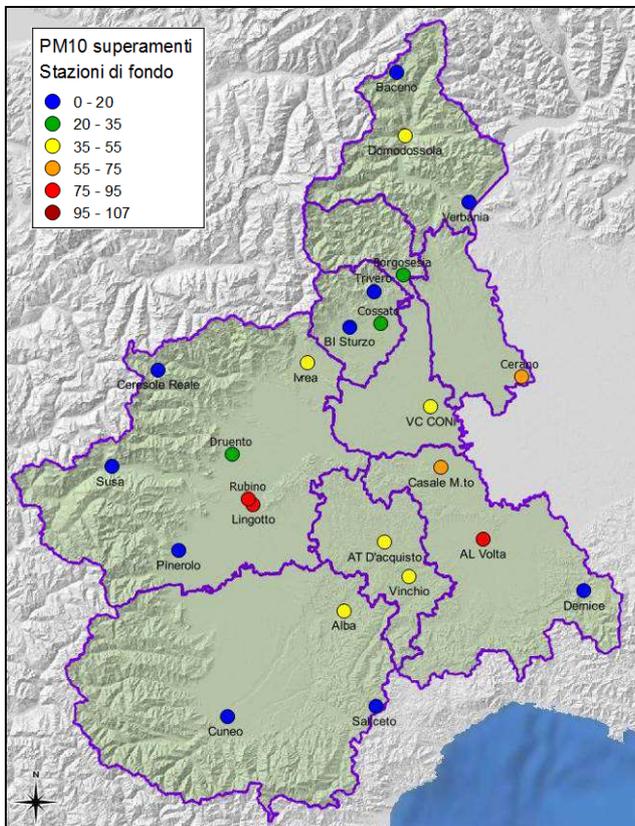


Figura 10) PM₁₀: numero di superamenti della concentrazione giornaliera di 50 µg/m³ dell'anno 2015 delle stazioni della Regione Piemonte di fondo (sinistra) e di traffico (destra).

Le concentrazioni del 2015 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 PM₁₀ 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 2015 in provincia di Cuneo è riportata nella figura 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 meteoroclimatici. Nella figura oltre alle concentrazioni di PM₁₀ sono riportati anche i valori delle precipitazioni giornaliere registrate presso la stazione meteo di Fossano, scelta poiché in posizione centrale nella provincia e, in azzurro, un indicatore di presenza di condizioni di foehn in regione.

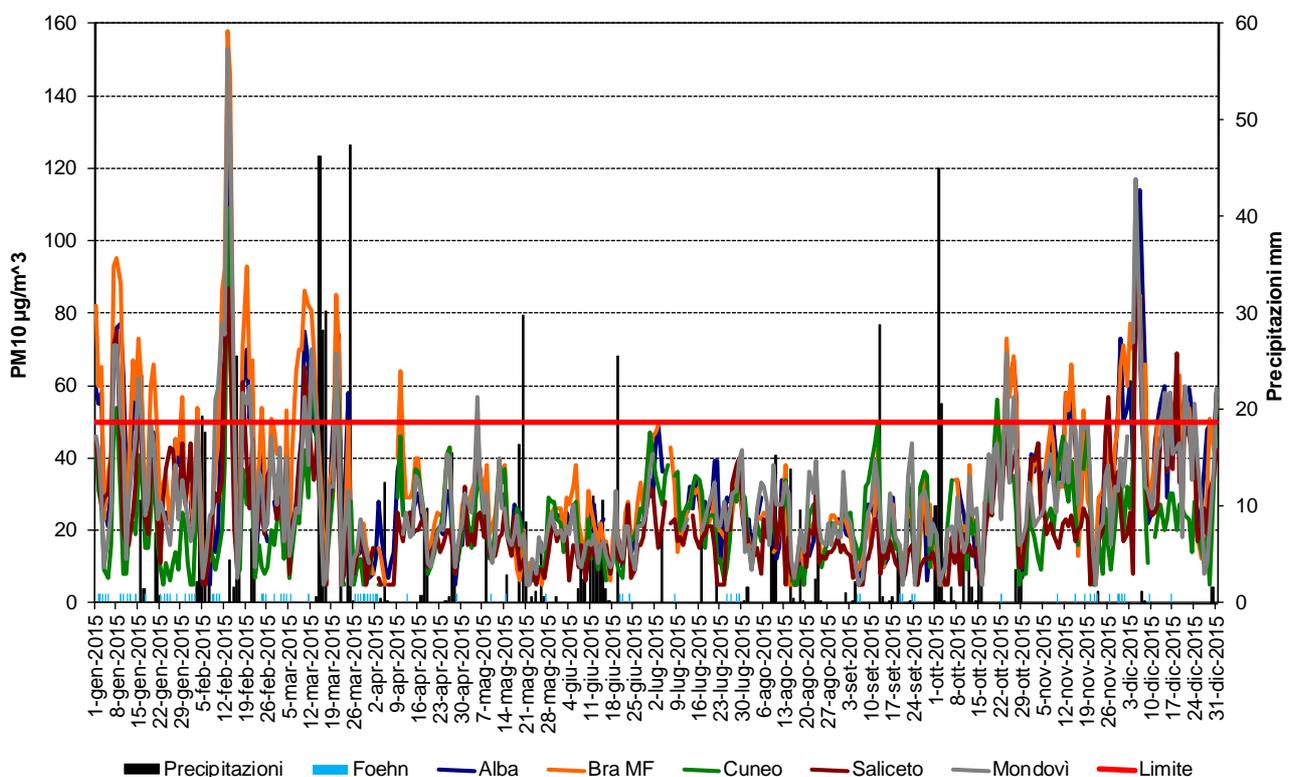


Figura 11) PM₁₀: concentrazioni medie giornaliere rilevate nelle stazioni della provincia nel 2015.

Per valutare le differenze, nel 2015, dei livelli di inquinamento durante i periodi caratterizzati da condizioni di accumulo degli inquinanti, e durante gli episodi di rimozione degli inquinanti, i dati giornalieri sono stati suddivisi in tre categorie: giorni di "nebbia" senza fenomeni di rimozione, ovvero con vento inferiore a 1.5 m/s e con precipitazioni inferiori a 5 mm nella giornata stessa o in quella precedente (considerati come giorni di accumulo); giorni senza nebbia e senza rimozione nella stessa giornata 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. 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.

Le distribuzioni delle concentrazioni di PM₁₀, 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 evidente la differenza tra i livelli di PM₁₀ registrati nelle tre diverse categorie individuate e, nelle giornate di “nebbia”, la media delle concentrazioni è superiore al limite annuo di 40 µg/m³ (rispettivamente pari a 45, 48, 47 µg/m³ nelle tre stazioni). Sebbene per la stazione di Cuneo le concentrazioni sembrano risentire meno dell’aumento delle concentrazioni durante le giornate di “nebbia”, anche in questo caso le differenze tra le tre categorie individuate sono statisticamente significative.

La nebbia ordinaria si conferma pertanto un indicatore di condizioni di accumulo, mentre vento e precipitazioni dei fenomeni di rimozione.

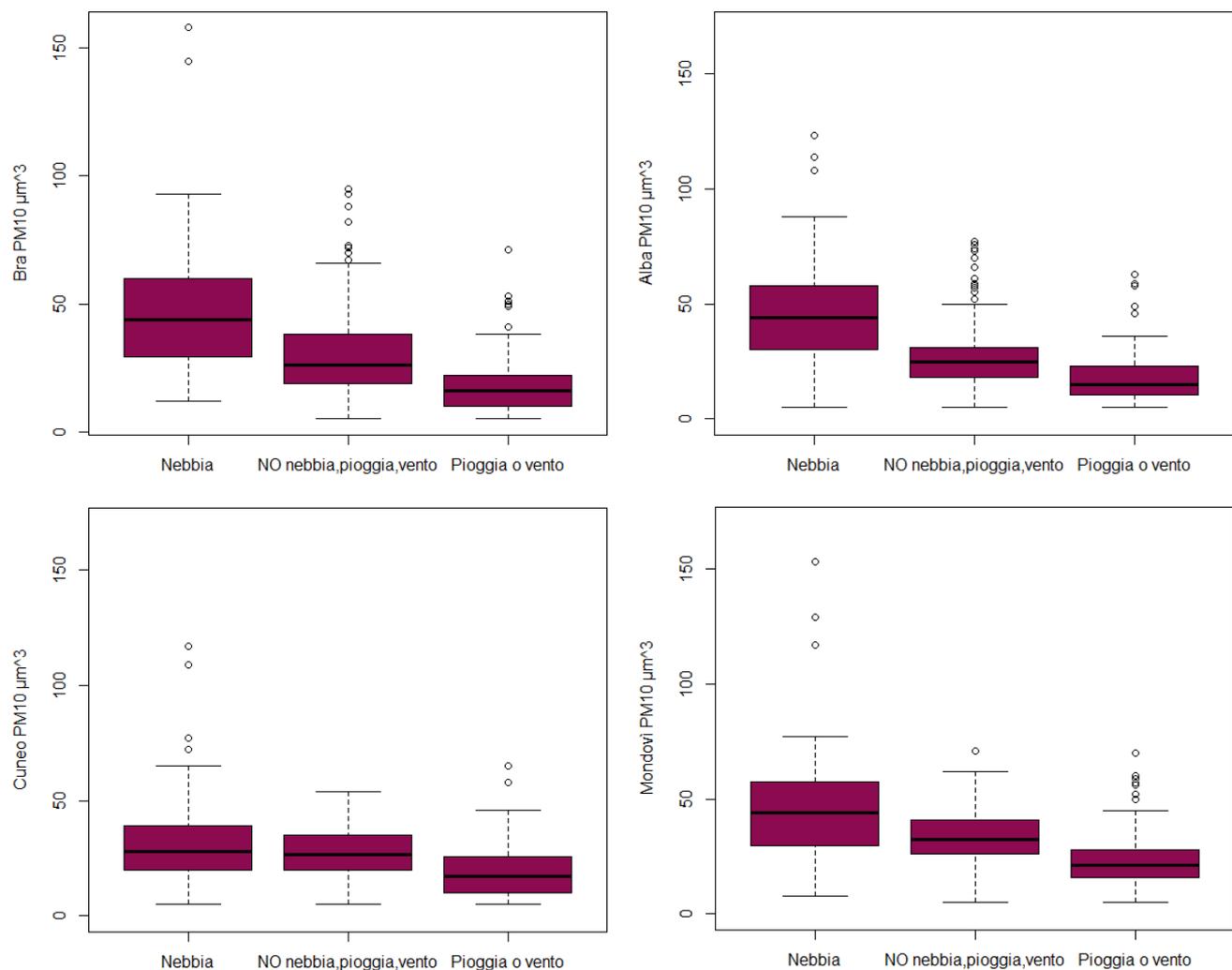


Figura 12) Box plots delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀ di Alba, Bra, Cuneo e Mondovì dell’anno 2015 suddivise tra giornate con nebbia e senza fenomeni di rimozione, giornate senza nebbia e senza rimozione, giornate con rimozione dovuta alla precipitazione o al vento.

Analizzando i dati delle precipitazioni atmosferiche registrati dalle stazioni meteorologiche di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto dal 2003 al 2015 (figura 13), il 2015 dimostra precipitazioni molto più limitate del 2014, sia in termini di quantitativi cumulati che di numero di giorni con precipitazione. Nella figura 13 sono indicate anche le medie provinciali dei superamenti del limite giornaliero dei PM₁₀ registrati dalle stazioni attive per tutto il periodo di analisi (Alba,

Bra, Cuneo Saliceto) e si può vedere come, nel 2015, nonostante le minori precipitazioni, l'aumento dei giorni di superamento per i PM₁₀ sia stato contenuto (pari a 2).

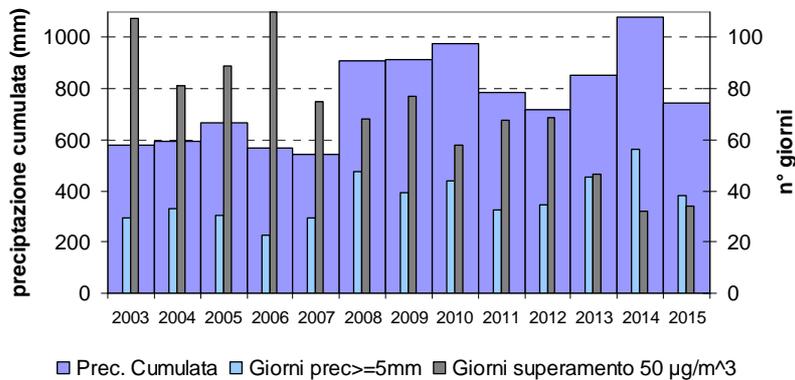


Figura 13) Medie provinciali della precipitazione cumulata, del numero di giorni con precipitazioni superiori a 5 mm (media delle stazioni meteo di Bra, Cuneo, Fossano e Saliceto) e del numero di giorni di superamento del limite giornaliero dei PM₁₀.

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 2014, escludendo quindi quelli del 2015, si osserva che i dati del 2015 si discostano notevolmente dalla regressione lineare degli anni precedenti. Il numero di giorni di superamento registrati nel 2015 è di molto inferiore a quanto indicherebbe la 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).

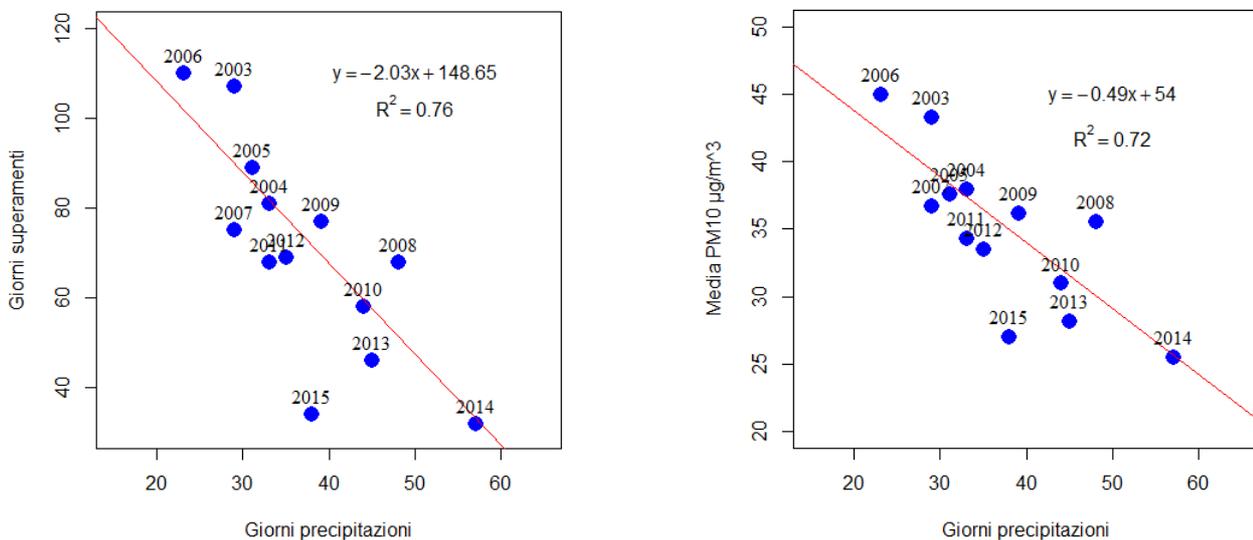


Figura 14) Numero di giorni per anno con superamento del limite giornaliero per i PM₁₀ e medie annuali di PM₁₀ in funzione del numero di giorni con precipitazioni cumulate di almeno 5 mm, in rosso regressione lineare calcolata sugli anni 2003-2014.

Occorre considerare che, oltre che essere diversa l'efficacia che le precipitazioni possono avere sui livelli di inquinamento a seconda della loro distribuzione nell'arco dell'anno, il numero di giorni di precipitazioni non possono esaurire da soli la spiegazione dei complessi meccanismi che determinano i livelli di concentrazione del PM₁₀.

Per poter valutare, per i diversi mesi del 2015, l'influenza di diverse condizioni meteorologiche sugli episodi di inquinamento da materiale particolato, si può fare riferimento alla figura 15. Nel primo grafico è rappresentato per ogni mese del 2015 il numero di giorni con almeno 5 mm di pioggia insieme ai relativi valori minimi, medi e massimi del periodo 2003-2014. Negli altri grafici, con rappresentazioni analoghe, sono riportati gli episodi di foehn sul territorio regionale, i giorni di nebbia ordinaria ovvero con visibilità inferiore a 1000 m in provincia di Cuneo (indici di condizioni di accumulo degli inquinanti) e le medie dei superamenti del limite giornaliero per i PM₁₀ registrati nei siti con stazioni attive per tutto il periodo di analisi (Alba, Bra, Cuneo Saliceto).

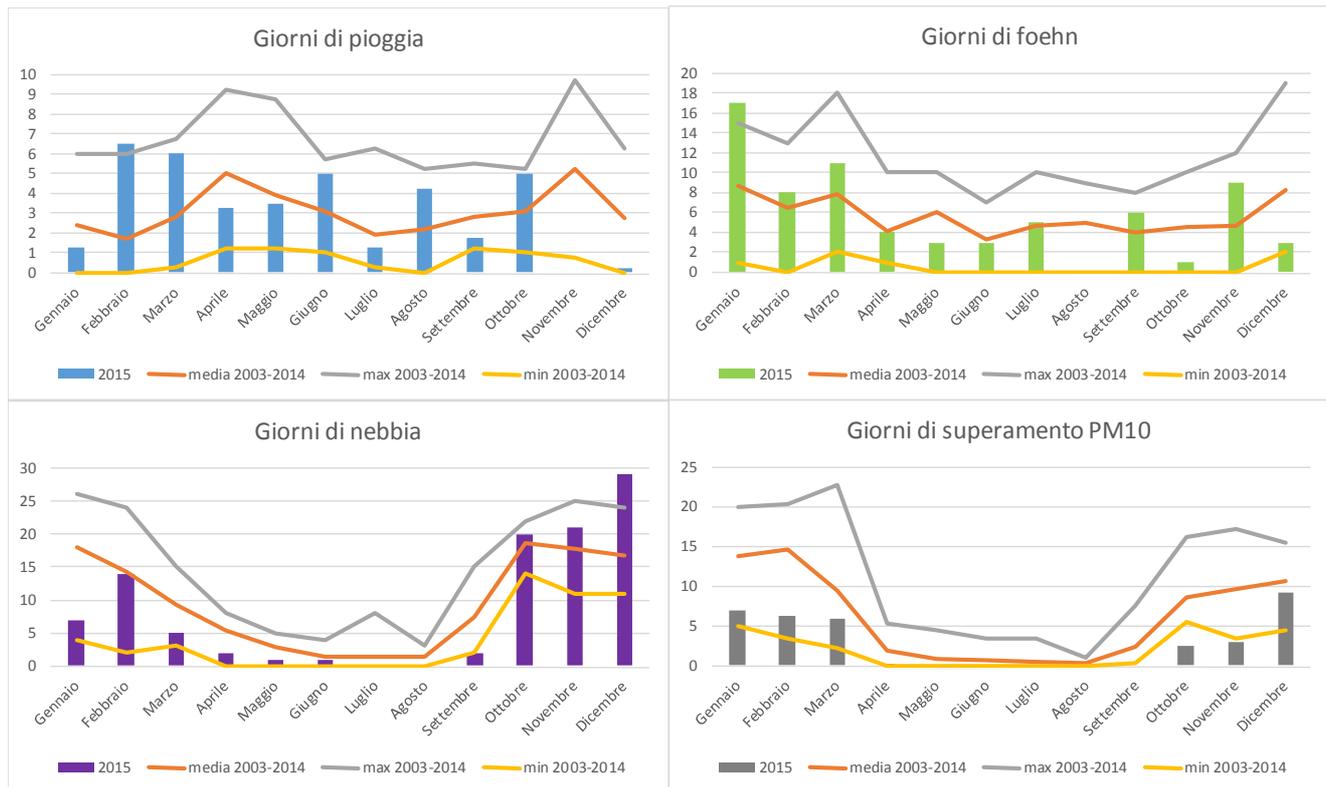


Figura 15) Confronto dei valori mensili del 2015 con minimi, medie, massimi mensili degli anni 2003-2014 per i parametri:

- Giorni con almeno 5 mm di precipitazioni in provincia di Cuneo
- Giorni di foehn sul territorio regionale
- Giorni di nebbia ordinaria in provincia di Cuneo (visibilità inferiore a 1000 m)
- Giorni di superamento del limite giornaliero dei PM₁₀ (media delle stazioni Alba, Bra, Cuneo e Saliceto)

Nel confronto con i dati del periodo 2003-2014, il mese di gennaio 2015 ha avuto un numero di giorni di pioggia contenuto, ma un numero di episodi di foehn superiore al massimo del periodo considerato ed un numero di giorni nebbiosi limitato. I due mesi successivi sono stati caratterizzati da un numero di giorni di pioggia prossimi ai massimi del periodo, un numero di episodi di foehn superiore alla media, un numero di giorni di nebbia nella media a febbraio e inferiore alla media a marzo.

Per quanto riguarda il numero di giorni di superamento del limite dei PM₁₀ per questi primi tre mesi che, i dati del periodo 2003-2014 indicano come i più critici dell'anno, sono stati di poco superiori ai minimi del periodo considerato.

La forte influenza dei processi rimozione degli inquinanti in questi primi mesi del 2015 è visibile anche nella figura 11 dove si può vedere come le concentrazioni siano prontamente

creciute ogni qual volta si sia presentata un'assenza di precipitazioni e di episodi di foehn, determinando picchi superiori al limite giornaliero di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, per scendere rapidamente a concentrazioni inferiori a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in corrispondenza di precipitazioni o di foehn.

Nella seconda decade di febbraio si è verificato l'episodio con le concentrazioni più elevate di tutto il 2015: a partire da una situazione di blocco anticiclonico sull'Europa centrale, che ha favorito l'instaurarsi di inversioni termiche in prossimità del suolo e pertanto la formazione di nebbie in pianura e l'accumulo degli inquinanti, le concentrazioni di PM_{10} hanno superato il limite giornaliero in tutti i siti della provincia, raggiungendo il picco il giorno 13 con un valore massimo di $158 \mu\text{g}/\text{m}^3$ presso la stazione di Bra ed un minimo di $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a Saliceto.

Per quanto riguarda l'autunno, nel mese di ottobre le precipitazioni sono state prossime al massimo del periodo considerato, si sono verificati un solo episodio di foehn, un numero di giorni di nebbia elevato ma nella media del periodo, superamenti dei PM_{10} in numero inferiore al minimo della serie storica considerata e concentrati nel periodo di assenza di precipitazioni.

I mesi di novembre e dicembre, come anticipato nel primo capitolo, sono stati anomali sia dal punto di vista delle temperature che per il prolungato periodo di assenza di precipitazioni; il numero di episodi di foehn è stato superiore alla media a novembre, ma prossimo al minimo a dicembre, le giornate con nebbia elevate in entrambi i mesi e superiori al massimo a dicembre; nonostante queste condizioni critiche di carenza di agenti di rimozione degli inquinanti e di presenza di condizioni di accumulo, il numero di superamenti è stato pari al minimo per il mese di novembre e prossimo alla media per quello di dicembre.

La situazione più "anomala" del 2015 risulta quella dei mesi di novembre ed in particolare di dicembre in cui, all'elevata occorrenza di periodi favorevoli all'accumulo degli inquinanti non è corrisposta un altrettanto elevata occorrenza di superamenti e le concentrazioni di picco, anche quando superiori al limite, non sono state così elevate.

Per valutare tale "anomalia" nella figura 16 sono rappresentate con blox plot, le distribuzioni dal 2003 al 2015 delle concentrazioni registrate in giornate con condizioni di nebbia e assenza sia di vento che di precipitazioni. Evidente per tutte le stazioni è la riduzione delle concentrazioni negli ultimi tre anni. Tale diminuzione, relativa a condizioni meteorologicamente critiche per l'inquinamento atmosferico (periodi di accumulo e assenza di processi di rimozione), può essere indice di una diminuzione nelle emissioni degli inquinanti che sicuramente le migliori tecnologie adottate negli ultimi anni, e la crisi economica, stanno determinando.

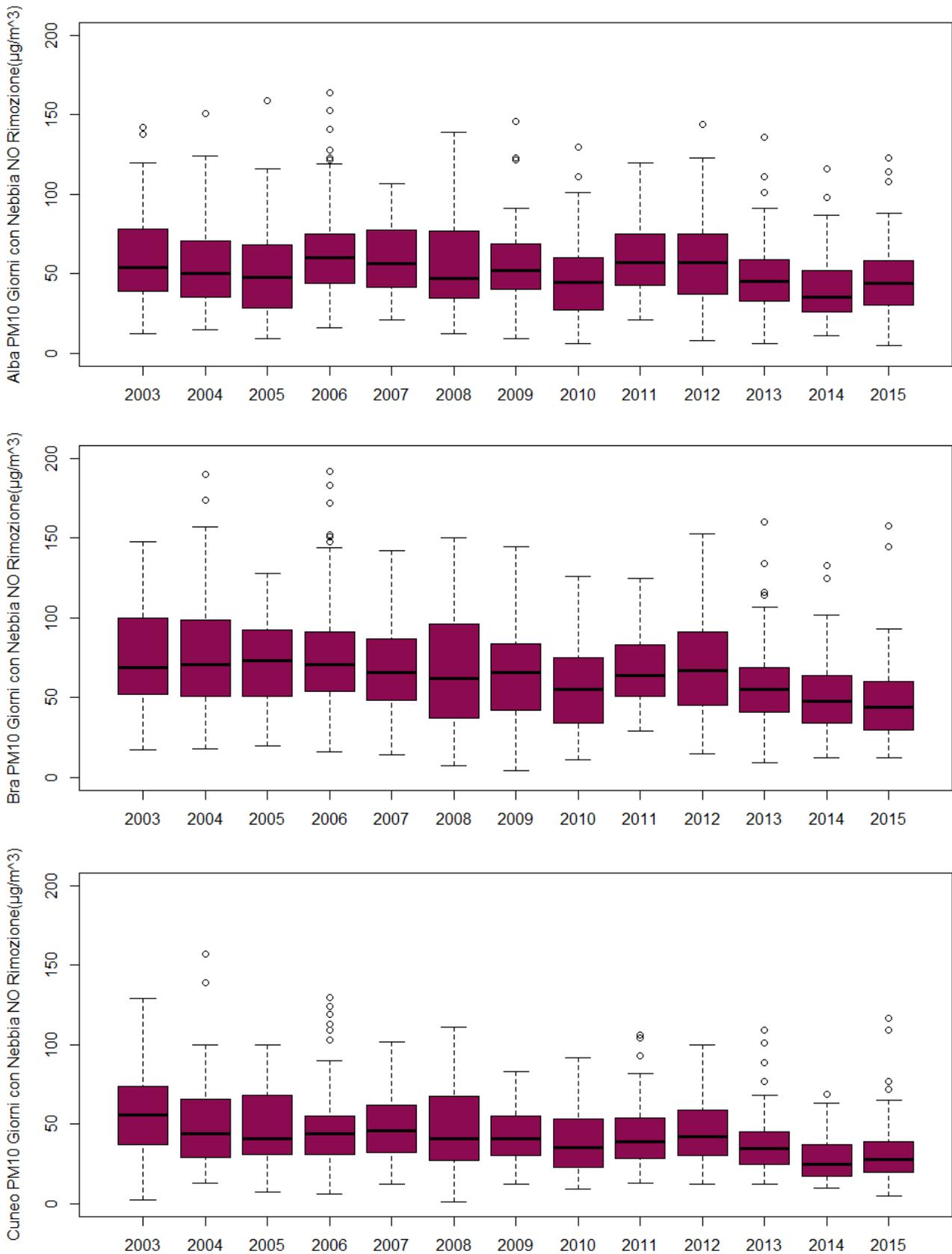


Figura 16) Box plots delle concentrazioni giornaliere di PM₁₀ di Alba, Bra e Cuneo dal 2003 al 2015 per le sole giornate con nebbia e senza fenomeni di rimozione.

Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

La presenza di evoluzioni significative nelle serie storiche dei dati di PM₁₀, è stata valutata ed aggiornata rispetto alle valutazioni precedenti⁶ con i dati fino al 29 febbraio 2016, utilizzando il metodo di Theil-Sen^{7, 8}, implementato nel pacchetto software OpenAir⁹ 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 PM₁₀ presentano una spiccata stagionalità, con valori elevati nei periodi invernali e contenuti in quelli estivi, ed il contributo di alcune sorgenti è differente nei diversi periodi dell'anno, nella valutazione seguente i trend delle concentrazioni del PM₁₀ sono state analizzate separando le diverse stagioni.

Per ciascuna stazione attiva dal 2003 i grafici della figura 17 rappresentano le medie dei PM₁₀ per i tre mesi primaverili (marzo, aprile, maggio), estivi (giugno, luglio, agosto), autunnali (settembre, ottobre, novembre) e invernali (dicembre, gennaio e febbraio) di ciascun anno. Per ogni grafico 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 µg/m³ per anno, è indicato in alto e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.

La serie storica analizzata comprende i dati dal gennaio 2003 al febbraio 2016. L'ultimo trimestre invernale comprende pertanto i mesi di dicembre 2015, gennaio e febbraio 2016.

Una forzatura dell'analisi eseguita è quella che riguarda i dati di Bra: il calcolo dei trend non poteva essere eseguito sui dati della sola stazione di Bra Madonna dei Fiori, attiva dal 2011 a causa del numero troppo limitato di dati, che si riduce ad un quarto nelle valutazioni stagionali, pertanto sono stati analizzati come unica serie storica i dati della stazione di via Piumati dal 2003 al 2010 e di Madonna dei Fiori dal 2011 al febbraio 2016.

⁶ “Monitoraggio della qualità dell'aria - Anno 2014” Dipartimento Arpa di Cuneo – giugno 2015

⁷ 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.

⁸ Sen, P. K., 1968. “Estimates of regression coefficient based on Kendall's tau.” Journal of the American Statistical Association 63(324).

⁹ Carslaw, D.C. (2012). “The openair manual – open-source tools for analysing air pollution data”. King's College London

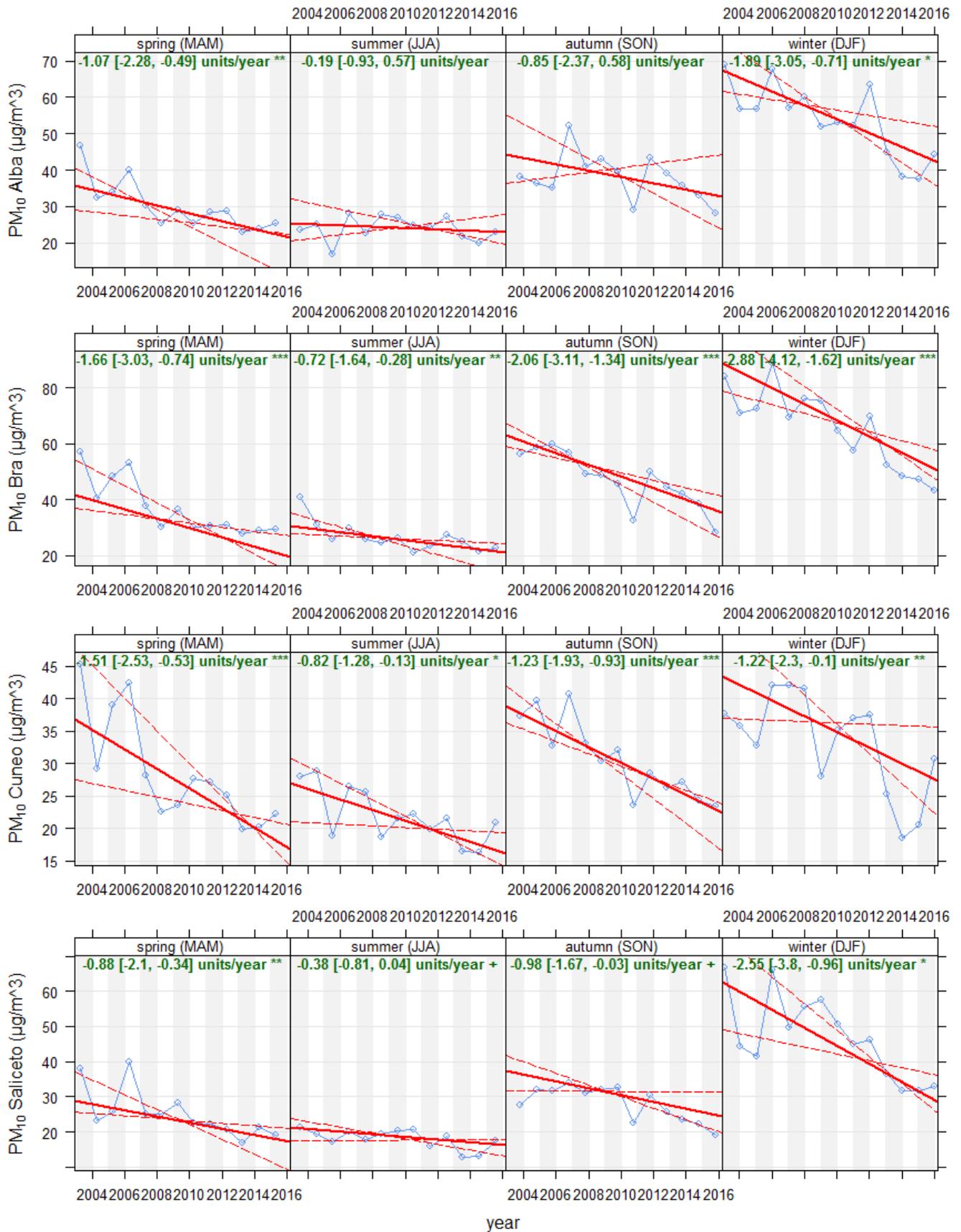


Figura 17) Stima dei trend delle concentrazioni stagionali di PM_{10} (significatività statistica: “****” = $p < 0.001$; “***” = $p < 0.01$; “**” = $p < 0.05$; “+” = $p < 0.1$)

L'analisi evidenzia, per tutte le stazioni della provincia, una tendenza alla diminuzione statisticamente significativa per i periodi primaverili ed invernali. Per i periodi estivi emergono trend significativi di riduzione solo per i siti di Bra e Cuneo. Per i periodi autunnali solamente i dati della stazione di Alba non presentano trend significativi.

Nel grafico di figura 18 sono invece riportati i trend calcolati complessivamente sui dati dell'intero periodo 2003-2015 con relativi intervalli di confidenza. Per i dati di Bra sono stati considerati i dati della stazione Madonna dei Fiori; nonostante la significatività statistica, la limitata durata della serie storica (2011-2015) determina ancora, rispetto alle altre stazioni, una maggiore ampiezza dell'intervallo di confidenza.

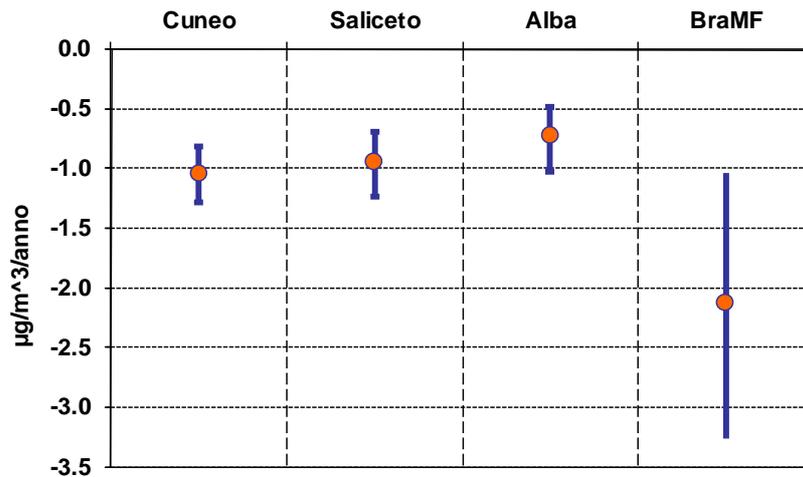


Figura 18) Trend stimati delle concentrazioni di PM_{10} . Le barre blu indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

PM_{2.5}

Il 2015 è stato il quinto anno completo di dati della frazione di particolato con diametro inferiore a 2.5 µm (il cosiddetto PM_{2.5} o frazione *fine* o *respirabile*) misurato presso la stazione di Cuneo, ed il secondo anno per le stazioni di Mondovì e Staffarda. Mentre per le stazioni di Cuneo e Mondovì viene eseguita la determinazione, con tecnica gravimetrica, sia del PM_{2.5} che del PM₁₀, nella stazione di fondo rurale di Revello Staffarda è eseguita la misura della sola frazione fine, con misuratore automatico a raggi beta.

Nella figura 19 sono rappresentate le concentrazioni medie misurate nei rispettivi anni di campionamento del PM_{2.5} presso le tre stazioni e, per le stazioni di Cuneo e Mondovì, è presente il confronto con le concentrazioni medie della frazione sottile.

Presso la stazione di Staffarda la media annua del PM_{2.5} ha subito un notevole incremento nell'anno 2015 ed ha raggiunto il valore di 26 µg/m³, superando il limite di 25 µg/m³ stabilito dalla normativa per il PM_{2.5}.

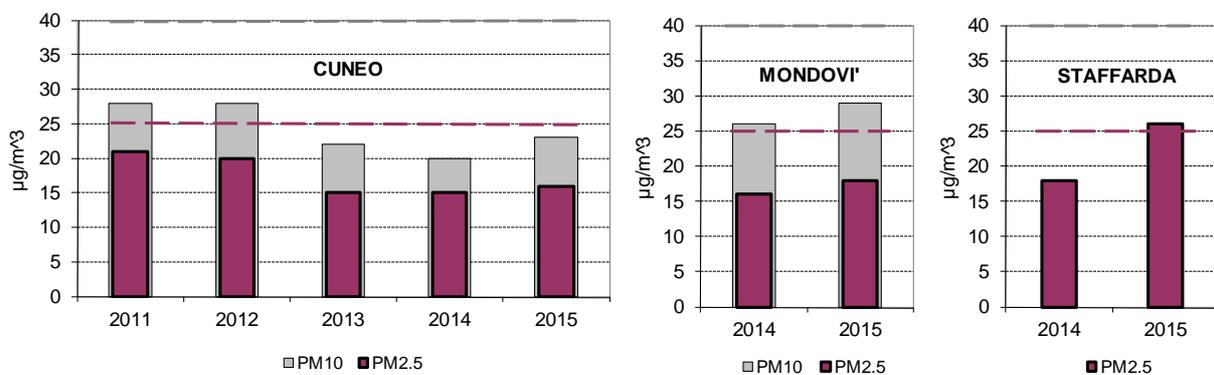


Figura 19) PM_{2.5} e PM₁₀: concentrazioni medie annue a Cuneo, Mondovì e Staffarda (solo PM_{2.5}).

Per l'anno 2015 le concentrazioni medie mensili e medie annuali sono rappresentate nelle figure seguenti per le tre stazioni.

Relativamente alla stazione di Mondovì si può osservare come, sebbene il PM₁₀ abbia concentrazioni più elevate rispetto a quelle rilevate nel sito di Cuneo (concentrazioni medie annue rispettivamente di 29 µg/m³ e 23 µg/m³), la differenza tra le medie annuali del PM_{2.5} sia più contenuta (18 µg/m³ a Mondovì e 16 µg/m³ a Cuneo). La stazione di Mondovì risulta caratterizzata in tutte le stagioni 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 2015 del rapporto PM_{2.5}/PM₁₀ delle concentrazioni giornaliere assume per la stazione di Mondovì il valore di 0.64 e per quella di Cuneo di 0.74.

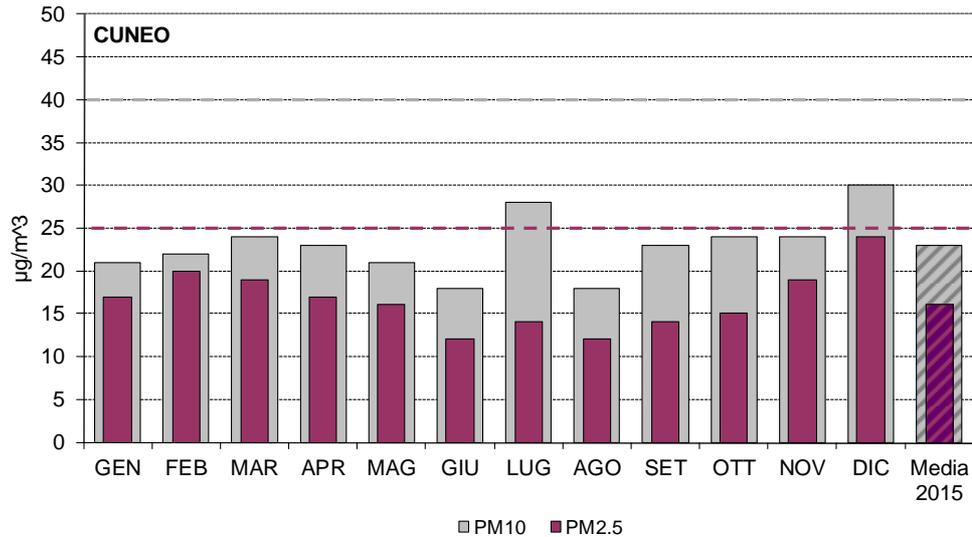


Figura 20) 2015: Concentrazioni medie mensili ed annuali di PM_{2.5} e PM₁₀ per la stazione di Cuneo

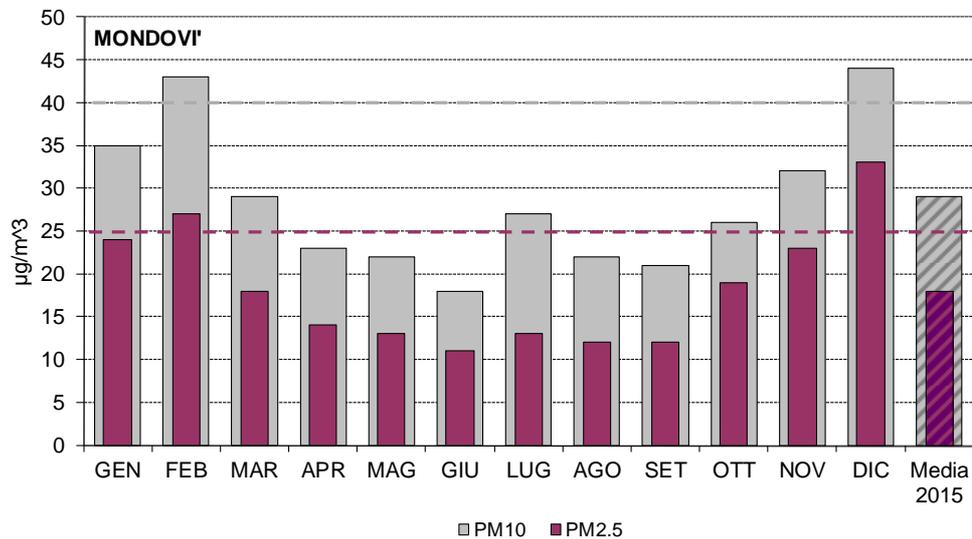


Figura 21) 2015: Concentrazioni medie mensili ed annuali di PM_{2.5} e PM₁₀ per la stazione di Mondovì

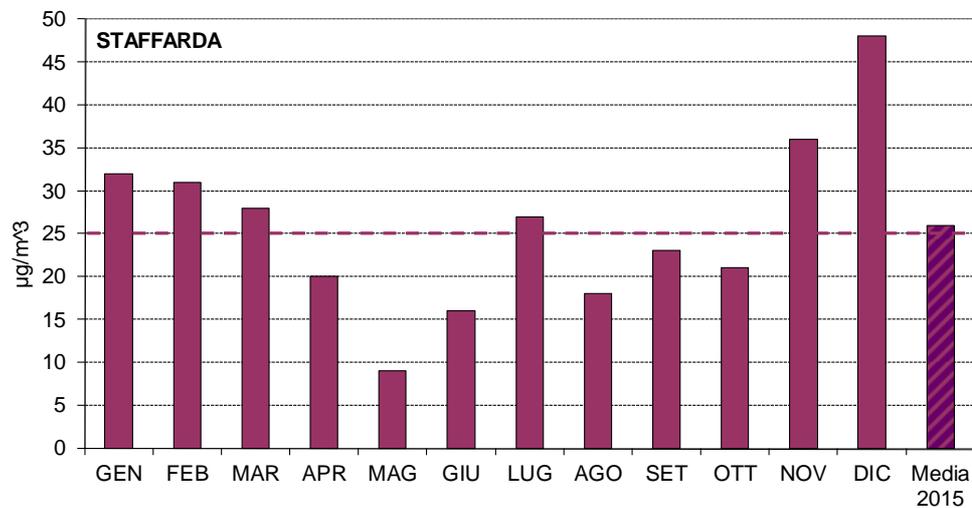


Figura 22) 2015: Concentrazioni medie mensili ed annuali di PM_{2.5} per la stazione di Staffarda

Anche per il PM_{2.5} le concentrazioni medie dell'anno 2015 ottenute in tutte le stazioni della Regione Piemonte che hanno raggiunto la disponibilità di dati superiore al 90% sono state rappresentate su mappa al fine di meglio comprendere i dati della nostra provincia. Come per il PM₁₀, le concentrazioni medie più elevate sono state per lo più riscontrate nella zona centrale della regione facente parte del bacino padano, dove è maggiore l'accumulo del materiale particolato.

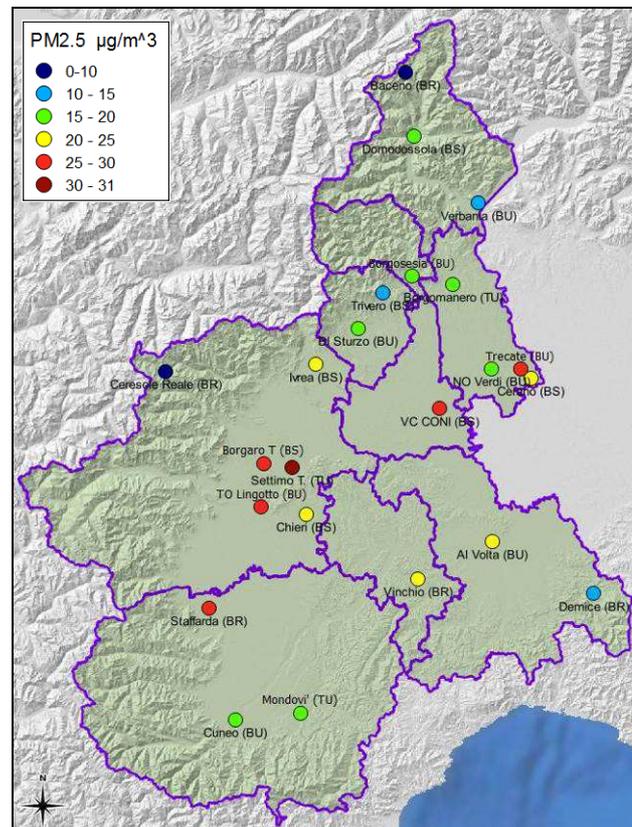


Figura 23) PM_{2.5}: concentrazioni medie dell'anno 2015 delle stazioni della Regione Piemonte (tra parentesi è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale).

Biossido di azoto – NO₂

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 2015 sono riportate, nel grafico sottostante, insieme a quelle degli anni precedenti e confrontate con il limite normativo di 40 µg/m³. Il 2015 è stato il secondo 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 ed il 2015. 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 PM₁₀ 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 nel tempo delle concentrazioni, nonostante la media del 2015 sia superiore o per lo più uguale a quella dell'anno 2014, che si conferma anche per questo inquinante come minimo storico.

La media annua più elevata del 2015 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.

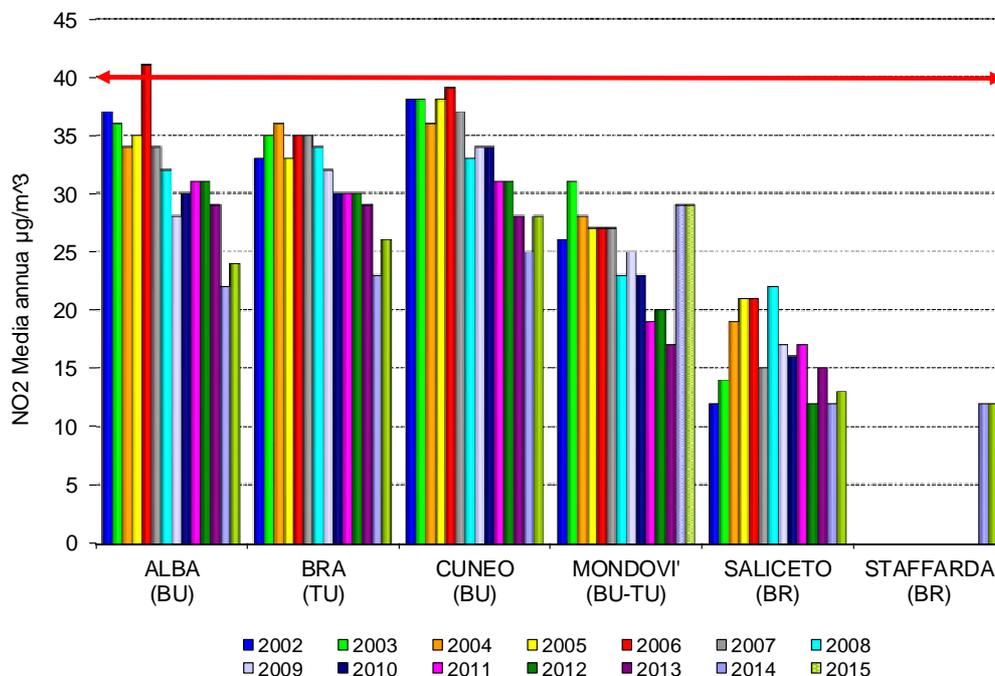


Figura 24) NO₂: concentrazione media annua (Sulle ascisse, dopo il nome, è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, BR=Background Rurale).

L'intervallo dei valori all'interno del quale si trovano le concentrazioni medie annue rilevate dalle stazioni attive per tutto il periodo 2003÷2015 è rappresentato nel grafico della figura successiva. Esso descrive la situazione delle concentrazioni di NO₂ 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, con un minimo nel 2014.

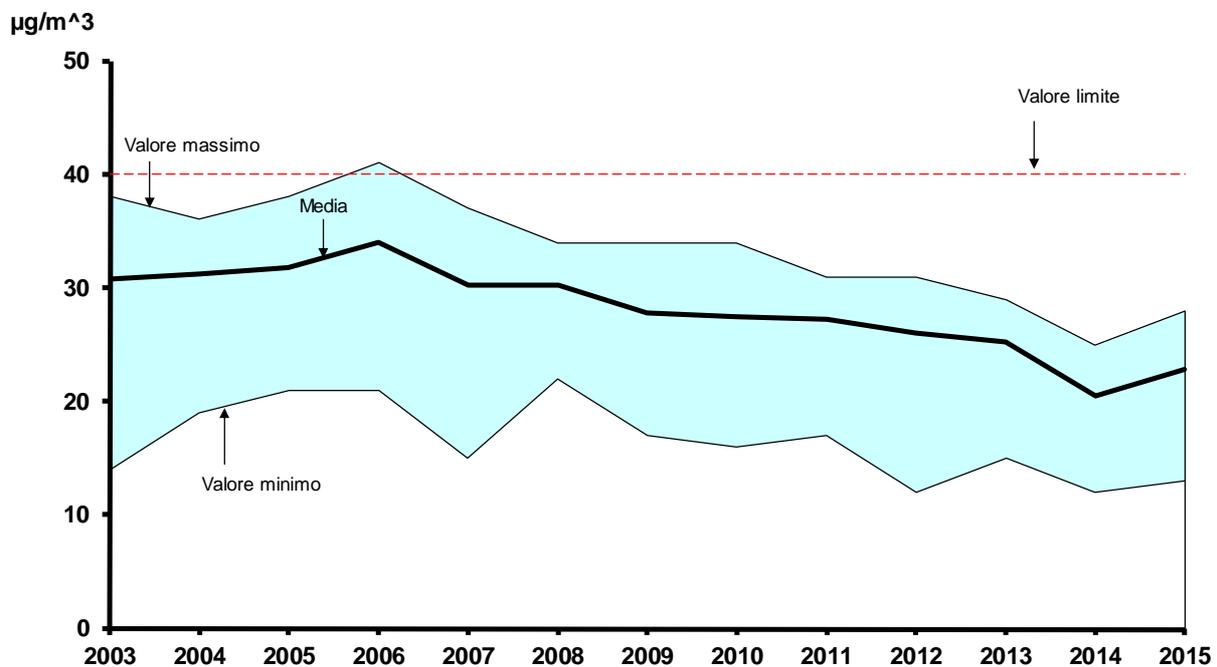


Figura 25) NO₂: Valore massimo, medio e minimo delle concentrazioni medie annue rilevate dalle centraline della provincia.

Il limite orario di 200 µg/m³, per la quale la normativa ammette 18 superamenti per anno civile, è stato ampiamente rispettato anche nel 2015 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 concentrazioni orarie di ogni anno (figura 26) e nella figura 27 i valori delle diciannovesime concentrazioni più elevate di ciascun anno (coincidenti con il 99.8° percentile).

Dalla figura 26 emerge come nella stazione di Alba la concentrazione massima oraria, sebbene inferiore al limite normativo, sia stata nel 2015 nettamente più elevata di quelle degli anni precedenti. Il dato della diciannovesima concentrazione più elevata risulta tuttavia coerente con quelle degli anni precedenti e delle altre stazioni della provincia.

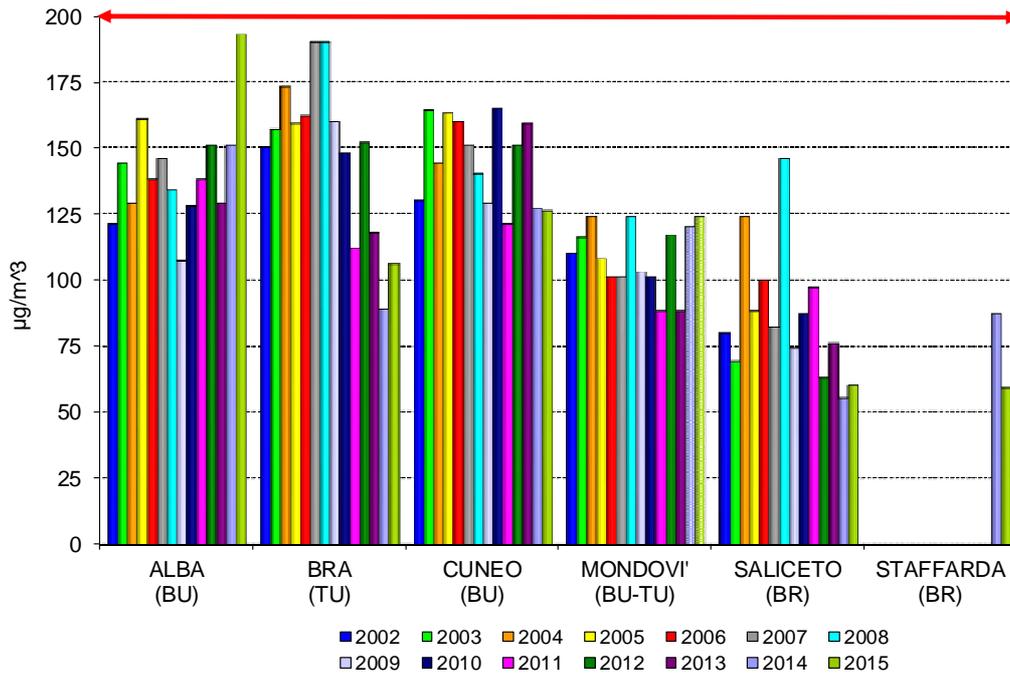


Figura 26) NO₂: massima concentrazione media oraria

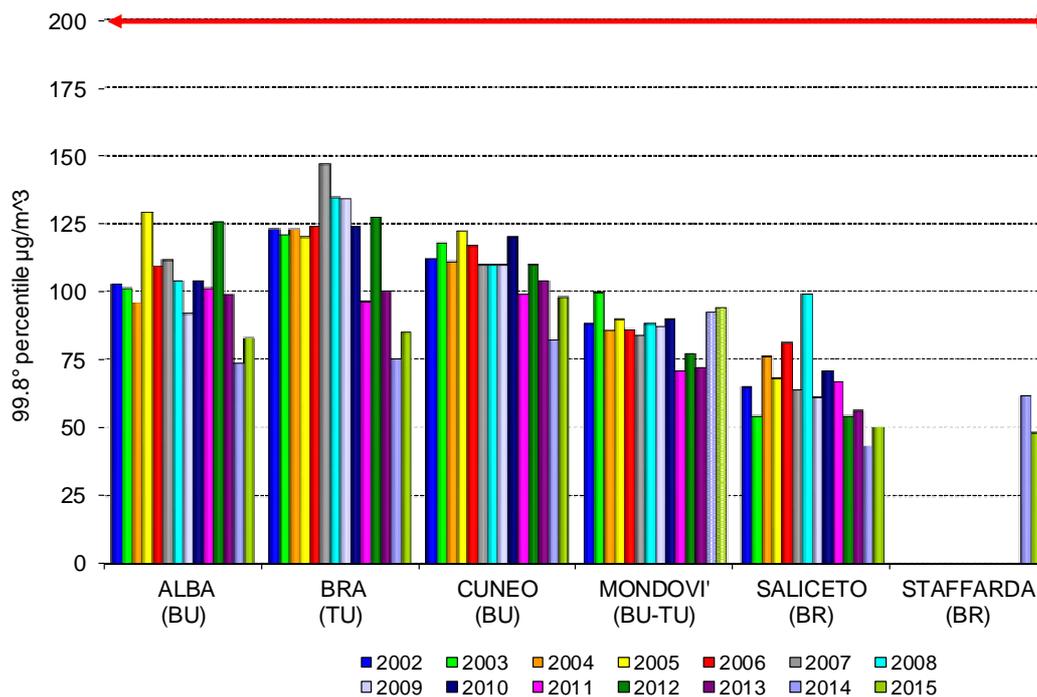


Figura 27) NO₂: diciannovesima concentrazione oraria più elevata (99.8° percentile)

Nella figura 28 sono rappresentate le medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni medie giornaliere di NO₂ per le stazioni attive dal 2002 al 2015. Tali medie mobili, calcolate fino al maggio 2016, 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.

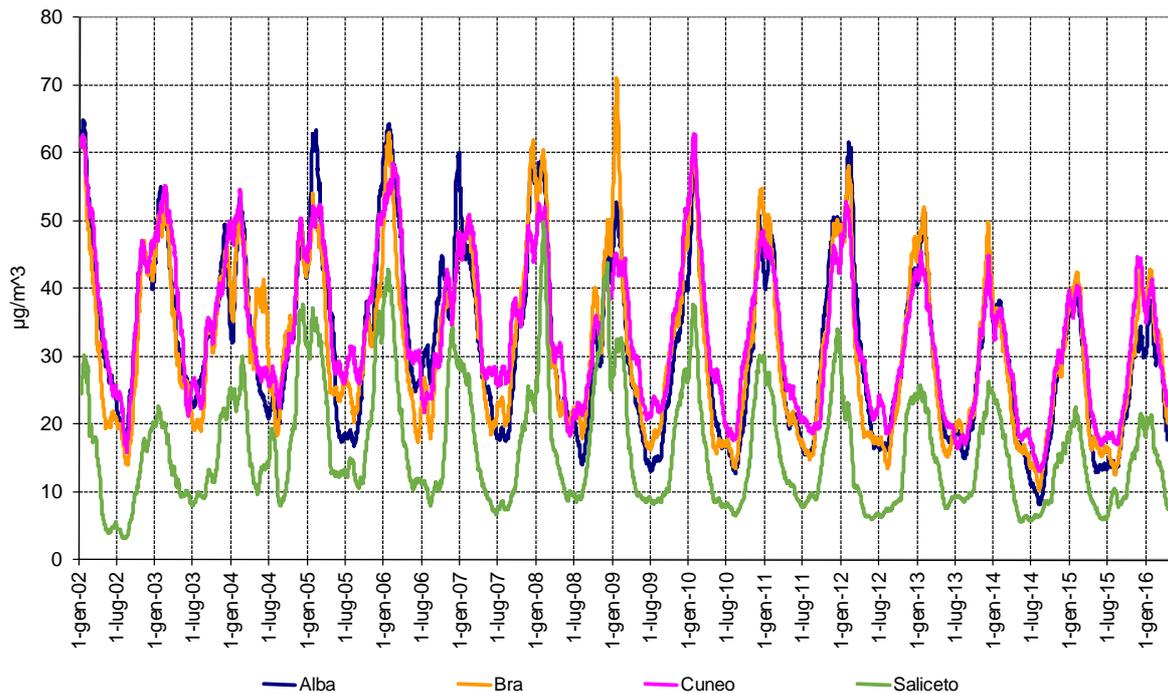
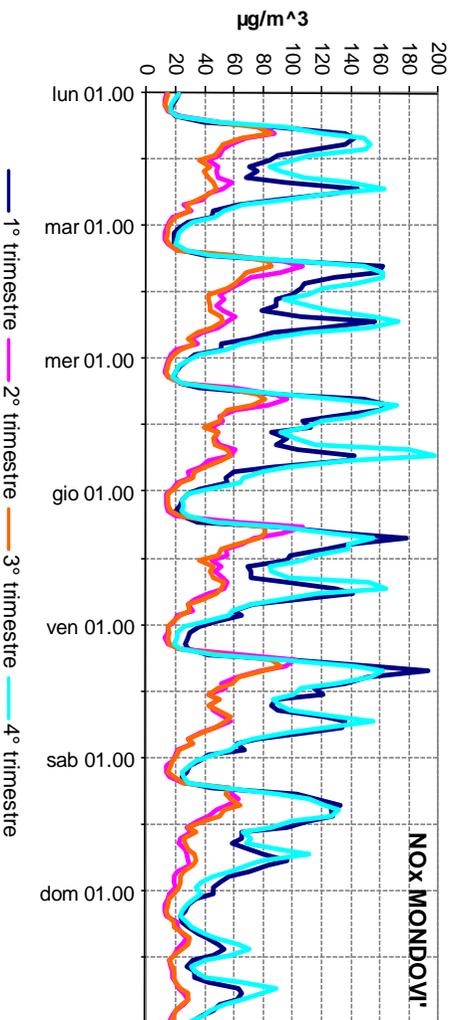
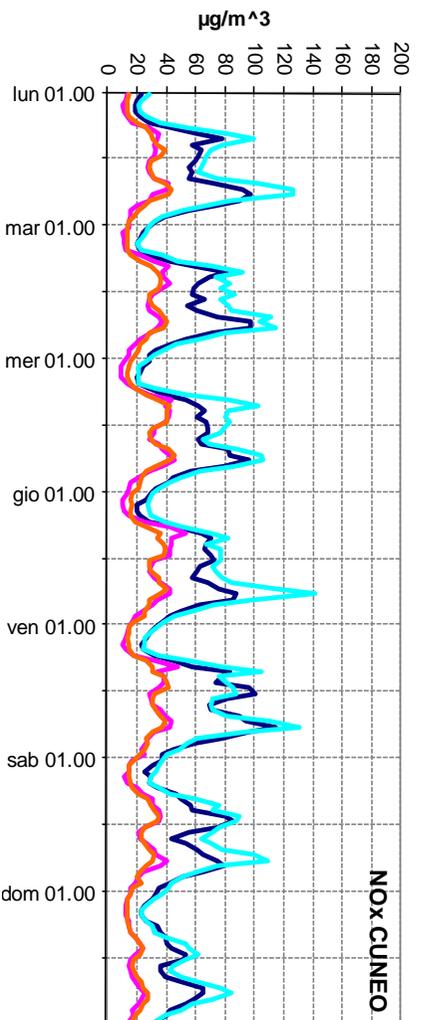
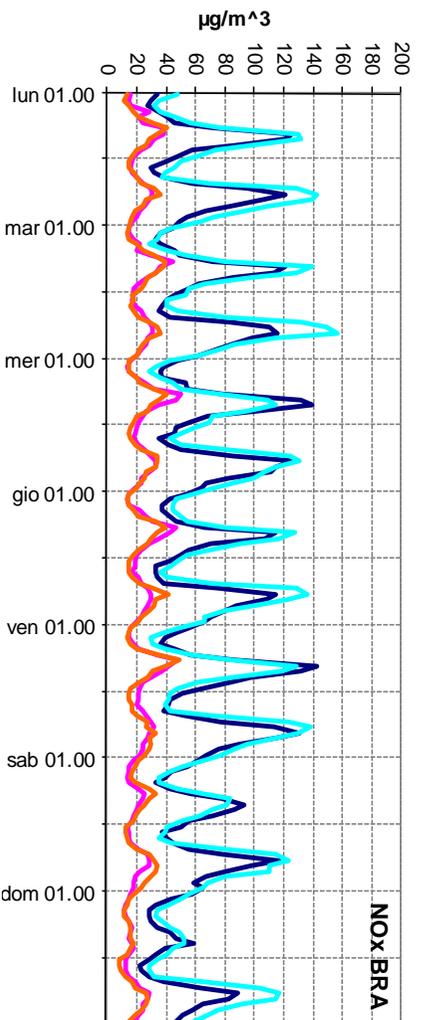
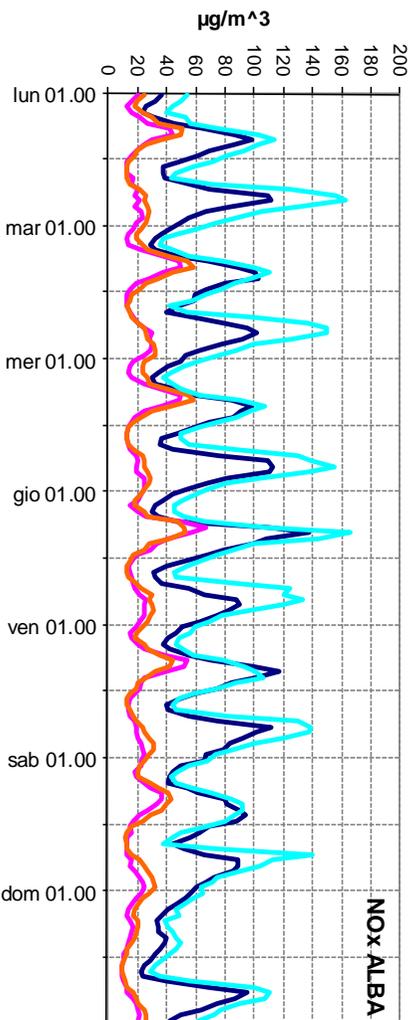


Figura 28) NO₂: medie mobili su 30 giorni delle concentrazioni giornaliere.

Per tutte le stazioni è visibile come, nonostante le concentrazioni dell'ultimo inverno e dell'ultima estate siano superiori a quelle dell'anno precedente, gli ultimi due anni si distinguono dai precedenti per i livelli inferiori di inquinanti.

Siccome degli ossidi di azoto si dispone delle concentrazioni medie orarie, per ogni stazione sono state calcolate, per l'anno 2015, 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 29: 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).

Particolarmente evidente è l'influenza del traffico nella stazione di Mondovì dove le concentrazioni medie dei giorni feriali raggiungono valori elevati nelle ore di punta del traffico e si riducono nettamente durante le domeniche.



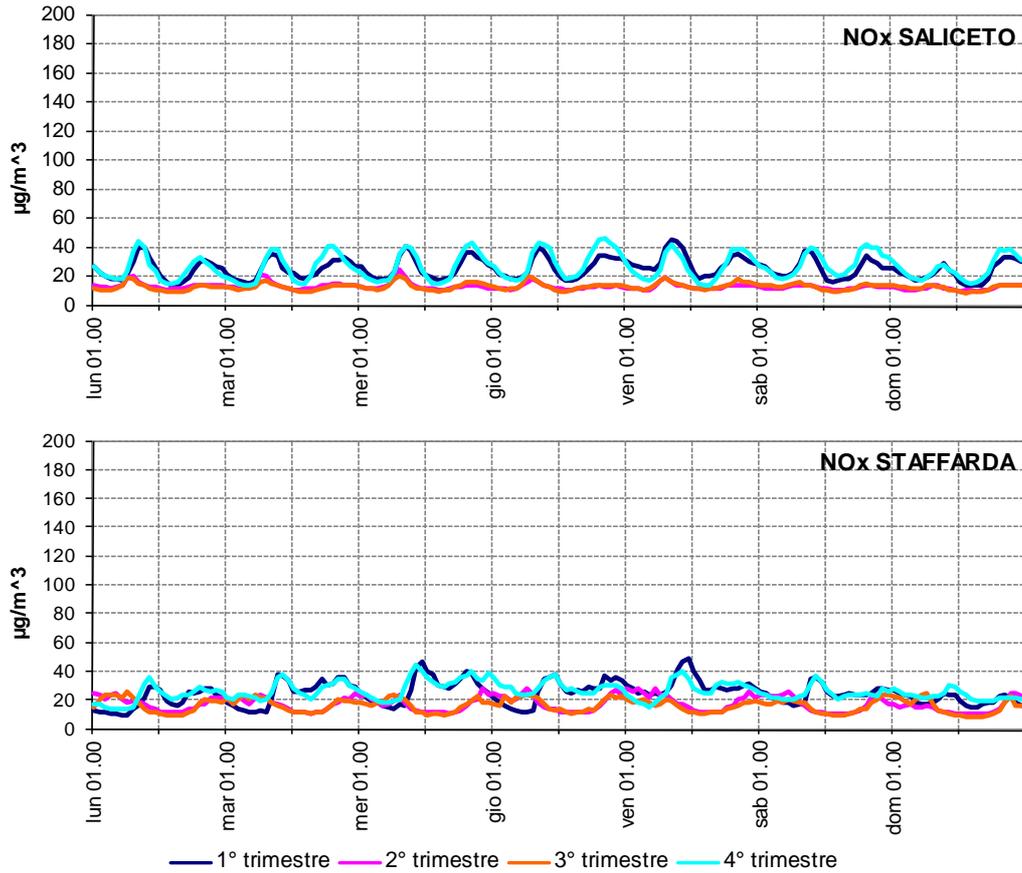


Figura 29) NO_x: media per ora per ogni giorno della settimana di ogni centralina di monitoraggio suddivise per i trimestri del 2015

La situazione regionale

Per l'anno 2015 la situazione regionale per il biossido di azoto è illustrata nella figura 30 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. Ove disponibili tra parentesi sono indicate le concentrazioni dei due anni precedenti.

Nella maggior parte delle stazioni regionali la media del 2015 è stata superiore a quella del 2014.

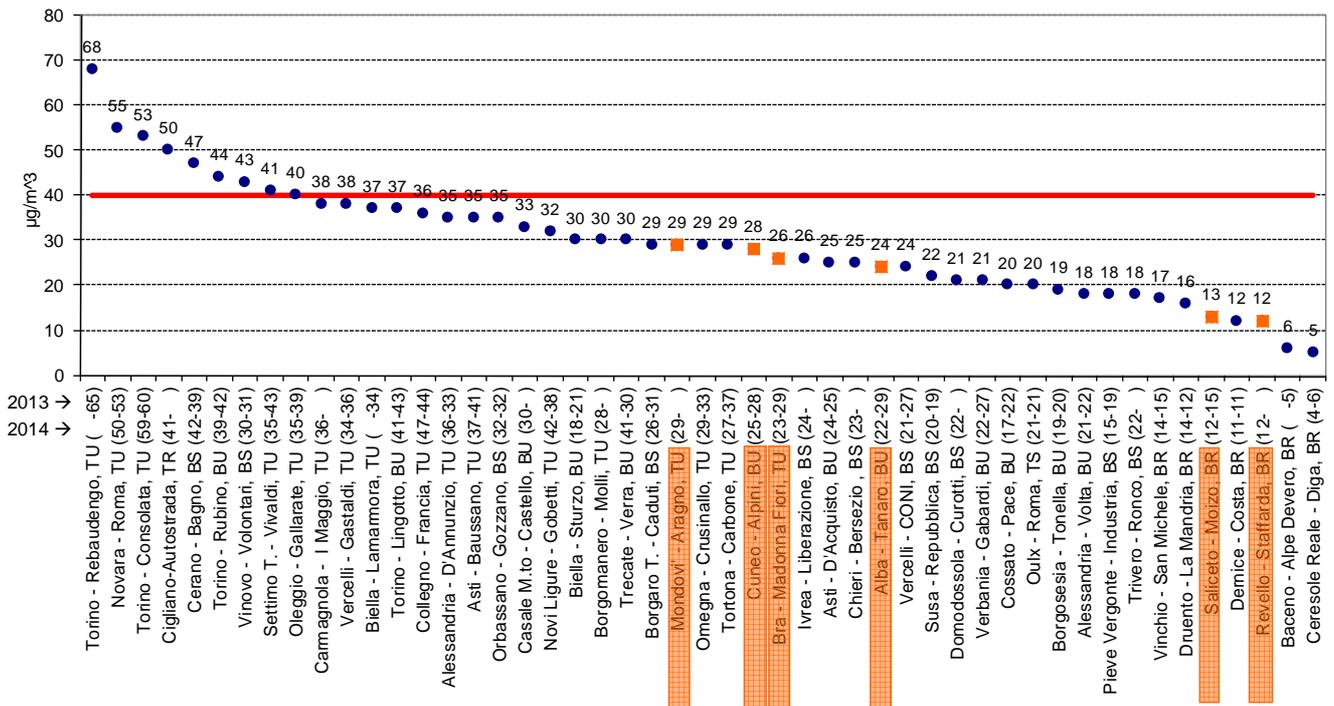


Figura 30) NO₂: concentrazioni medie nelle centraline della regione nel 2015 in ordine decrescente (sulle ascisse dopo il nome è indicata la tipologia della stazione e le caratteristiche della zona: TU=Traffico Urbana, BU=Background Urbana, TS=Traffico Suburbana, BS=Background Suburbana, BR= Background Rurale; tra parentesi le concentrazioni medie del 2014 e del 2013; evidenziate in arancione le centraline della provincia di Cuneo).

Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

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, utilizzando i medesimi software e metodi già utilizzati per il PM₁₀.

Siccome le concentrazioni degli ossidi di azoto 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. I risultati illustrati si riferiscono alle elaborazioni eseguite sui dati orari degli ossidi totali di azoto misurati fino al 31 maggio 2016 dalle stazioni attive da almeno 5 anni.

Nei grafici seguenti sono rappresentate le medie mensili destagionalizzate degli NO_x. 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 µg/m³ per anno, è indicato in alto e, tra parentesi, il suo intervallo di confidenza.

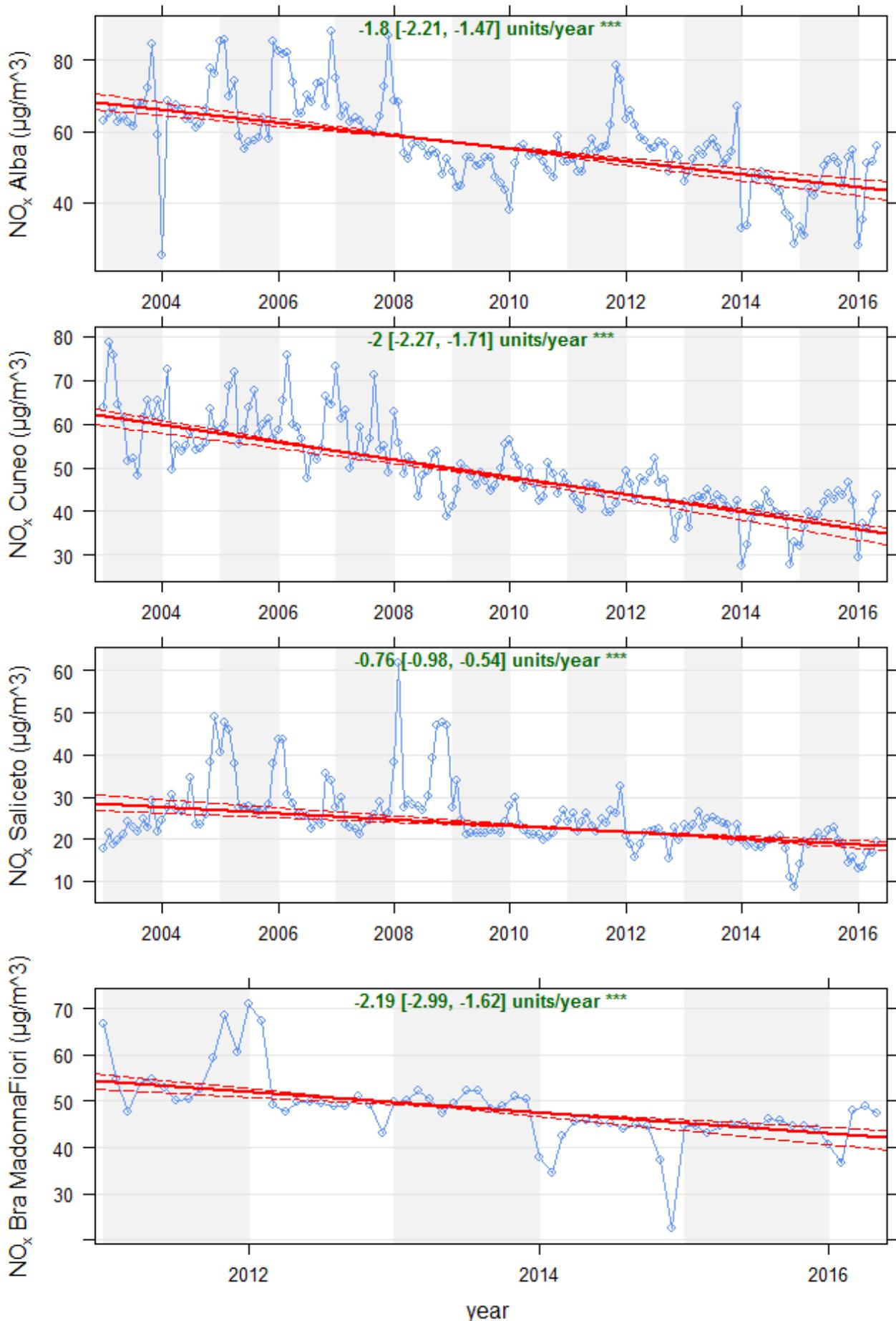


Figura 31) Stima dei trend delle concentrazioni di NO_x

Per l'inquinamento da ossidi di azoto l'analisi evidenzia per tutte le stazioni della provincia di Cuneo una tendenza alla diminuzione statisticamente significativa ($p < 0.001$).

Nel grafico di figura 32 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.

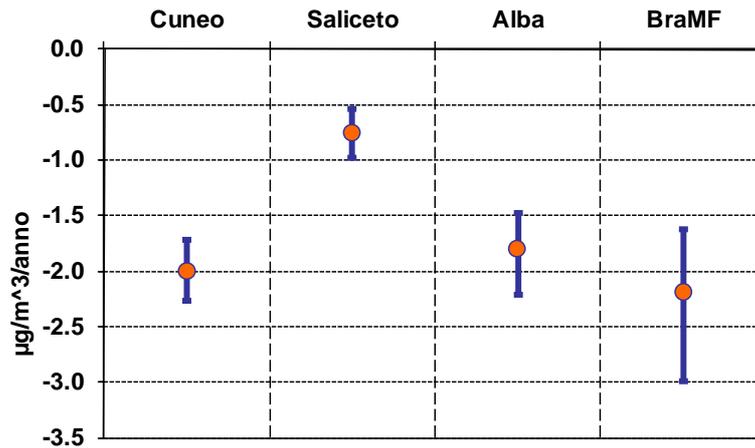


Figura 32) Trend stimati delle concentrazioni di NO_x . Le barre blu indicano gli intervalli di confidenza del 95%.

Ozono – O₃

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.

L'estate calda del 2015 ha favorito un aumento delle concentrazioni di ozono che, dopo il netto calo registrato nel 2014, sono tornati a livelli confrontabili con quelli degli ultimi quattro anni precedenti.

Nel corso del 2015 in provincia di Cuneo sono stati registrati superamenti della soglia di informazione dell'ozono presso le stazioni di Alba e Staffarda (figura 33). Ad Alba l'unico superamento è stato rilevato il 6 giugno, mentre i quattro superamenti registrati a Staffarda si sono verificati il 5 giugno ed il 23 e 24 luglio.

In nessuna postazione è stata superata la soglia di allarme.

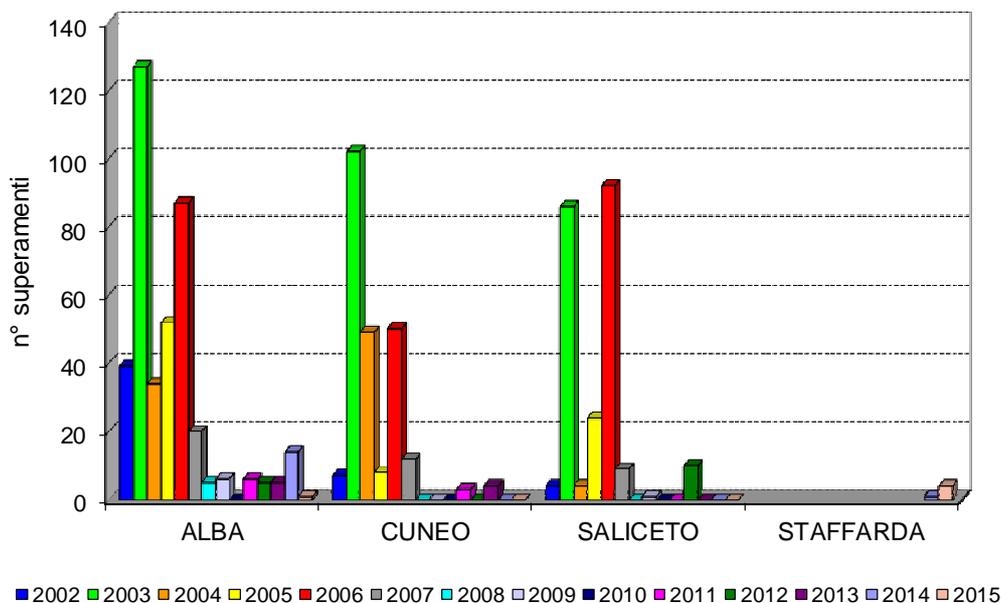


Figura 33) O₃: numero di superamenti della soglia di informazione (180 µg/m³) in provincia di Cuneo.

Il range delle concentrazioni massime orarie registrate dalle centraline della rete provinciale in ciascun giorno del 2015 sono rappresentate nella figura 34 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 emergono i picchi di concentrazione con valori superiori alla soglia di informazione che si sono verificate in corrispondenza delle ondate di calore della prima decade di giugno e dell'ultima decade di luglio.

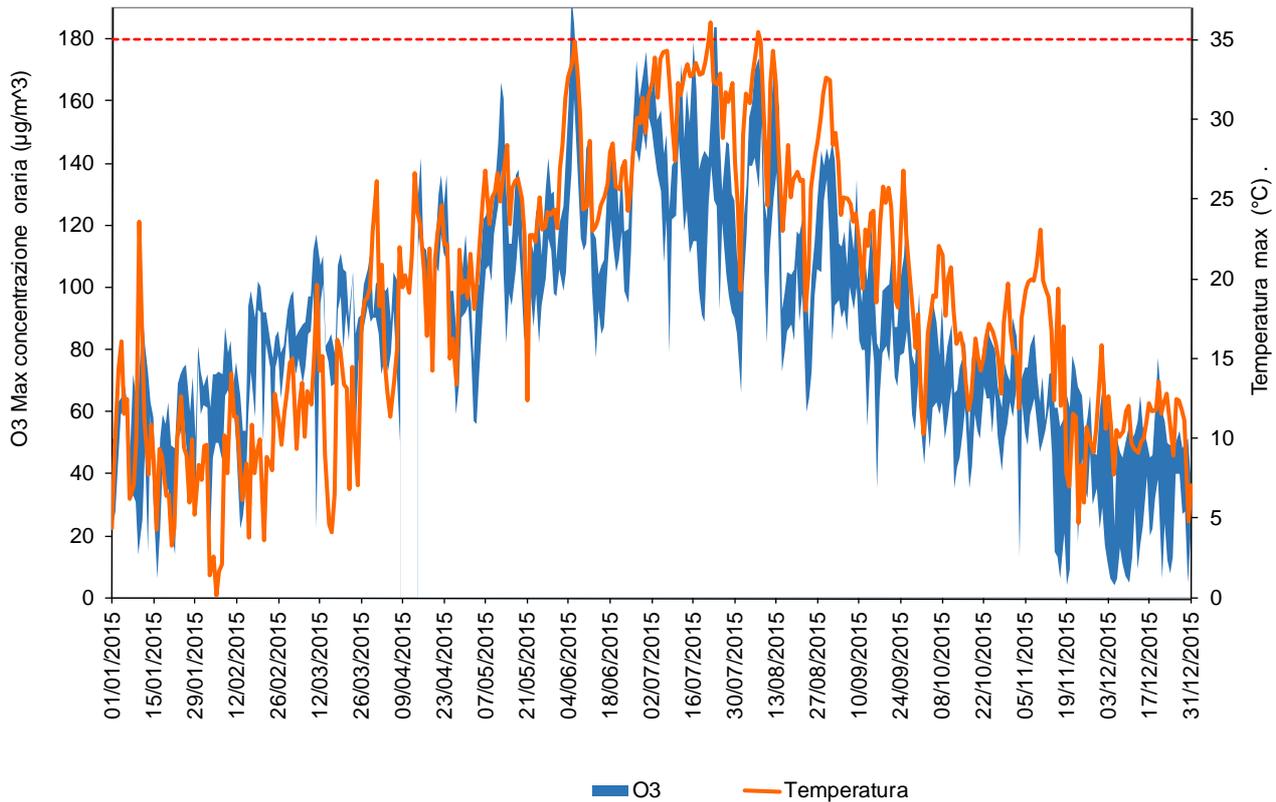


Figura 34) O₃: Concentrazioni massime orarie delle centraline della rete provinciale nel 2015 e temperatura massima giornaliera della stazione meteo di Fossano; tratteggiato in rosso il livello della soglia di informazione.

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/m³, come media massima giornaliera calcolata su 8 ore.

Nel grafico della figura 35 sono rappresentati i numeri di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine in ciascun anno di monitoraggio; si vede come, dopo il minimo del 2014, i superamenti giornalieri nel 2015 siano tornati a livelli confrontabili con i quattro anni precedenti.

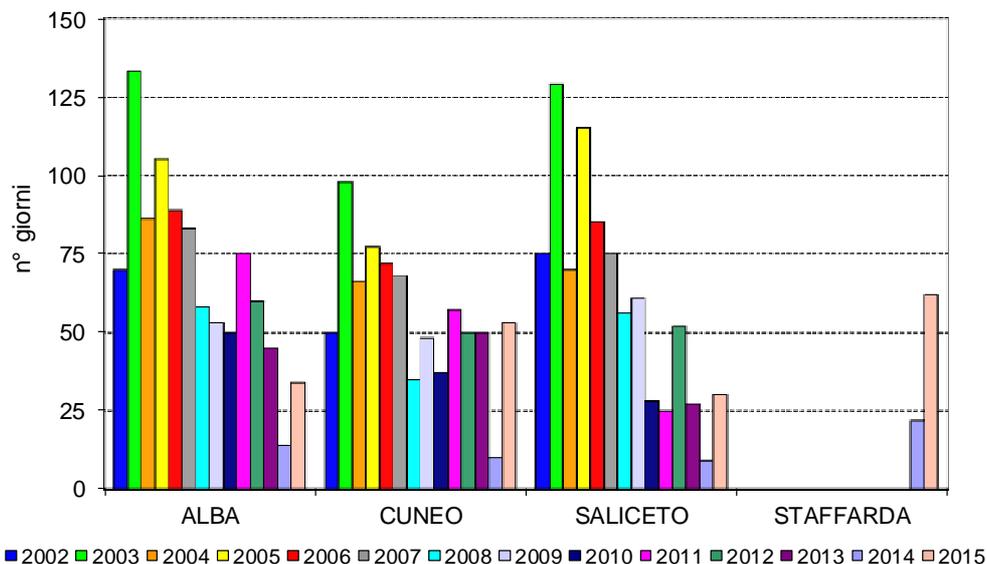


Figura 35) O₃: numero di giorni con superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m³ come massima media giornaliera su 8 ore)

Nella figura 36 è rappresentata la sequenza temporale per il 2015 del range delle massime medie giornaliere calcolate su 8 ore definite dalle centraline della rete provinciale ed è possibile individuare i periodi interessati dai superamenti.

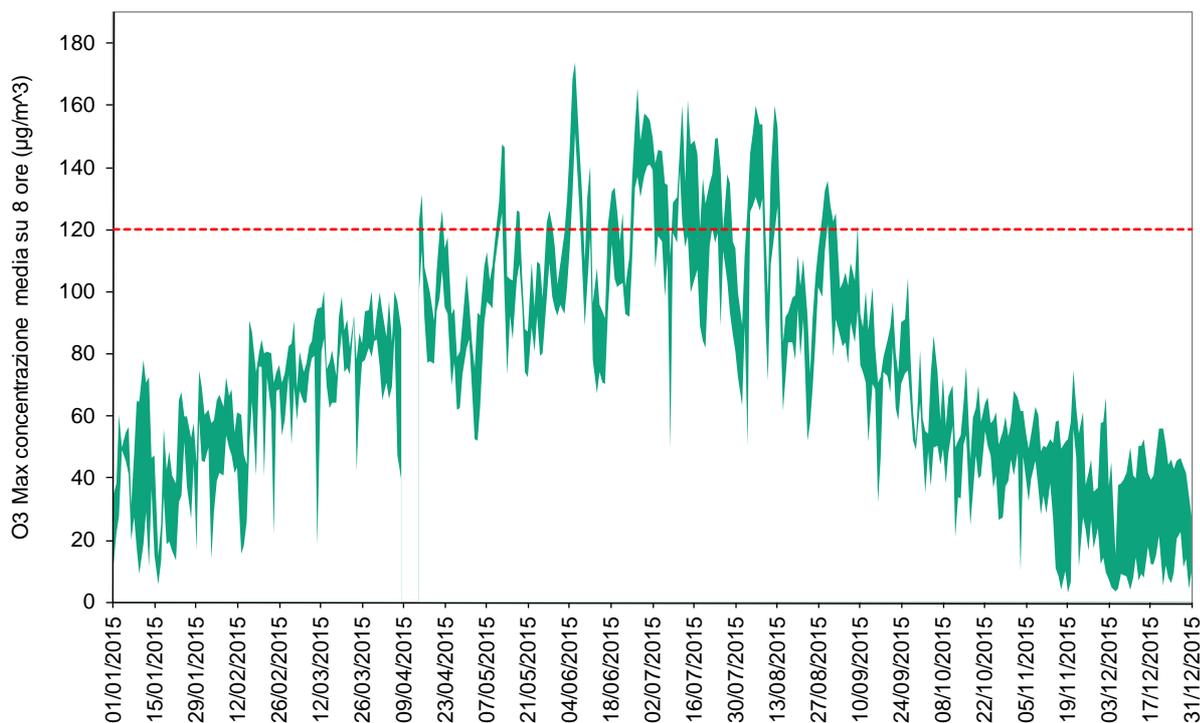


Figura 36) O₃: range delle massime medie giornaliere calcolate su 8 ore per le centraline della rete provinciale nel 2015; tratteggiato in rosso il livello obiettivo.

A partire dal triennio 2010-2012 la normativa stabilisce, come valore obiettivo per la protezione della salute umana, che il livello di 120 µg/m³ calcolato come media massima su 8 ore non venga superato più di 25 giorni per anno civile come media di tre anni.

Dal grafico sottostante emerge come nel triennio 2013-2015 il numero medio dei giorni di superamento sia stato per la prima volta inferiore alla soglia prevista, ma solamente nel sito di Saliceto e grazie al valore molto basso del 2014.

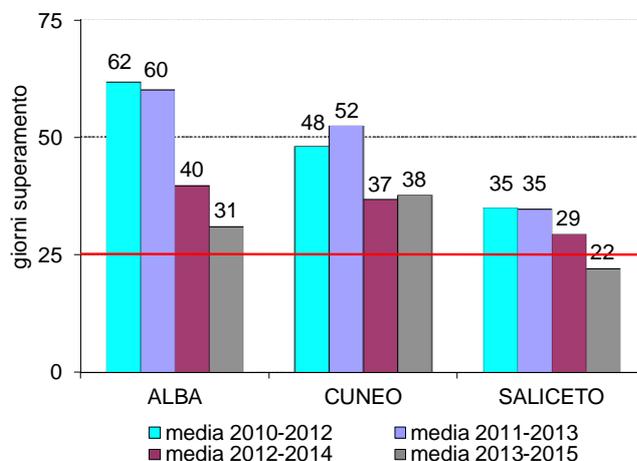


Figura 37) O₃ valore obiettivo per la protezione della salute umana: media su tre anni del numero di giorni con superamento di 120 µg/m³ come massima media giornaliera su 8 ore.

Analisi dell'evoluzione nel tempo delle concentrazioni

Anche per l'ozono si è valutata la presenza di evoluzioni significative nelle serie storiche dei dati acquisiti dalle stazioni provinciali della rete di monitoraggio.

I risultati illustrati nei grafici seguenti rappresentano, per ogni anno dal 2003 al 2015, i valori del 93.2 percentile delle massime concentrazioni giornaliere calcolate su 8 ore, corrispondente al 25° valore più elevato. 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.

Emergono trend di riduzione significativi per i dati delle stazioni di Alba e Saliceto, mentre non è statisticamente significativo il trend della stazione di Cuneo.

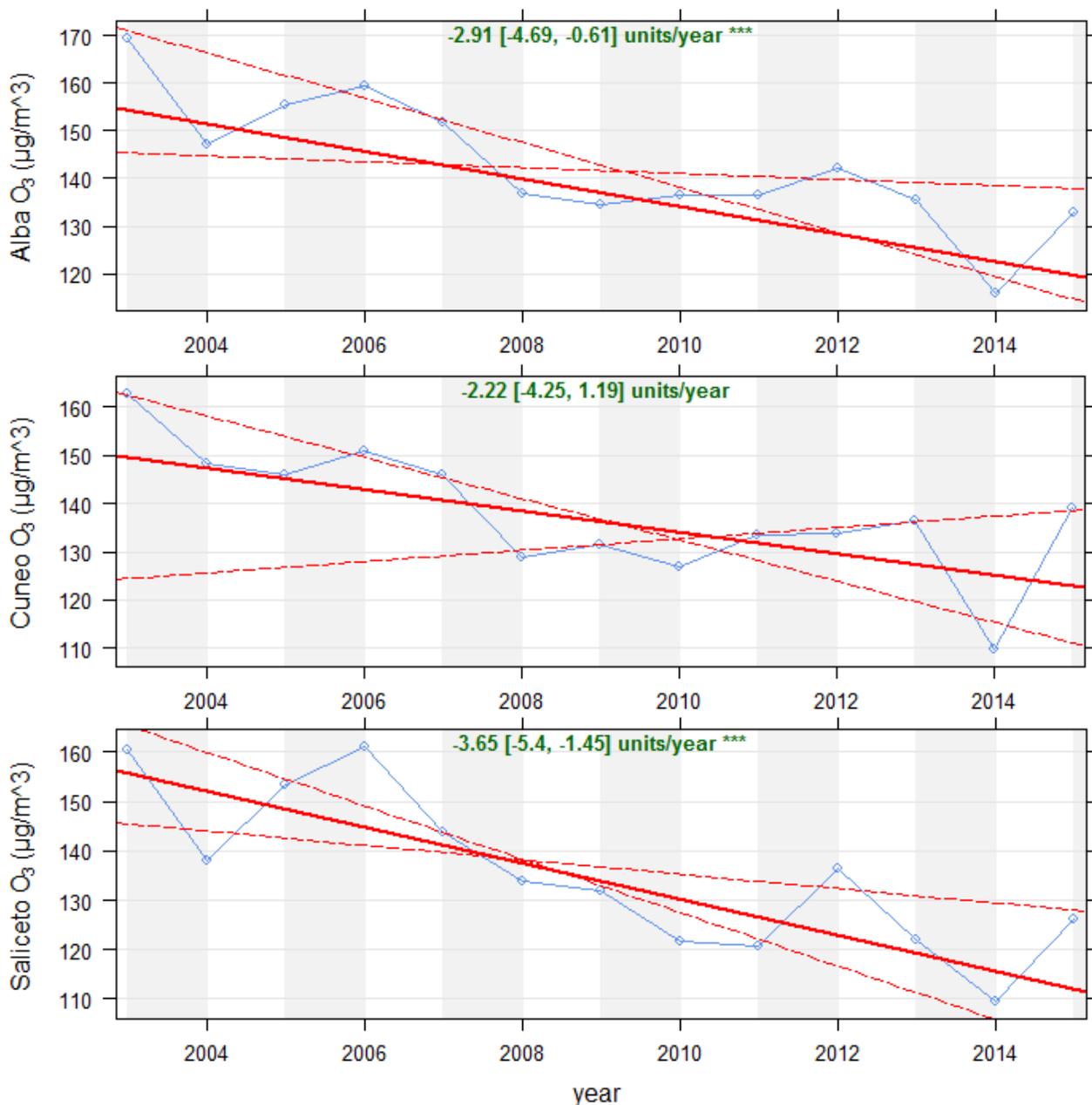


Figura 38) O₃: Stima dei trend del 93.2 percentile delle massime concentrazioni giornaliere calcolate su 8 ore.

Biossido di zolfo – SO₂

A livello regionale le concentrazioni di SO₂ 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. In seguito alla dismissione di quest'ultima la misura è eseguita solamente presso la stazione di Cuneo.

Le serie storiche dei valori delle massime concentrazioni medie orarie e giornaliere registrate per questo inquinante nella stazione di Cuneo sono rappresentate nel grafico seguente, dove sono indicati i livelli dei corrispondenti valori limite stabiliti dalla norma. I dati del 2015 confermano i valori contenuti raggiunti negli anni precedenti e risultano del tutto analoghi a quelli regionali.

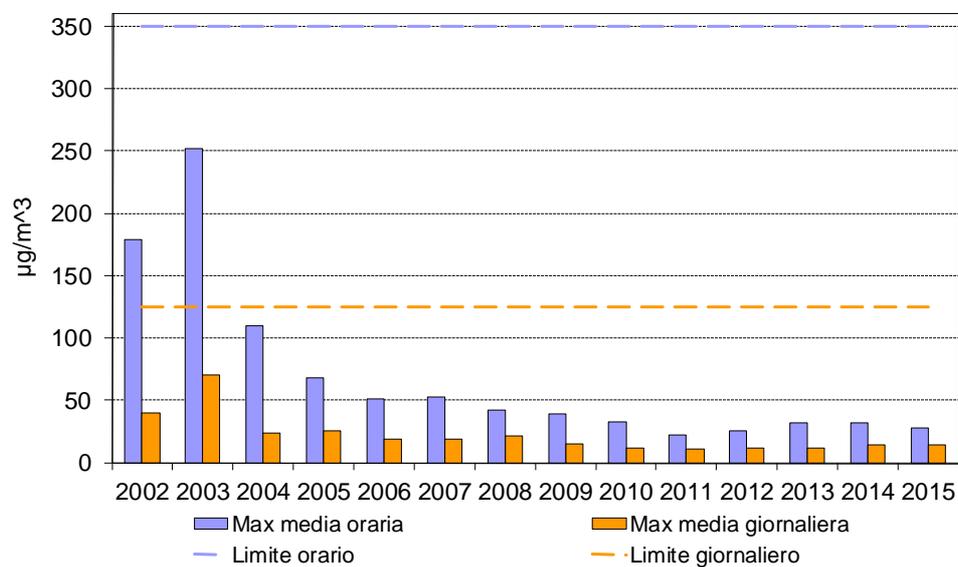


Figura 39) SO₂: valori delle massime concentrazioni media oraria e giornaliera di ogni anno di monitoraggio presso la stazione di Cuneo.

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 2015. I valori confermano i livelli raggiunti negli anni precedenti e le differenze tra le stazioni non sono significative.

	ALBA	CUNEO	MONDOVI'	Limite
CO Massima media su 8 ore (mg/m ³)	1.6	1.6	1.7	10
Benzene Media anno (µg/m ³)	1.3	1.0 *	1.1	5

*Tabella 4) Massima media su 8 ore del CO e media annuale del benzene per l'anno 2015 (*per la stazione di Cuneo la percentuale di dati disponibili del benzene è pari al 72% a causa di problemi strumentali che si sono verificati nel periodo estivo giugno-agosto).*

Nei grafici della figura 40 sono rappresentate, su scala normalizzata, le "settimane medie" su base oraria dell'anno 2015 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.

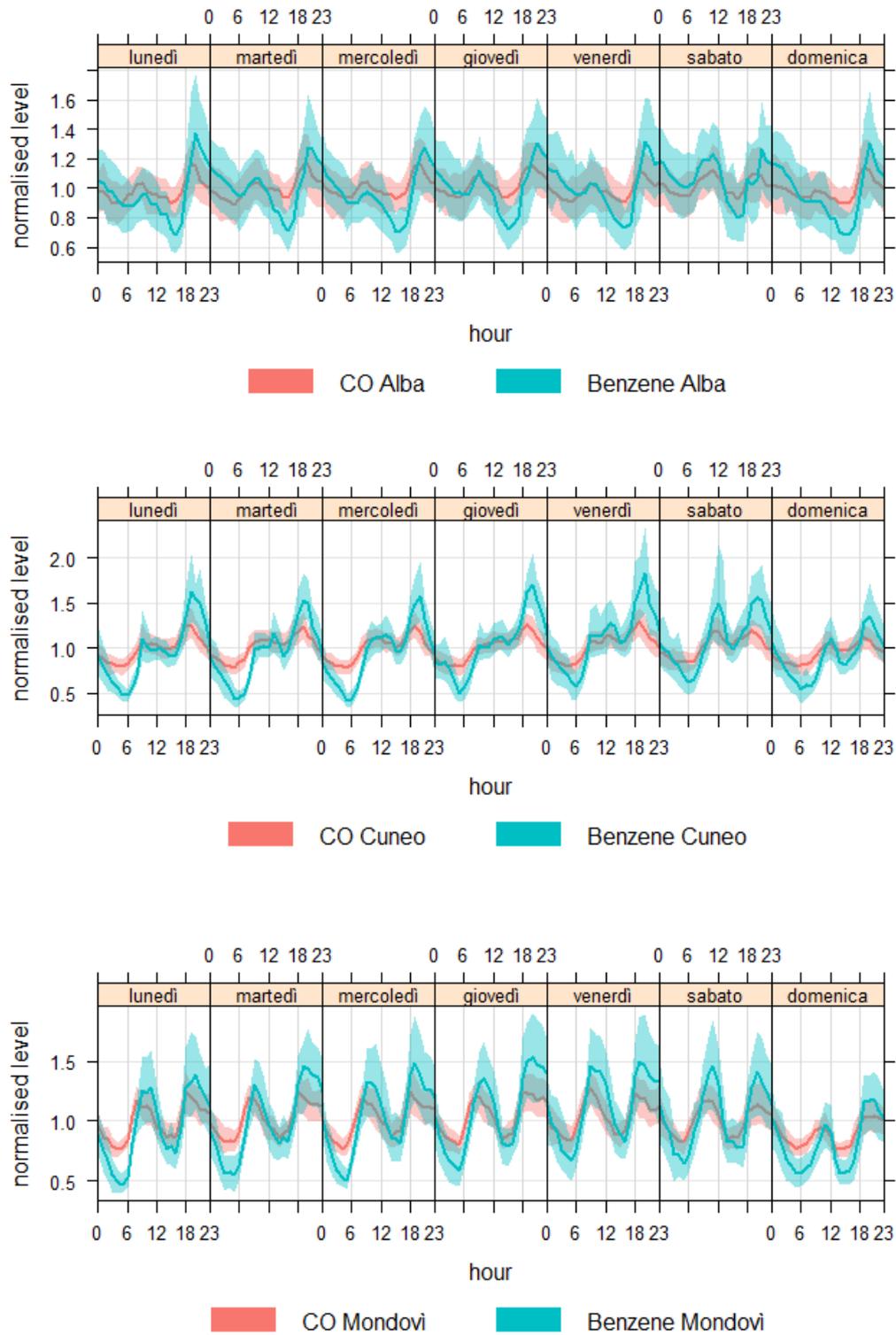


Figura 40) Benzene e CO: settimane medie su base oraria dell'anno 2015 su scala normalizzata.

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/m³, 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 nichel¹⁰.

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.¹¹

¹⁰ Uno sguardo all'aria – 2008 - Provincia di Torino, Arpa Piemonte

¹¹ Relativamente al parametro nichel sono in corso controlli approfonditi con ulteriori campagne di monitoraggio perchè questo dato del 2015 è condizionato da una situazione anomala rilevata nel solo mese di luglio. Situazione simile si era verificata anche nel 2014 quando però il valore era stato elevato anche per il mese di agosto.

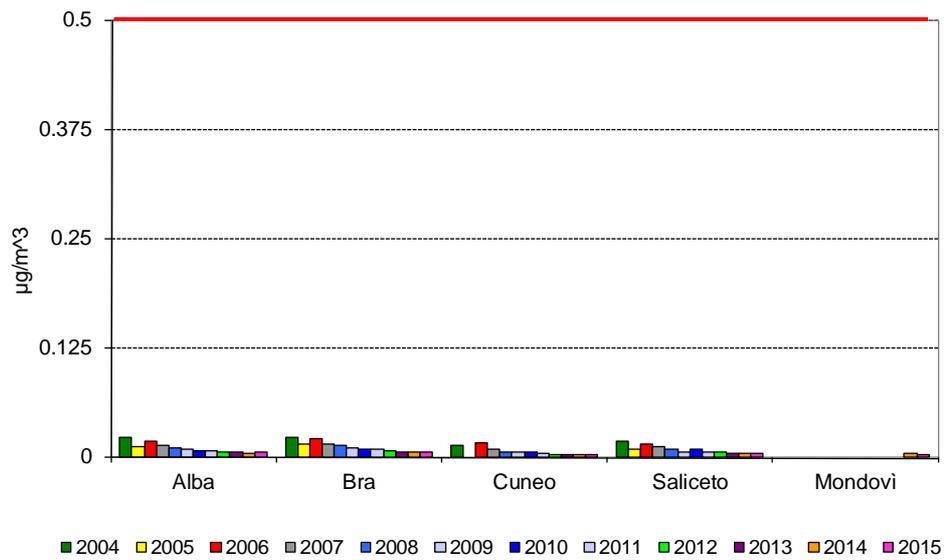


Figura 41) Piombo: confronto medie annuali

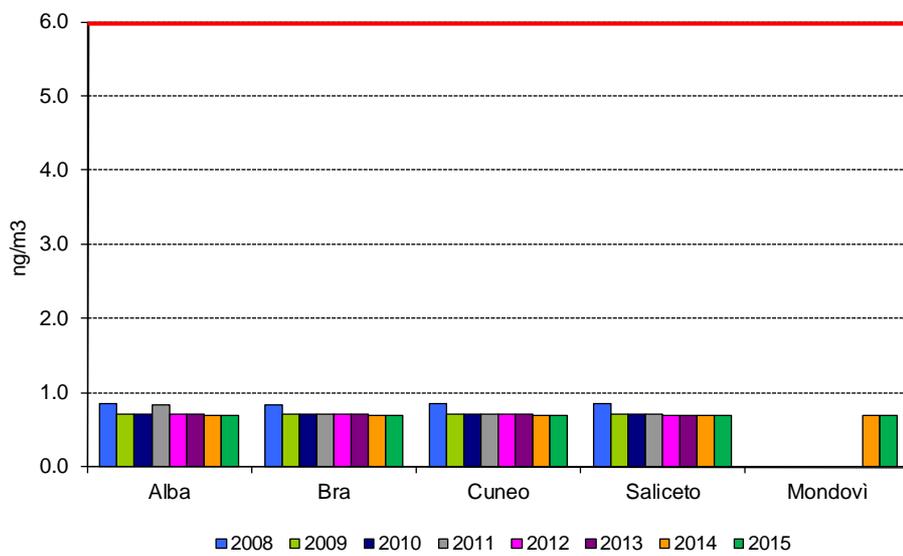


Figura 42) Arsenico: confronto medie annuali.

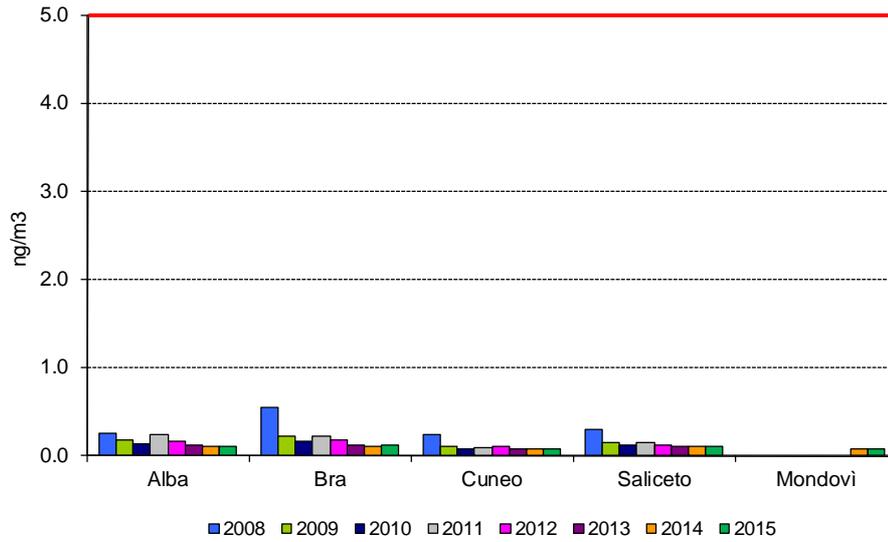


Figura 43) Cadmio: confronto medie annuali.

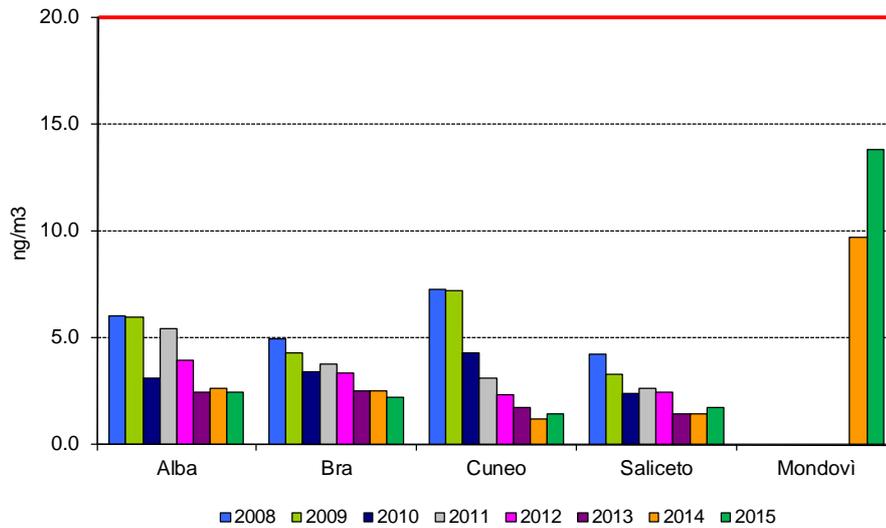


Figura 44) Nichel: confronto medie annuali.

Benzo(a)pirene

La figura 45 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 2015 sono maggiori di quel del 2014 ma analoghe a quelle degli ultimi anni precedenti; la media più elevata si mantiene quella della centralina di Saliceto che nel 2015 è tornata ad essere superiore al limite previsto dalla normativa.

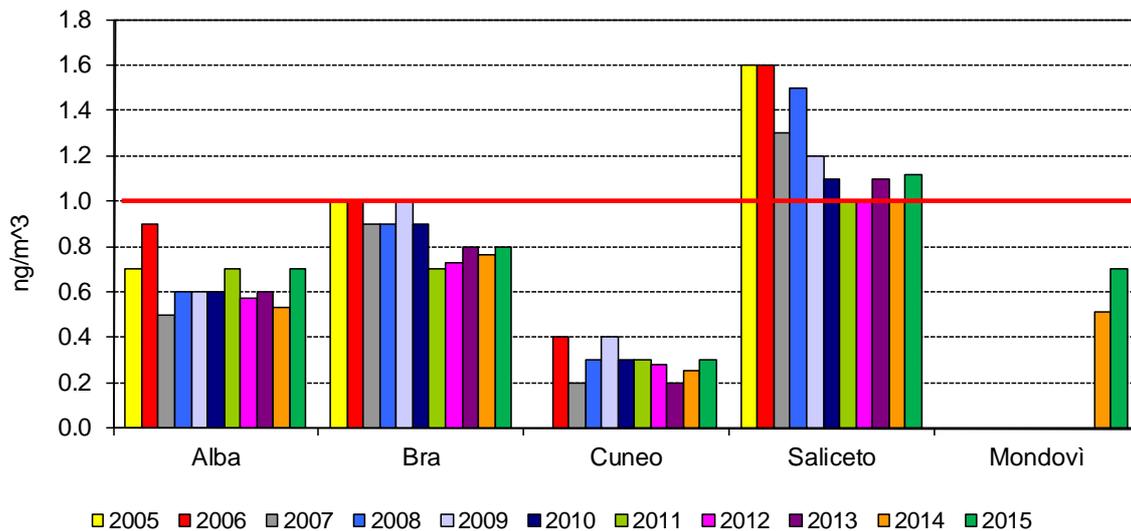


Figura 45) Benzo(a)pirene: medie annuali.

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 46) 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.

Nella figura 47 le concentrazioni medie mensili di benzo(a)pirene del 2015 sono riportate con grafici a dispersione in funzione dei corrispondenti valori di PM₁₀ per le diverse stazioni, si può osservare come per Saliceto la correlazione tra i due inquinanti sia particolarmente elevata ($R^2=0.92$) e, rispetto alle altre stazioni sia maggiore il contenuto di benzo(a)pirene a parità di concentrazioni di PM₁₀.

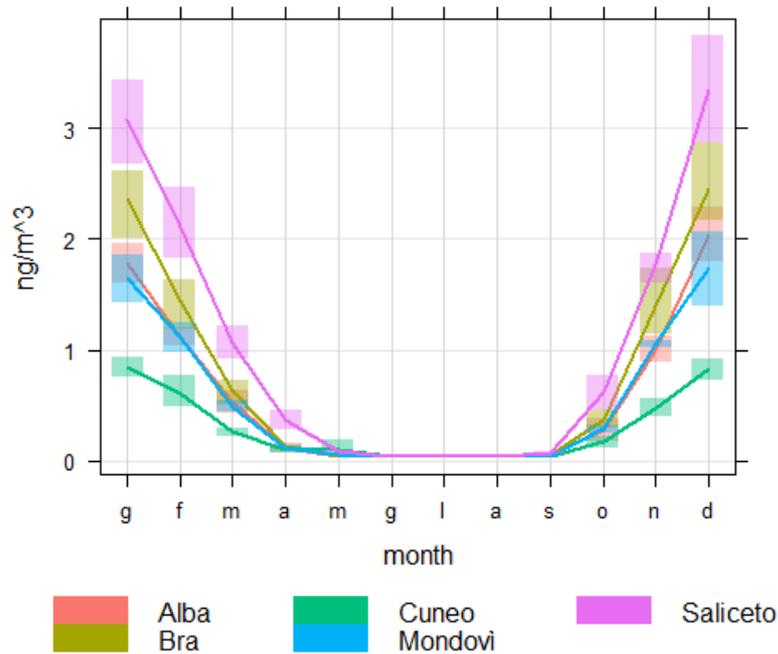


Figura 46) Benzo(a)pirene: concentrazioni medie mensili dell'anno 2015.

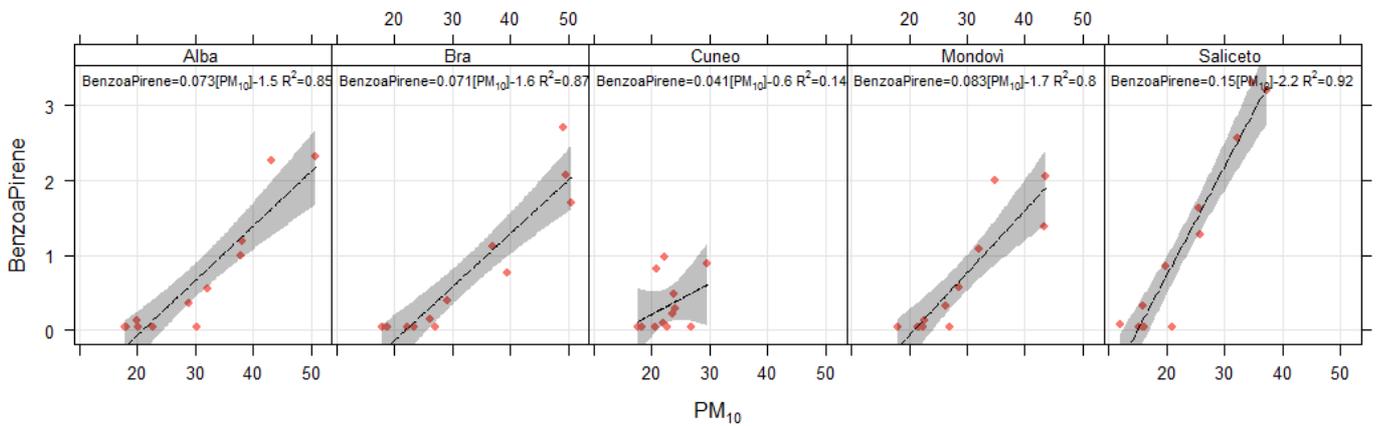


Figura 47) Concentrazioni medie mensili di benzo(a)pirene dell'anno 2015 in funzione delle concentrazioni medie mensili di PM₁₀.

Superamenti nell'anno 2015

Nella tabella seguente si riassumono i superamenti dei limiti normativi per la protezione della salute umana registrati nell'anno 2015, in riferimento ai valori previsti dal Decreto Legislativo 13 Agosto 2010 n° 155.

INQUINANTE	VALORE LIMITE E PERIODO DI MEDIAZIONE	SUPERAMENTI CONCESSI	2015: SUPERAMENTI RILEVATI					
			Alba	Bra	Cuneo	Mondovì	Saliceto	Staffarda
SO ₂	350 µg/m ³ media oraria	24 volte / anno civile			0			
	125 µg/m ³ media 24 ore	3 volte / anno civile			0			
NO ₂	200 µg/m ³ media oraria	18 volte / anno civile	0	0	0	0	0	0
	40 µg/m ³ media annuale	-	NO	NO	NO	NO	NO	NO
PM ₁₀	40 µg/m ³ media annuale	-	NO	NO	NO	NO	NO	
	50 µg/m ³ media 24 ore	35 volte / anno civile	48	62	13	30	14	
		Data del 36° superamento	3 dic	21 mar	-	-	-	-
PM _{2.5}	25 µg/m ³ media annuale entro il 1 gennaio 2015	-			NO	NO		SI
CO	10 mg/m ³ media mobile su 8 ore	-	NO		NO	NO		
Benzene	5 µg/m ³ media annuale	-	NO		NO	NO		
Pb	0.5 µg/m ³ media annuale	-	NO	NO	NO	NO	NO	
O ₃	120 µg/m ³ massima media giornaliera su 8 ore (obiettivo lungo termine)		34		53		30	62
	180 µg/m ³ media oraria (soglia di informazione)	-	1		0		0	4
	240 µg/m ³ media oraria (soglia di allarme)	Fino a 3 ore consecutive	0		0		0	0
Benzo(a) Pirene	1.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	NO	NO	NO	NO	SI	
As	6.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	NO	NO	NO	NO	NO	
Cd	5.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	NO	NO	NO	NO	NO	
Ni	20.0 ng/m ³ media annuale (valore obiettivo)	-	NO	NO	NO	NO	NO	

Tabella 5) Superamenti dei limiti normativi nell'anno 2015