

Campagna di rilevamento della qualità dell'aria nel comune di Borgone di Susa



Figura 1: foto del sito

L'organizzazione della campagna di monitoraggio e la stesura della presente relazione sono state curate dal Tematismo Qualità dell'Aria del Dipartimento di Torino dell'ARPA.

Le determinazioni analitiche sono state effettuate dal Laboratorio Strumentale "Qualità dell'aria ed Emissioni" e dal Laboratorio Strumentale di Gascromatografia/HPLC - Assorbimento Atomico/I.C.P. del medesimo Dipartimento.

Si ringrazia il personale degli Uffici Tecnici del Comune di Borgone di Susa per la collaborazione prestata.

ARPA Piemonte – Ente di diritto pubblico

Codice Fiscale – Partita IVA 07176380017

Settore Meteorologico e Reti di Monitoraggio

C.so Unione Sovietica, 216 – 10134 Torino – Tel. 0113168203 – fax 0113181709 – E-mail: meteoidro@regione.piemonte.i

SOMMARIO

SOMMARIO	2
NORMATIVA VIGENTE IN MATERIA DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO	5
INQUINANTI PREVISTI DALLA NORMATIVA.....	6
MONOSSIDO DI CARBONIO	8
Danni alla Salute.....	8
Analisi della campagna 2003	8
Tabella 1 : elaborazione statistica dei dati di monossido di carbonio misurati	9
Grafico 1 medie orarie del monossido di carbonio	9
OSSIDI DI AZOTO	10
Danni alla Salute.....	10
Analisi della campagna 2003	10
Tabella 2: elaborazione statistica dei dati di monossido di azoto misurati	12
Grafico 2: medie orarie del monossido di azoto.....	12
Tabella 3: elaborazione statistica dei dati di biossido di azoto misurati	13
Grafico 3:medie orarie del biossido di azoto, in rosso il limite orario	13
BIOSSIDO DI ZOLFO	14
Danni alla Salute.....	14
Analisi della campagna 2003	14
Tabella 4: elaborazione statistica dei dati di biossido di zolfo misurati	15
Grafico 4: medie giornaliere del biossido di zolfo.....	15
OZONO	16
Danni alla Salute.....	16
Analisi della campagna 2003	17
Tabella 5: elaborazione statistica dei dati di ozono misurati	17
Grafico 5: medie orarie dell'ozono, in rosso il limite orario.....	18
PARTICOLATO SOSPESO PM₁₀ “POLVERI INALABILI”	19

Danni alla salute	19
Analisi della campagna 2003	20
Tabella 6: elaborazione statistica dei dati di Particolato Sospeso PM ₁₀ misurati	20
Grafico 6: medie giornaliere del PM ₁₀ , in rosso il limite giornaliero	21
METALLI.....	22
Danni alla salute	23
Analisi della campagna 2003	24
Linee Guida 2000	25
Grafico 7: concentrazioni medie metalli relativi la periodo della campagna	26
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI.....	27
Danni alla Salute	29
Analisi della campagna 2003	29
Grafico 8: concentrazioni medie di Idrocarburi Policiclici Aromatici	30
ELABORAZIONE DATI METEOCLIMATICI.....	31
Tabella 7: Valutazione statistica dei parametri meteorologici relativi al rilevamento eseguito nel periodo della campagna	31
Grafico 10: confronto tra pressione atmosferica e velocità del vento.....	32
CONCLUSIONI	33

OBIETTIVO DELLA CAMPAGNA DI MISURE

Il Comune di Borgone di Susa ha richiesto una campagna di misura della qualità dell'aria in un punto di elevate emissioni da traffico, già precedentemente monitorato, nel quale è stato riscontrato, negli ultimi anni, un aumento del passaggio di mezzi di trasporto.

In Valle Susa è presente una stazione di monitoraggio della rete fissa posta nel centro della città di Susa, zona centrale commerciale, dove si misura il PM₁₀, l'ozono, il monossido di carbonio e gli ossidi di azoto. Per questa campagna di monitoraggio il sito risultato più idoneo è stato individuato in Via Augusto Abeg n° 56/56 bis (S.S. n° 25) in quanto già oggetto di altre due campagne di monitoraggio della qualità dell'aria (marzo 1997 – agosto 1997).

Definite le procedure di attività La campagna di monitoraggio è iniziata il 18-03-2003 ed è terminata il 15-04-2003.

* NOTA: per ragioni tecniche, le elaborazioni sono state effettuate considerando solo i giorni di campionamento completi, pertanto non vi è corrispondenza con le date di inizio e fine campagna.

NORMATIVA VIGENTE IN MATERIA DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Per una migliore valutazione critica del lavoro qui riportato, segue un breve richiamo dei principali riferimenti normativi:

- **D.M. 60 del 2/04/02** che recepisce la Direttiva 1999/30/CE del 22/04/99 e la Direttiva 2000/69/CE e detta i valori limite di qualità dell'aria ambiente per CO (monossido di carbonio), NO₂ (biossido di azoto), SO₂ (biossido di zolfo), C₆H₆ (benzene), Pb (piombo) e PM₁₀ (materiale particolato in sospensione, noto anche come "polveri fini" ed avente diametro aerodinamico inferiore o uguale a 10 micron)
- **D.M. del 16/5/96** che definisce l'attivazione di un sistema di sorveglianza di inquinamento da ozono, di scambio di informazioni, di gestione degli stati di attenzione e di allarme per la popolazione. A tali fini sono definiti dal presente decreto:
- livello per la protezione della salute, ossia la concentrazione di ozono, pari a 110 µg/m³ calcolato come media sulle otto ore, che non deve essere superata ai fini della protezione della salute umana.

livello per la protezione della vegetazione: ossia la concentrazione di ozono, pari a 65 µg/m³, calcolato come media sulle otto ore, oltre il quale la vegetazione può subire danni.

livello per l'informazione alla popolazione (o di attenzione): ossia la concentrazione di ozono, pari a 180 µg/m³ calcolato come media oraria, oltre il quale si possono verificare effetti limitati e transitori per la salute umana, in caso di esposizione anche di breve durata di gruppi di soggetti particolarmente sensibili;

livello di allarme: ossia la concentrazione di ozono, pari a 360 µg/m³ calcolato come media oraria, oltre il quale esiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione anche di breve durata.

- **Direttiva 2002/3CE** del 12/02/2002 in materia di inquinamento da ozono, non essendo stata recepita nel nostro paese lascia tuttora in vigore i livelli del DM.

16/05/96

INQUINANTI PREVISTI DALLA NORMATIVA

L'identificazione delle sorgenti di emissione delle innumerevoli sostanze contaminanti dell'aria ed i fenomeni che danno origine alla loro dispersione sono oggi ben noti.

Le principali sorgenti di inquinanti sono:

- 1) Emissioni veicolari;
- 2) Emissioni industriali;
- 3) Combustione da impianti termoelettrici;
- 4) Combustione da riscaldamento domestico;
- 5) Smaltimento rifiuti (inceneritori e discariche).

INQUINANTE	EMISSIONI DA TRAFFICO VEICOLARE	EMISSIONI INDUSTRIALI	EMISSIONI RISCALDAMENTO DOMESTICO
SO ₂	◆	◆	◆
NO ₂ (1)	◆	◆	◆
O ₃ (2)	◆	◆	
CO	◆		
PM ₁₀	◆	◆	◆
As. Pb, Cd, Ni...	◆	◆	
BENZENE	◆	◆	
IPA	◆	◆	

In relazione alla loro origine gli inquinanti possono essere di massima suddivisi in due gruppi:

- **inquinanti primari:** gruppo cui appartengono gli inquinanti emessi direttamente da sorgenti specifiche;
- **inquinanti secondari:** gruppo cui appartengono gli inquinanti che si formano a causa dell'interazione di due o più inquinanti primari per reazione con i normali costituenti dell'atmosfera con o senza fotoattivazione.

Gli inquinanti come il SO₂ hanno un tempo medio di residenza di 5 giorni, il NO₂ da 2 a 8 giorni ed il CO di 4 mesi.

L'elevato tempo di persistenza in atmosfera, ovvero il tempo che la molecola impiega a trasformarsi, spiega come mai in condizioni di accumulo il fondo degli inquinanti resti elevato e mascheri sovente le variazioni legate alle emissioni locali.

Nelle pagine seguenti sono riportate notizie di carattere descrittivo - generale per ciascun inquinante misurato con le elaborazioni statistiche dei dati ottenuti nel corso della campagna di monitoraggio ed i rispettivi grafici.

MONOSSIDO DI CARBONIO

È un gas inodore ed incolore che viene generato durante la combustione di materiali organici quando la quantità di ossigeno a disposizione è insufficiente.

L'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3) infatti, si tratta dell'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale sorgente di CO, in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina. Quando il motore del veicolo funziona al minimo, o si trova in decelerazione si producono le maggiori concentrazioni di CO in emissione.

Tale situazione è la causa dei valori relativamente elevati nelle ore di maggior traffico. Si deve comunque sottolineare che l'introduzione delle marmitte catalitiche nei primi anni '90 e l'incremento degli autoveicoli a ciclo Diesel hanno contribuito ad una costante e significativa diminuzione della concentrazione del monossido di carbonio nei gas di combustione prodotti dagli autoveicoli.

Danni alla Salute

Vista la sua grande affinità con l'emoglobina presente nel sangue (circa 220 volte maggiore rispetto all'ossigeno), la presenza di questo gas comporta un peggioramento del normale trasporto di ossigeno nei diversi distretti corporei. Gli organi più colpiti sono il sistema nervoso centrale e il sistema cardiovascolare. Nei casi peggiori con concentrazioni elevatissime di CO si può arrivare anche alla morte per asfissia.

La carbossiemoglobina, che si può formare in seguito ad inalazione del CO alle concentrazioni abitualmente rilevabili nell'atmosfera delle nostre città, non ha effetti sulla salute di carattere irreversibile e acuto, pur essendo per sua natura, un composto estremamente stabile.

Analisi della campagna 2003

Nel periodo considerato il monossido di carbonio rilevato non ha presentato valori superiori ai $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ che, secondo il DM 60 del 2/04/02, è il limite da non superare come media di otto ore consecutive. Considerato che tali concentrazioni non si sono avute neppure come media oraria, il massimo orario ha raggiunto il valore di $1.7 \text{ mg}/\text{m}^3$ si può ritenere tale risultato, seppur indicativo, del tutto positivo.

Tabella 1 : elaborazione statistica dei dati di monossido di carbonio misurati

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO) (mg/m ³) ⁽¹⁾									
Periodo	Comune	Minima media giornaliera	Massima media giornaliera	Media delle medie giornaliere	Massima media oraria	Minima media delle 8 ore	Media delle medie delle 8 ore	Massima media delle 8 ore	% dati validi
Dal 19/03/03 al 14/04/03	Borgone	0.4	1.0	0.7	1.7	0.3	0.7	1.2	100

⁽¹⁾ I dati sono normalizzati ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101.3 kPa

Numero superamenti del valore limite per la protezione della salute umana (10 mg/m ³) ⁽²⁾	0
--	---

⁽²⁾ Il valore limite è riferito alla media massima giornaliera su 8 ore che viene individuata esaminando le medi mobili su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora.

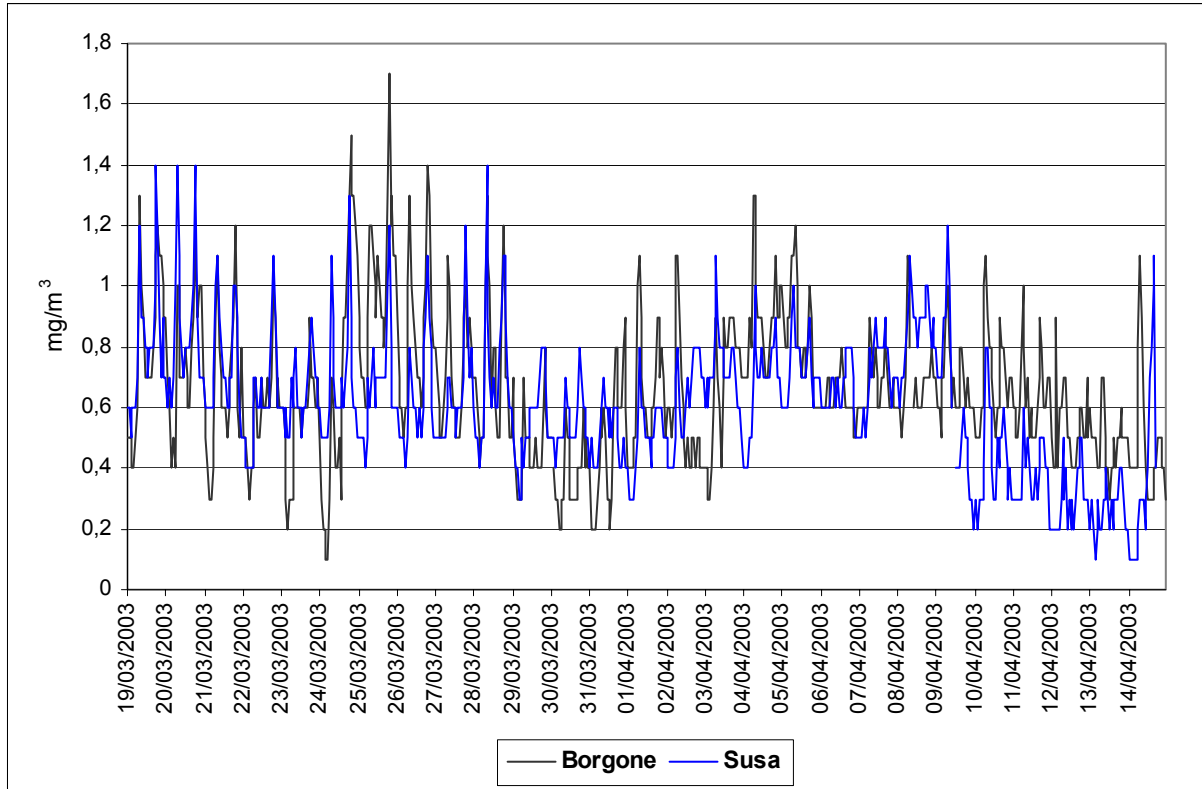


Grafico 1 medie orarie del monossido di carbonio

OSSIDI DI AZOTO

Il biossido di azoto si presenta sotto forma di un gas di colore rossastro di odore forte e pungente.

Tutti i processi di combustione ottenuta utilizzando come combustibile l'aria, qualsiasi sia il tipo di combustibile utilizzato, generano gli ossidi di azoto (NO, N₂O, NO₂).

Tra questi il biossido di azoto è da ritenersi fra gli inquinanti atmosferici maggiormente pericolosi, sia perché è per sua natura irritante, sia perché dà inizio, in presenza di forte irraggiamento solare, ad una serie di reazioni fotochimiche secondarie che portano alla costituzione di sostanze inquinanti, come l'ozono, complessivamente indicate con il termine di "*smog fotochimico*".

Un apporto fondamentale all'inquinamento da biossido di azoto nelle città è causato dai gas di scarico degli autoveicoli. In particolare la quantità di ossidi di azoto emessa può variare in funzione delle caratteristiche costruttive, dello stato del motore e dalle modalità di utilizzo dello stesso, (valore della velocità, accelerazione ecc.).

Si può ragionevolmente sostenere che l'emissione di ossidi di azoto, ed in particolare il biossido di azoto, è maggiore quando il motore funziona ad elevato numero di giri tanto da renderlo maggiormente presente nei pressi di arterie urbane a scorrimento veloce e delle autostrade.

L'unità di misura con la quale vengono espresse le concentrazioni di tale composto è il microgrammo per metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Danni alla Salute

Il biossido di azoto è un gas tossico irritante per le mucose ed è responsabile di specifiche patologie a carico dell'apparato respiratorio con diminuzioni delle difese polmonari (bronchiti, allergie, irritazioni).

Analisi della campagna 2003

Di seguito sono riportati i risultati delle elaborazioni statistiche dei dati per entrambi i parametri ed i grafici delle medie orarie misurate.

Si rammenta che per il monossido di azoto non esistono valori limite di riferimento nella legislazione italiana. Le concentrazioni rilevate sono nettamente superiori a quanto misurato nella stazione di Susa.

Per quel che riguarda il biossido di azoto non si sono verificati superamenti del limite orario di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, come prevedibile, considerando il periodo primaverile della campagna.

Il D.M. 60 del 2/4/2002 prevede anche un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Visto che la durata della campagna non è paragonabile all'arco temporale di riferimento del limite normativo, non è possibile un confronto con le misure dirette. Si può però considerare un valore stimato di media annuale ricavato dal rapporto fra la media delle medie giornaliere del periodo, pari a $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, e un fattore ricavato come descritto nella nota. Applicando tale procedimento, la media annuale stimata è pari a $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore superiore al limite previsto. Tale risultato è coerente con il valore della media dell'anno 2003 di tutte le 15 stazioni della provincia (escludendo le 6 stazioni di Torino) di $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La normativa in vigore prevede inoltre per il parametro ossidi di azoto totali, dato dalla somma del monossido e biossido ed espressi come biossido, un valore limite annuale per la protezione della vegetazione. Tale limite non è stato preso in considerazione in quanto si riferisce a siti remoti, lontani dai centri abitati e industrializzati.

Nota

Si sono calcolate le medie di NO_2 , per il periodo della campagna, di tutte le stazioni della provincia con l'esclusione di quelle delle città di Torino; dal rapporto con la media dell'anno 2003 si è calcolato il fattore che moltiplicato per il valore medio della campagna a Borgone permette di ricavare la stima annuale:

$$M_B = (M_p / m_p) \times m_B$$

dove

m_b : media periodo campagna NO_2 Borgone

M_b : media anno 2003 NO_2 Borgone

m_p : media periodo campagna NO_2 Provincia

M_p : media anno 2003 NO_2 Provincia

Tabella 2: elaborazione statistica dei dati di monossido di azoto misurati

MONOSSIDO DI AZOTO (NO) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁽²⁾						
Periodo	Comune	Minima media giornaliera	Massima media giornaliera	Media delle medie giornaliere	Massima Media oraria	% dati validi
Dal 19/03/03 al 14/04/03	Borgone	6	105	46	395	100

⁽¹⁾ Non esistono valori limite di riferimento nella legislazione italiana

⁽²⁾ I dati sono normalizzati ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101.3 kPa

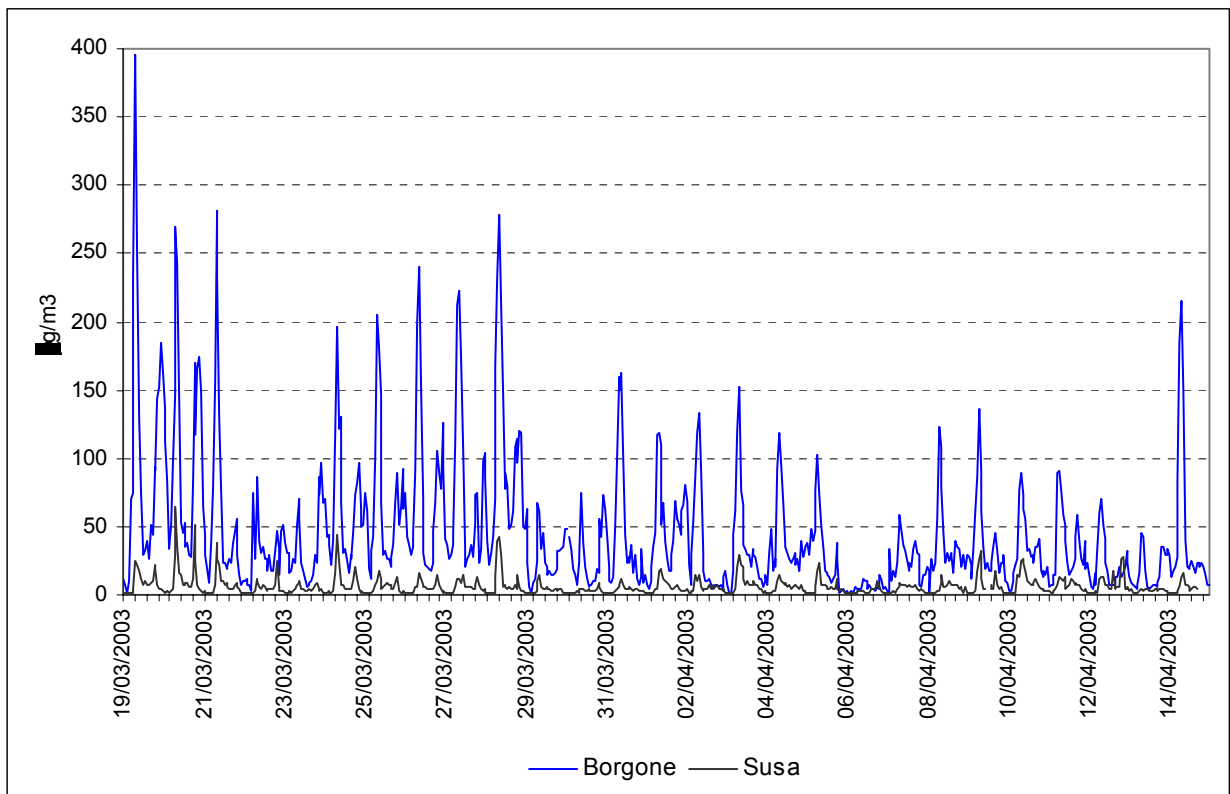


Grafico 2: medie orarie del monossido di azoto

Tabella 3: elaborazione statistica dei dati di biossido di azoto misurati

BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂) (µg/m ³) ⁽¹⁾						
Periodo	Comune	Minima media giornaliera	Massima media giornaliera	Media delle medie giornaliere	Massima media oraria	% dati validi
Dal 19/03/03 al 14/04/03	Borgone	15	108	59	175	100

⁽¹⁾ I dati sono normalizzati ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101.3 kPa

Numero superamenti del valore limite orario protezione della salute umana (200 µg/m ³) ⁽²⁾	0
---	---

⁽²⁾ Tale valore non deve essere superato più di 18 volte per anno civile

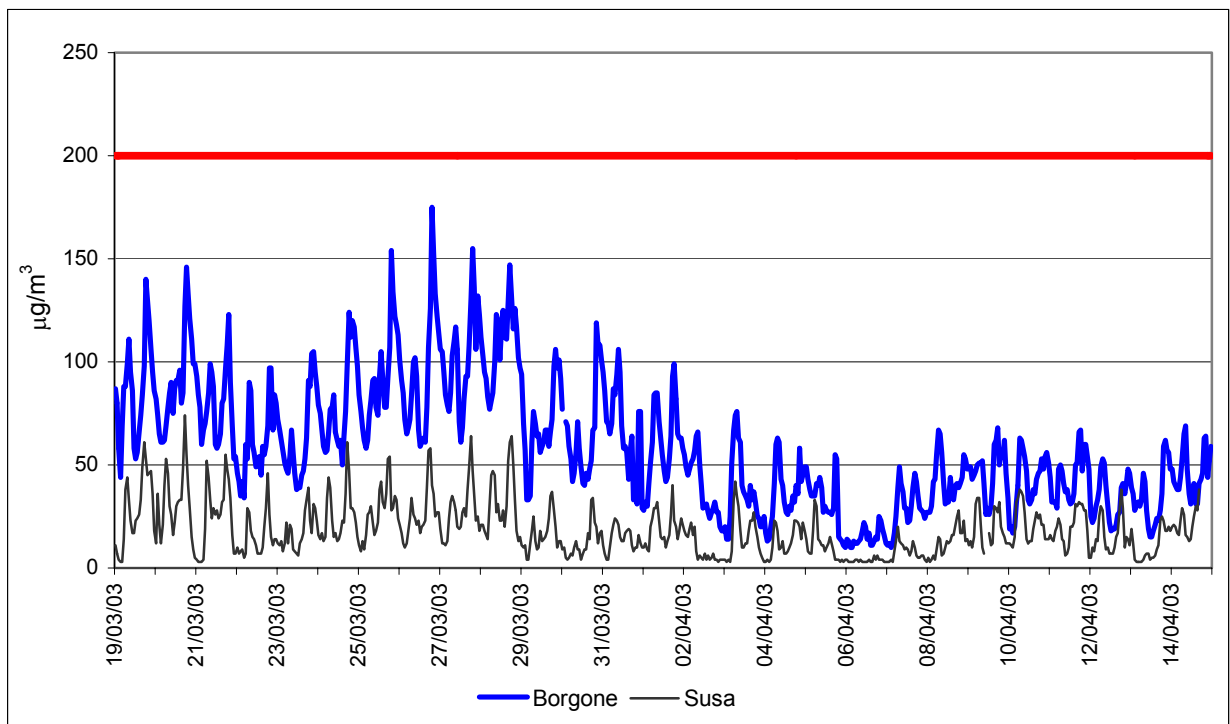
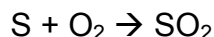


Grafico 3: medie orarie del biossido di azoto, in rosso il limite orario

BIOSSIDO DI ZOLFO

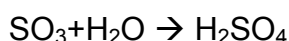
È un gas incolore, di odore pungente che si origina come prodotto di ossidazione dello zolfo e dei composti che lo contengono allo stato ridotto secondo la reazione:



Il biossido di zolfo nell'aria è presente in minima parte come sottoprodotto emesso dal traffico veicolare, in particolare dai veicoli con motore diesel, e per la maggior parte dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (gasolio, olio combustibile, carbone), in cui lo zolfo è presente come impurità e dai processi metallurgici. Tuttavia oggi, il progressivo miglioramento della qualità dei combustibili con il sempre più diffuso uso del gas metano, hanno diminuito sensibilmente la presenza di SO₂ nell'aria. Infatti la concentrazione di biossido di zolfo presenta una variazione stagionale molto evidente, con valori massimi nella stagione invernale, laddove sono in funzione gli impianti di riscaldamento domestici non a metano.

Nell'atmosfera il biossido di zolfo (SO₂) è ossidato a triossido di zolfo (SO₃).

Il triossido di zolfo successivamente, in presenza di umidità, è convertito in acido solforico secondo la reazione:



Danni alla Salute

Il SO₂ contribuisce attraverso reazioni con l'ossigeno e le molecole d'acqua in atmosfera, all'acidificazione delle precipitazioni, con effetti fitotossici sui vegetali e di acidificazione dei corpi idrici, in particolare a debole ricambio, con conseguente compromissione della vita acquatica. Le precipitazioni acide possono avere effetti corrosivi anche sui materiali da costruzione, manufatti lapidei, vernici e metalli, mentre per l'uomo è molto irritante per gli occhi, la gola e le vie respiratorie.

Analisi della campagna 2003

I valori di questo inquinante si sono mantenuti ampiamente nei limiti della normativa, confermando la tendenza osservata negli ultimi anni sul territorio provinciale.

Tabella 4: elaborazione statistica dei dati di biossido di zolfo misurati

BIOSSIDO DI ZOLFO (SO ₂) (µg/m ³) ⁽¹⁾						
Periodo	Comune	Minima media giornaliera	Massima media giornaliera	Media delle medie giornaliere	Massima media oraria	% dati validi
Dal 19/03/03 al 14/04/03	Borgone	3	7	5	17	100

⁽¹⁾ I dati sono normalizzati ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101.3 kPa

Numero superamenti livello orario protezione della salute (350 µg/m ³) ⁽²⁾	0
Numero superamenti livello giornaliero protezione della salute (125 µg/m ³) ⁽³⁾	0

⁽²⁾ Tale valore non deve essere superato più di 24 volte per anno civile

⁽³⁾ Tale valore non deve essere superato più di 3 volte per anno civile

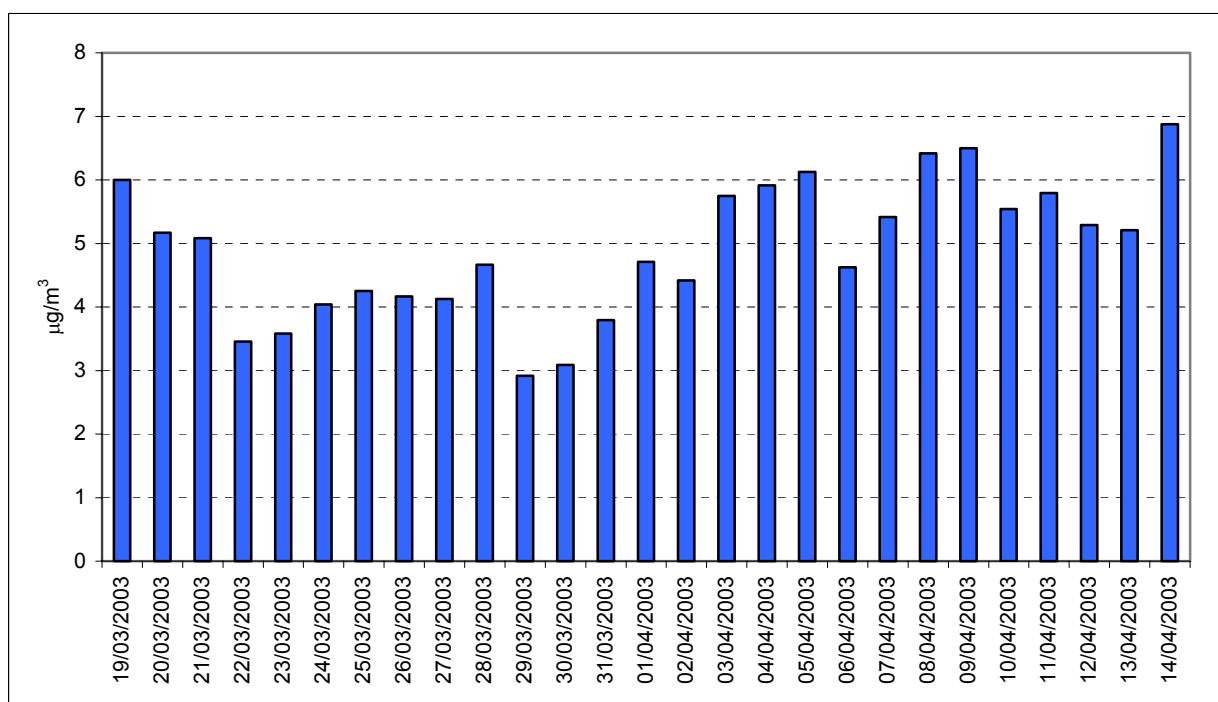


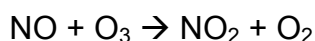
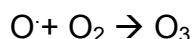
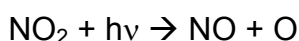
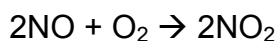
Grafico 4: medie giornaliere del biossido di zolfo

OZONO

L'ozono è un gas altamente reattivo, di odore pungente e ad elevate concentrazioni di colore blu, dotato di un elevato potere ossidante. In natura non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto.

Tutte le sostanze coinvolte in questa complessa serie di reazioni costituiscono nel loro insieme il cosiddetto "smog fotochimico".

Tali reazioni sono così riassumibili:



Inoltre, la presenza di composti organici volatili sposta gli equilibri delle reazioni precedenti producendo elevate quantità di ozono. Nel corso di queste reazioni i composti organici si trasformano in aldeidi, perossidi, chetoni, acidi organici, perossiacilnitrati, nitrati alchilici ecc.

L'ozono si concentra nella stratosfera ad un'altezza compresa fra i 30 e i 50 chilometri dal suolo, la sua presenza protegge la troposfera dalle radiazioni ultraviolette emesse dal sole che sarebbero dannose per la vita degli esseri viventi. L'assenza di questo composto nella stratosfera è chiamata generalmente "buco dell'ozono".

L'ozono presente nella troposfera (lo strato atmosferico compreso fra il livello del mare e i 10 km di quota), ed in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, è invece un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura.

Danni alla Salute

Concentrazioni relativamente basse di ozono provocano effetti quali irritazioni alla gola, alle vie respiratorie e bruciore agli occhi; concentrazioni superiori possono portare alterazioni delle funzioni respiratorie.

L'ozono è responsabile anche di danni alla vegetazione, con relativa scomparsa di alcune specie arboree dalle aree urbane (alcune specie vegetali, particolarmente sensibili alle concentrazioni di ozono in atmosfera, vengono oggi utilizzate come bioindicatori della formazione di smog fotochimico).

Analisi della campagna 2003

L'analisi dei valori del parametro ozono mette in evidenza una situazione non soddisfacente in quanto, pur trattandosi di un inquinante tipicamente estivo, nei mesi primaverili considerati, si sono verificate situazioni con superamenti del livello di protezione della salute umana ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media mobile di 8 ore), mentre il livello di attenzione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ come media oraria) non è stato raggiunto. Andamenti molto simili, e quindi critici, si sono ritrovati anche per le altre stazioni della rete fissa a conferma del fatto che il fenomeno di inquinamento da ozono è omogeneamente distribuito sul territorio provinciale.

Tabella 5: elaborazione statistica dei dati di ozono misurati

OZONO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁽¹⁾									
Periodo	Comune	Minima media giornaliera	Massima media giornaliera	Media delle medie giornaliere	Massima media oraria	Minimo media 8 ore	Media medie 8 ore	Massima medie 8 ore	% dati validi
Dal 19/03/03 al 14/04/03	Borgone	21	112	59	171	3	59	154	100

⁽¹⁾I dati sono normalizzati ad una temperatura di 293 K e ad una pressione di 101.3 kPa

Numero superamenti orari del livello di attenzione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	0
Numero superamenti orari del livello di allarme ($360 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	0
Numero superamenti livello protezione della salute su media di 8 ore ($110 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	73
Numero superamenti livello protezione della vegetazione su media giornaliera ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	9

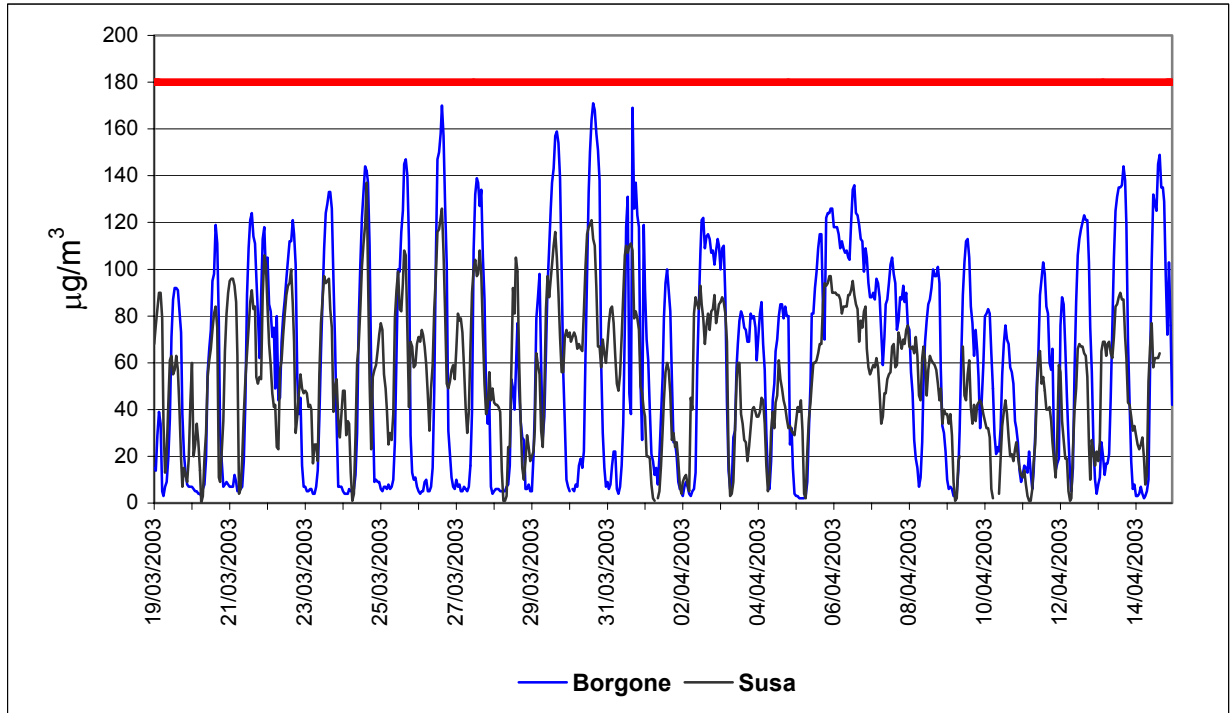


Grafico 5: medie orarie dell'ozono, in rosso il limite orario

PARTICOLATO SOSPESO PM₁₀ “POLVERI INALABILI”

Per particolato atmosferico si intende l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide con diametro compreso fra 0,1 e 100 micron. Le particelle più grandi generalmente raggiungono il suolo in tempi piuttosto brevi e causano fenomeni di inquinamento su scala molto ristretta.

L'esperienza comune insegna che ciò che va in alto deve poi ricadere e ciò vale certamente anche per le particelle solide o liquide sospese nell'aria. Tuttavia l'aria esercita un effetto ritardante con una forza verso l'alto che è proporzionale alla velocità di caduta ed al raggio delle particelle. Inoltre il tempo di permanenza nell'aria dipenderà dalla natura dei venti e dalle precipitazioni. Le particelle più piccole possono rimanere nell'aria per molto tempo; alla fine gli urti casuali e la reciproca attrazione fanno ingrossare le stesse al punto da far loro raggiungere una velocità di caduta sufficiente a farle depositare al suolo. Oltre a questo meccanismo di deposizione a secco l'eliminazione dall'atmosfera avviene anche per effetto della pioggia.

Il particolato si origina generalmente sia da fonti antropiche che da fonti naturali.

Sia quelle antropiche che quelle naturali possono dar luogo a particolato primario (emesso direttamente nell'atmosfera) o secondario (formatasi in atmosfera attraverso reazioni chimiche di trasformazione dei precursori).

Danni alla salute

Gli effetti maggiori sono dovuti principalmente alle sostanze che veicolano. Infatti trattandosi di dimensioni così ridotte sono in grado di raggiungere gli alveoli polmonari e rilasciare le sostanze tossiche adsorbite, quali ad esempio IPA e metalli.

Esse possono provocare aggravamenti di malattie asmatiche, aumento di tosse e persino convulsioni, oltre agli effetti tossici diretti sui bronchi e sugli alveoli polmonari.

Il particolato provoca danni ai materiali, come la corrosione dei metalli, danneggiamento ai circuiti elettrici ed elettronici, sia per azione chimica che meccanica, insudiciamento di edifici e opere d'arte, ridotta durata dei tessuti. La polvere (per esempio quella dei cementifici) può provocare sulle piante delle

incrostazioni che interferiscono con il processo di fotosintesi in quanto intercettano la radiazione solare.

Analisi della campagna 2003

La situazione che si osserva dai dati della campagna, oggetto della relazione, non è inaspettata, poiché conferma che il fenomeno dell'inquinamento da PM₁₀ è un problema che riguarda anche le zone periferiche rispetto il capoluogo della provincia torinese. Si nota infatti che si sono verificati dei superamenti del valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana di 50 µg/m³, come da DM 60 del 02/04/02. I dati sono stati riportati nel grafico con quelli rilevati dalla stazione ubicata in Susa. Dal confronto si evince che gli andamenti sono quasi sovrapponibili anche se i valori misurati sono nettamente più elevati a Borgone viste le caratteristiche del sito scelto.

Tabella 6: elaborazione statistica dei dati di Particolato Sospeso PM₁₀ misurati

PARTICOLATO SOSPESO PM₁₀ (µg/m³) ⁽¹⁾					
Periodo	Comune	Minima media giornaliera	Massima media giornaliera	Media delle medie giornaliere	% dati validi
Dal 19/03/03 al 14/04/03	Borgone	23	108	59	100

⁽¹⁾ I dati sono stati calcolati a temperatura ambiente

N° superamenti del valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana (50 µg/m ³) ⁽²⁾	6
--	---

⁽²⁾ Tale valore non deve essere superato più di 35 volte per anno civile

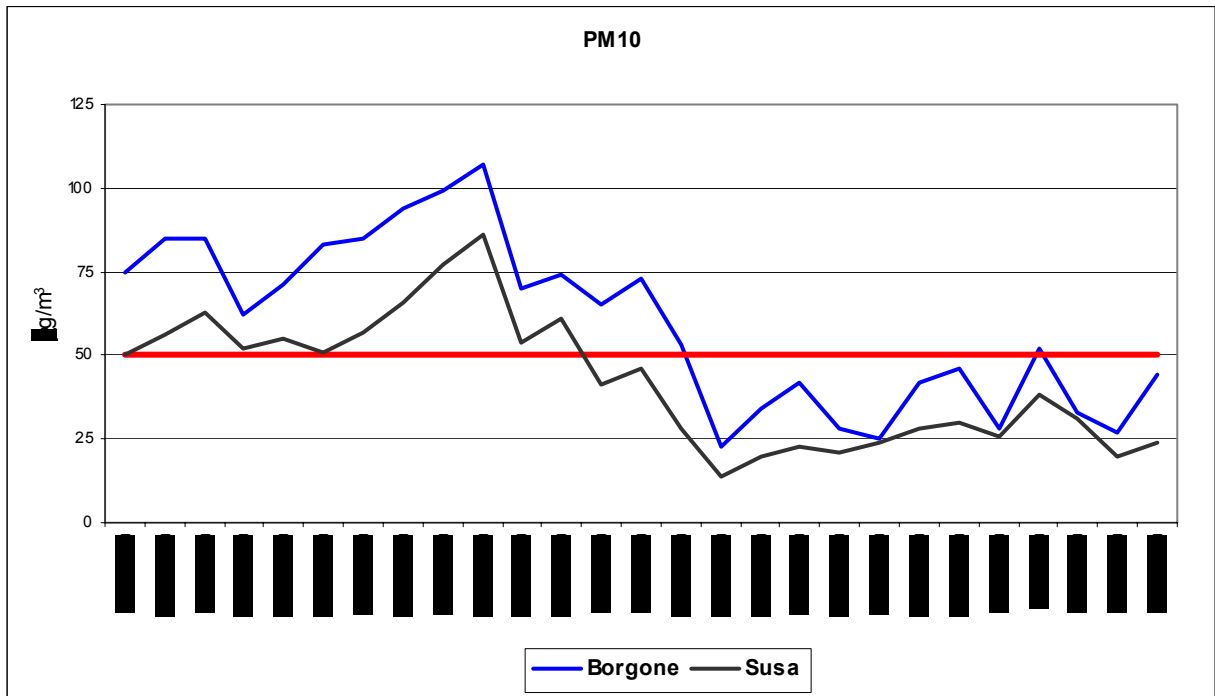


Grafico 6: medie giornaliere del PM₁₀, in rosso il limite giornaliero

METALLI

I metalli pesanti costituiscono una classe di sostanze inquinanti molto diffusa nelle varie matrici ambientali.

La loro presenza nell'aria, nell'acqua e nel suolo può avere origine nei fenomeni naturali di erosione e solubilizzazione delle rocce che li contengono e, in aggiunta a questi apporti naturali, dalle le attività collegate all'uomo.

L'inquinamento dell'aria rappresenta il primo atto di alterazioni successive per ricaduta diretta dei metalli nei terreni e nelle acque e/o per conseguente ulteriore dilavamento.

Al fine dell'inquinamento atmosferico i metalli che maggiormente preoccupano sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Cr (cromo), Mn (manganese) ,Ni (nichel), Pb (piombo) veicolati dal particolato atmosferico.

La loro origine è varia, il Cd, Cr, As provengono principalmente dalle industrie minerarie e siderurgiche, il Cu ed il Ni da processi di combustione, Pb da emissioni prodotte dai veicoli (precedentemente all'introduzione della benzina "verde") mentre il Co, Cu (rame), Cr, Zn (zinco) da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori .

L'effetto dei metalli pesanti sull'organismo umano dipende dalle modalità di assunzione del metallo, dalla sua biodisponibilità nonché dalle quantità assorbite.

Lo zinco, il rame, il cobalto, il nichel ed il cromo, ad esempio, sono oligoelementi necessari all'organismo (fabbisogno giornaliero : Zn = 15-20 mg, Cu = 2-6 mg, Cr = 5-200 mg, Co = 0.1 mg) per lo svolgimento di numerose funzioni quali il metabolismo proteico e dell'alcol (Zn), quello del tessuto connettivo osseo e la sintesi dell'emoglobina (Cu), la sintesi della vitamina B12 (Co) e altre funzioni endocrino-metaboliche tutt'oggi ancora oggetto di studio. L'assunzione eccessiva e prolungata di tali sostanze, invece, può provocare danni molteplici a tessuti ed organi.

L'avvelenamento da zinco, ad esempio, si manifesta con disturbi al sistema nervoso centrale, anemia, febbre e pancreatite.

Il rame, invece, produce alterazioni della sintesi di emoglobina e del tessuto connettivo osseo oltre a promuovere epatiti, cirrosi e danni renali.

L'intossicazione da cobalto provoca un blocco della captazione dello iodio a livello tiroideo con conseguente gozzo da ipotiroidismo, alterazioni delle fibre muscolari cardiache e disturbi neurologici.

Cromo e nichel, infine, sono responsabili, in soggetti predisposti, di dermatiti da contatto e di cancro polmonare.

L'enfisema polmonare (per deficit di α 1antitripsina) è la principale manifestazione dell'intossicazione cronica da cadmio cui generalmente si accompagnano danni ai tubuli renali e osteomalacia.

Sia il piombo, che il mercurio e l'arsenico, inoltre, sono responsabili di numerose alterazioni organiche. L'avvelenamento cronico da piombo (saturnismo), ad esempio, è responsabile di anemia emolitica e danni neurologici. Il rischio di intossicazione da piombo è particolarmente grave nei bambini ed è determinato dal danno subclinico (piombemia < 25 mg/dl) con misconoscimento dello stato di intossicazione che può condurre a gravi alterazioni della crasi ematica e a grave ritardo mentale.

Di seguito si riportano informazioni sul piombo, in quanto è attualmente l'unico metallo ad avere dei limiti normativi:

- Il **PIOMBO** è un metallo pesante che si presenta in natura, sia come composti inorganici che organici. Le concentrazioni di piombo nell'aria nelle zone industriali e nelle aree urbane con alta densità di traffico sono diminuite costantemente in questi ultimi 15 anni, vista la riduzione delle emissioni industriali, del tenore in piombo della benzina ed i sistemi di raccolta e riciclaggio delle batterie delle auto.

Tuttavia, viene ancora utilizzato in medicina, nelle industrie siderurgiche ed in quelle delle vernici speciali. Il tempo di soggiorno delle particelle di Pb nell'aria varia secondo un certo numero di fattori, quali la dimensione delle particelle, le correnti del vento, la pioggia e l'altezza di emissione ecc. (*Air Quality Guidelines for Europe 2000*)

Danni alla salute

Circa il 30-50% di Pb inalato è trattenuto nell'apparato respiratorio dove viene assorbito nel corpo.

Le particelle più grandi si depositano principalmente nelle vie respiratorie superiori con assorbimento incompleto.

Quelle comprese tra 1-3 μm si depositano efficientemente nei polmoni e possono entrare nel circolo ematico sino ad accumularsi nel tratto gastrointestinale.

I gruppi della popolazione più a rischio di esposizione sono i bambini di età inferiore a 6 anni e le donne in stato di gravidanza. I bambini infatti hanno caratteristiche comportamentali (attività esterna, minore preoccupazione per le circostanze igieniche...) che aumentano il rischio di esposizione al piombo (a volte fino allo 80% in più); inoltre, a parità di piombo introdotto, la massa corporea rispetto agli adulti è inferiore e quindi il carico corporeo di piombo è relativamente maggiore.

Infine la barriera ematomeningeale dei bambini in età prescolastica non è ancora completamente sviluppata e gli effetti neurologici ed ematologici del piombo si presentano ad una soglia minore di quella degli adulti.

Nelle donne in stato di gravidanza può attraversare la placenta ed aumentare il rischio di esposizione del feto.

Il Piombo ha effetti notevoli sul sistema enzimatico in quanto inattiva alcuni enzimi legandosi alle proteine o sostituendosi agli altri ioni metallici essenziali. Per questo motivo è stata documentata una vasta gamma di effetti biologici da piombo, come gli effetti sulla biosintesi proteica, sul sistema nervoso, sui reni, sulla riproduzione, sul sistema cardiovascolare, epatico, endocrino e gastrointestinale. Nelle esposizioni protratte al piombo a basso livello gli effetti più critici sono quelli sulla biosintesi proteica, sulla eritropoiesi, sul rene, sul sistema nervoso e sulla pressione sanguigna.

Analisi della campagna 2003

I valori di concentrazione dei metalli misurati rientrano nell'ambito medio di un'area urbana o addirittura di un'area remota (vedi il cadmio), come si può dedurre dal confronto con i valori di riferimento indicati dalla Organizzazione Mondiale della Sanità (O.M.S.) per alcuni di questi (tabella).

	<i>Aree Urbana</i>		<i>Aree Industriale</i>		<i>Aree Remote</i>	
	minimo	max	minimo	max	Minimo	max
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Cadmio	0,001	0,05	0,001	0,1	0,0001	0,001
Cromo	0,004	0,07	0,005	0,2	0	0,003
Piombo	0,500	3			0,1	0,3
Manganese	0,010	0,07	0,2	0,3	0,01	0,03
Nichel	0,003	0,1	0,008	0,2	0,0001	0,001

Linee Guida 2000

METALLI: valori medi

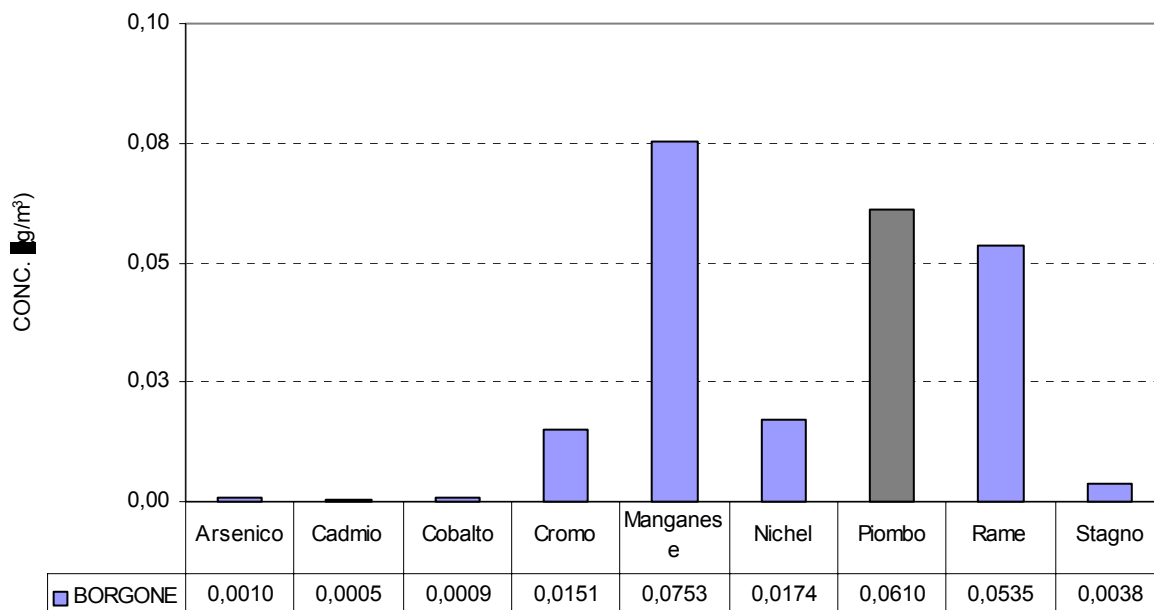


Grafico 7: concentrazioni medie metalli relativi la periodo della campagna

Il D.M.60 del 2/4/2002 prevede per il piombo un valore limite annuale per la protezione della salute umana di $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentrazione riscontrata per il periodo della campagna è pari a $0.0610 \mu\text{g}/\text{m}^3$, di gran lunga inferiore al valore limite. Tale risultato, seppur relativo ad un arco temporale non coerente con quello del limite, è del tutto positivo ed inoltre confrontabile con la media annuale di piombo della stazione fissa di via Torino relativa all'anno 2002 pari a $0.0290 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI

Gli idrocarburi policiclici aromatici, noti come IPA (in inglese PAH), sono un grande gruppo di composti organici con due o più anelli aromatici fusi. Hanno una solubilità relativamente bassa in acqua e sono altamente lipofili.

Le sorgenti principali degli IPA presenti nell'aria atmosferica sono i processi di combustione degli autoveicoli e del riscaldamento domestico per combustibili differenti dal metano. Per quanto riguarda i processi di combustione degli autoveicoli, i motori a benzina senza catalizzatore (specie quelli dei motorini a due tempi) e quelli a ciclo diesel presentano concentrazioni di emissione sovrapponibili e piuttosto elevate; la presenza della marmitta catalitica nei veicoli a benzina riduce del 90% le concentrazioni di BaP (benzo(a)pirene) nei gas di scarico.

Gli IPA nelle emissioni veicolari possono avere origine da composti già presenti nel carburante, da neoformazione durante la combustione, da perdite di oli lubrificanti. E' importante ricordare che la quantità di IPA emessi aumenta con il contenuto di idrocarburi aromatici nel carburante, sia benzina che gasolio. La ripartizione degli IPA tra fase volatile e fase particellare, nei gas di scarico, dipende anche dalla tipologia veicolare: nelle emissioni dei veicoli a benzina e gli IPA più leggeri sono associati principalmente alla fase vapore; nelle emissioni di veicoli diesel, dove si riscontra una più alta percentuale di materiale particellare, gli IPA sono invece soprattutto legati alle particelle.

Nel campo del riscaldamento domestico la sostituzione del carbone con il gasolio o, meglio ancora, con il metano ha ridotto drasticamente l'emissione di IPA.

Alcuni tipi di insediamenti industriali presenti nelle aree urbana, o suburbane, possono dare origine ad emissioni quantitativamente importanti. Anche il fumo prodotto dal tabacco, in ambienti confinati, è un'importante fonte di inquinamento da IPA.

La maggior parte degli IPA con una bassa volatilità sono adsorbiti sul particolato dove possono subire la fotodecomposizione da parte della componente ultravioletta della radiazione solare. Nell'atmosfera, gli IPA possono reagire con le sostanze inquinanti quali ozono, ossidi d'azoto e biossido di zolfo.

Nelle varie città il cosiddetto "profilo degli IPA" (rapporto quantitativo dei singoli IPA sul

totale degli IPA presenti nell'aria di una città) è costante nel tempo e quindi permette di utilizzare il benzo(a)pirene (BaP), sicuramente il più studiato, come indicatore di esposizione all'intera classe degli IPA.

Le concentrazioni atmosferiche di IPA nelle città presentano un'elevata variabilità stagionale. In Italia sono state rilevate concentrazioni medie mensili 10 volte superiori in inverno rispetto all'estate. Per tale motivo è necessario utilizzare le concentrazioni medie annuali per stimare sul lungo periodo l'esposizione individuale.

In merito alla tossicità, si devono considerare altri IPA presenti nelle emissioni veicolari: il benzo(e)pirene, il benzo(a)antracene, l'indenopirene. A titolo informativo questi ultimi tre composti sono stati recentemente proposti quali "IPA cancerogeni" dall'Istituto Superiore di Sanità, ai fini di una stima del rischio sanitario di esposizione umana, insieme ai seguenti altri IPA: benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(j)fluorantene, dibenzo(a,h)antracene (*Rapporto ISTISAN n° 91/27, 1991*). Ciò in quanto detti composti sono stati classificati, nel 1987, quali probabili e possibili cancerogeni per l'uomo, secondo lo I.A.R.C. (*International Association for Cancer Research*), e contemporaneamente sono i più frequenti e i più abbondanti tra gli IPA presenti nell'ambiente.

La Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale ha raccomandato un valore guida di 1 ng/m^3 per la concentrazione media annuale di BaP, misurata nei luoghi a più alto inquinamento. Tale raccomandazione è stata in seguito recepita nella legislazione italiana con il DM 25/11/94. La commissione ha stimato che ad un'esposizione media annua di BaP compresa tra 0,1 e 2 ng/m^3 sarebbe attribuibile una proporzione di tumori polmonari variabile tra lo 0,003 e il 0,1% rispetto a tutti i tumori polmonari diagnosticati in Italia.

Per quanto riguarda la dinamica di movimento degli IPA nell'ambiente, si può dire che nel caso delle combustioni veicolari si verifica una veloce condensazione degli IPA gassosi ed una rapida sedimentazione della fase particellare. Di conseguenza le aree interessate dalla diffusione e dalla deposizione di tali composti sono teoricamente abbastanza limitate, rispetto all'asse stradale. Inoltre le condizioni meteorologiche agiscono evidentemente sulla distribuzione soprattutto il vento, che può trasportare il particolato anche a grandi distanze, e la pioggia, che favorisce al contrario la ricaduta al suolo.

Danni alla Salute

L'assorbimento IPA è di tipo liposolubile ed avviene principalmente tramite il polmone, e la pelle dei mammiferi. Secondo i più recenti studi i composti policiclici aromatici presentano caratteristiche di tossicità ed attività cancerogena.

In particolare, si hanno prove della cancerogenità del benzo(a)pirene visto che esperimenti in vitro hanno dimostrato la sua citotossicità sulle cellule dei polmoni degli animali da laboratorio e degli esseri umani, dove sono causa dell'insorgenza di forme iperplastiche. Anche gli esperimenti in vivo, effettuati in laboratorio, hanno evidenziato numerosi casi di riduzione dei leucociti nel sangue e di depressione del midollo osseo con distruzione quasi completa delle cellule emopoietiche. Secondo stime dell'WHO-OMS nove persone su centomila, esposte ad una concentrazione di 1 ng/m^3 di benzo(a)pirene, sono a rischio di contrarre il cancro.

Tali dati, sebbene limitati, presuppongono una correlazione tra il grado di immunosoppressività e la potenza cancerogena degli IPA.

Analisi della campagna 2003

Le concentrazioni degli IPA ritrovate in questa campagna sono risultate inferiori 1 ng/m^3 per l'unico composto richiamato nella norma, ossia il benzo(a)pirene, che ha presentato un valore medio di 0.46 ng/m^3 .

Il valore dell'obiettivo di qualità previsto dal DM 25/11/94 è pari ad 1 ng/m^3 come media dell'intero anno.

Naturalmente il confronto risulta essere del tutto indicativo poiché riferito solo ad un mese e non all'anno civile. Inoltre il periodo considerato è generalmente caratterizzato da concentrazioni di IPA più basse rispetto ai mesi invernali.

**IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI:
valori medi relativi al periodo della campagna**

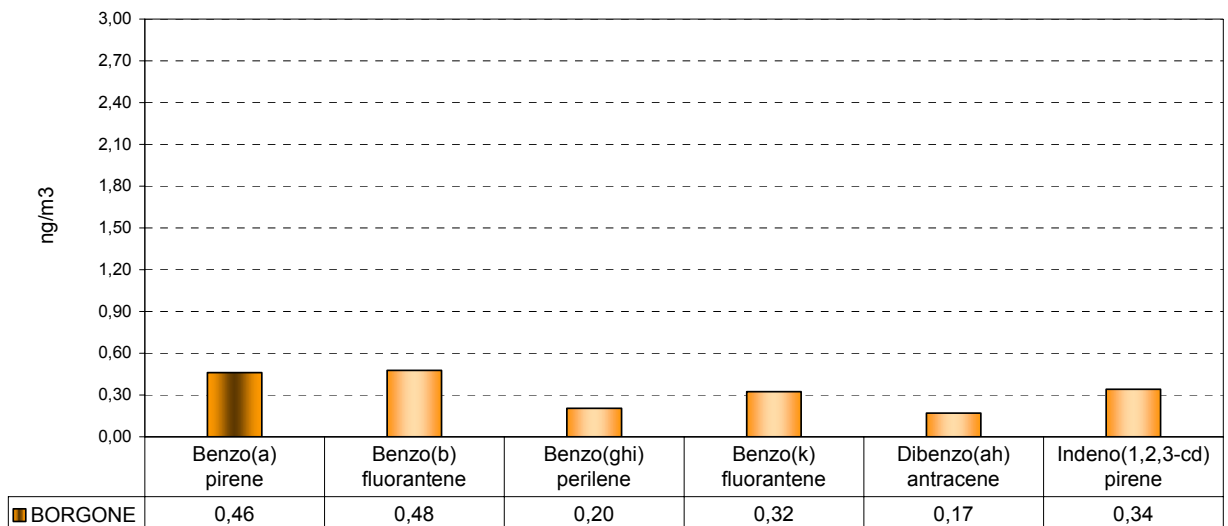


Grafico 8: concentrazioni medie di Idrocarburi Policiclici Aromatici

ELABORAZIONE DATI METEOCLIMATICI

Si riportano nelle pagine seguenti le elaborazioni e i grafici dei dati meteo climatici registrati dalla centrale meteorologica presente sul laboratorio mobile nel periodo in cui si è stata effettuata la campagna.

Tabella 7: Valutazione statistica dei parametri meteorologici relativi al rilevamento eseguito nel periodo della campagna

Parametro	Temperatura aria (°C)	Umidità relativa aria (%)
Media oraria massima	20.2	95
Media giornaliera minima	4.6	32
Media giornaliera media	9.9	57
Media giornaliera massima	15.8	85
Percentuale dati validi	100	100

Parametro	Velocità vento (m/s)	Radiazione solare globale (W/m²)	Pressione atmosferica (mbar)
Media oraria massima	9.9	843	971
Media giornaliera minima	0.4	60	938
Media giornaliera media	1.4	179	954
Media giornaliera massima	3.4	252	968
Percentuale dati validi	100	100	100

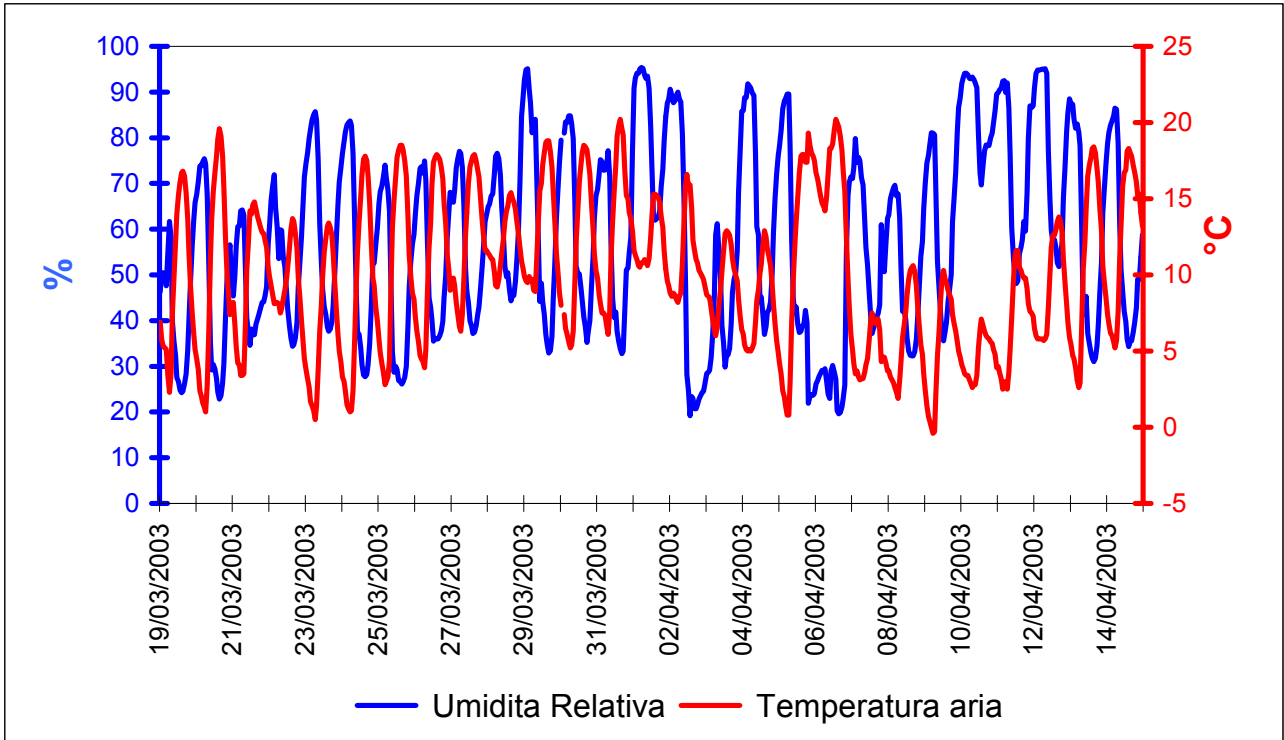


Grafico 9: confronto tra temperatura e umidità relativa

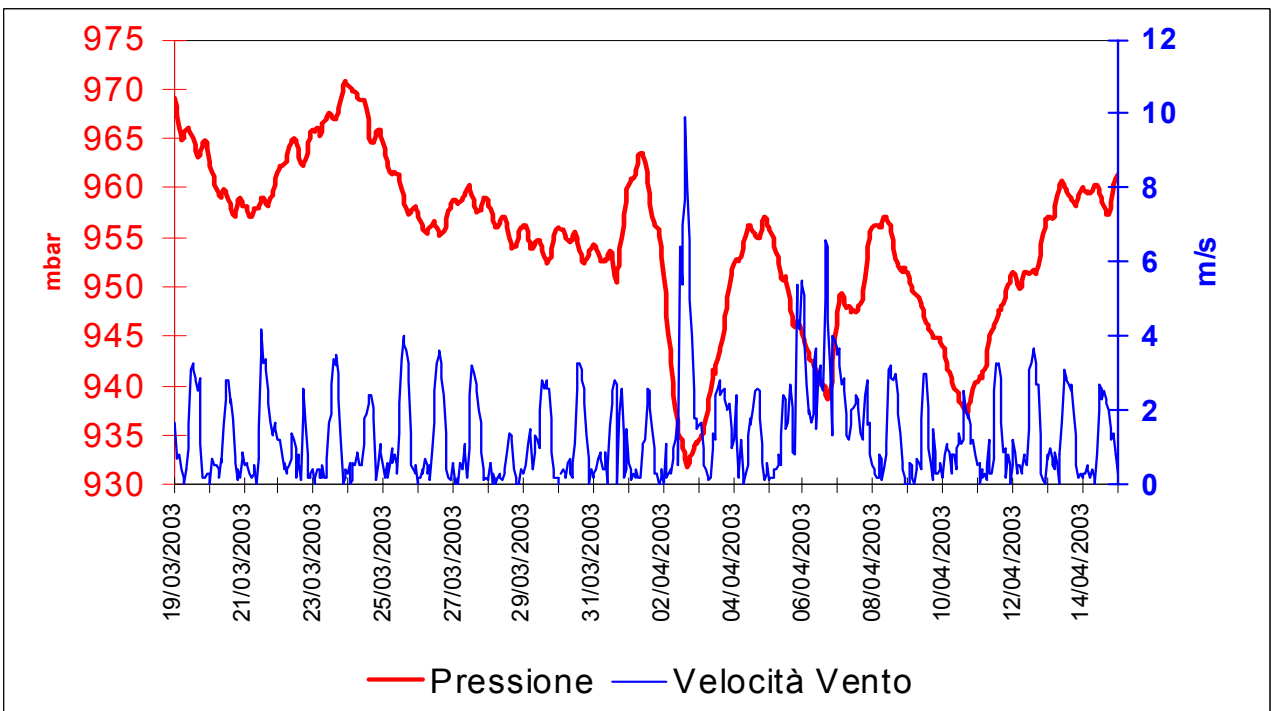


Grafico 10: confronto tra pressione atmosferica e velocità del vento.

CONCLUSIONI

Dall'analisi dei dati misurati nella recente campagna, alla luce delle considerazioni fatte precedentemente in queste pagine, si può ragionevolmente sostenere che lo stato della qualità dell'aria nel sito oggetto dell'indagine, Comune di Borgone di Susa, non sia sostanzialmente differente da quello misurato su altri assi viari nella provincia.

In particolare per il monossido di carbonio ed il biossido di zolfo sono stati misurati valori decisamente bassi. Purtroppo non si può estendere questa considerazione se si osservano i valori relativi al biossido di azoto, al PM₁₀ e all'ozono.

Per il biossido di azoto ed PM₁₀ i valori misurati non sono trascurabili, considerato il periodo preso in considerazione, e non pare facile intervenire sulle numerose fonti primarie in questo caso verosimilmente da individuare nel trasporto su strada.

Tale problema si riscontra sul territorio metropolitano, o comunque nei siti caratterizzati da elevati volumi di traffico, e solo in contesti rurali e relativamente remoti la situazione presenta dei valori nettamente migliori.

Invece per quanto riguarda l'ozono la sua origine secondaria comporta interventi energici su tutte le fonti di emissioni dei precursori, almeno su scala regionale, senza che questo peraltro escluda che comportamenti virtuosi siano adottati da amministrazioni locali.

Componente di Tematismo
"Qualità dell'aria"
Dr. Loretta Badan

Il Responsabile di Tematismo
"Qualità dell'aria"
Dr. Mauro Maria Grosa