

INQUINAMENTO ATMOSFERICO E SALUTE

ANALISI DI UN QUINQUENNIO NELLA
PROVINCIA DI BOLZANO
2000-2004

Südtiroler
Sanitätsbetrieb



Azienda Sanitaria
dell'Alto Adige

Azienda Sanitera de Sudtirol

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

PROVINCIA AUTONOMA DE BULSAN - SÜDTIROL

Publicazione a cura di:



Provincia autonoma di Bolzano
Assessorato alla Sanità e alle Politiche Sociali



Azienda Sanitaria dell'Alto Adige
Comprensorio Sanitario di Bolzano
Servizio Igiene e Sanità Pubblica
Sezione aziendale di Medicina ambientale

In collaborazione con:



Comprensorio Sanitario di Merano
Comprensorio Sanitario di Bressanone
Comprensorio Sanitario di Brunico
Registro Tumori dell'Alto Adige



APPA- Agenzia Provinciale per l'Ambiente



Ufficio idrografico Provinciale



Dipartimento di patologia e medicina sperimentale
e clinica dell'Università di Udine

Elenco nominativo autori:

Lino Wegher	Sezione aziendale di Medicina Ambientale
Fabio Barbone	Cattedra di Igiene ed Epidemiologia Udine
Luigi Minach	Agenzia Provinciale per l'Ambiente

Finanziamento stampa:



"The Project has received European Regional Development Funding through the Interreg III B Community Initiative"

Foto copertina:

L. Wegher



Karo Druck SAS

Stampato nel dicembre 2007

Presentazione



Care lettrici e cari lettori,

l'emissione in aria di sostanze inquinanti e polveri sottili dalle industrie, dal traffico e dagli impianti di riscaldamento può danneggiare la salute. La Giunta Provinciale anche su questo tema vuole intraprendere ogni possibile iniziativa al fine di tutelare e garantire la salute della popolazione. Presso l'Azienda Sanitaria è stata istituita la Sezione di Medicina Ambientale, alla quale è affidato il compito di programmare e condurre studi epidemiologici ambientali e di formulare raccomandazioni a favore della

popolazione. Quanto emerso dalla ricerca su quali effetti abbia l'inquinamento dell'aria viene presentato proprio in questo opuscolo. La Sezione Medicina Ambientale, diretta dal Dr. Lino Wegher, ha cercato le relazioni esistenti fra l'andamento delle concentrazioni degli inquinanti presenti nell'aria e i possibili effetti sulla salute della popolazione esposta.

Dallo studio relativo a 5 anni, dal 2000 al 2004, è emerso che con il peggioramento della qualità dell'aria aumenta il numero dei ricoveri per le patologie cardiovascolari e respiratorie.

Disporre di dati attendibili specifici relativi alla nostra Provincia e ottenuti su lunghi periodi è indispensabile per attuare una politica mirata contro l'inquinamento dell'aria, in quanto si dispone di chiari elementi relativi agli effetti dannosi che le sostanze inquinanti causano alla salute pubblica; e proprio questo studio fornisce la documentazione necessaria.

Ringrazio quindi il Dr. Lino Wegher e tutti coloro che hanno contribuito alla realizzazione dello studio per il loro impegno, e la Commissione Europea, che con il finanziamento del progetto Interreg IIIB „Vianova“ (www.eu-vianova.net) ha in particolar modo sostenuto la concezione e la divulgazione dello studio.

Mi auguro, che questo studio possa contribuire a modificare le nostre personali abitudini. Se ognuno di noi poi decide di andare a piedi o in bicicletta non utilizzando l'automobile, oppure dedica più attenzione all'ambiente, allora grazie a tutti questi comportamenti virtuosi si potrà raggiungere un grande risultato per l'ambiente a tutto beneficio della salute.

Dr. Richard Theiner

*Assessore alla Sanità
Provincia Autonoma di Bolzano*

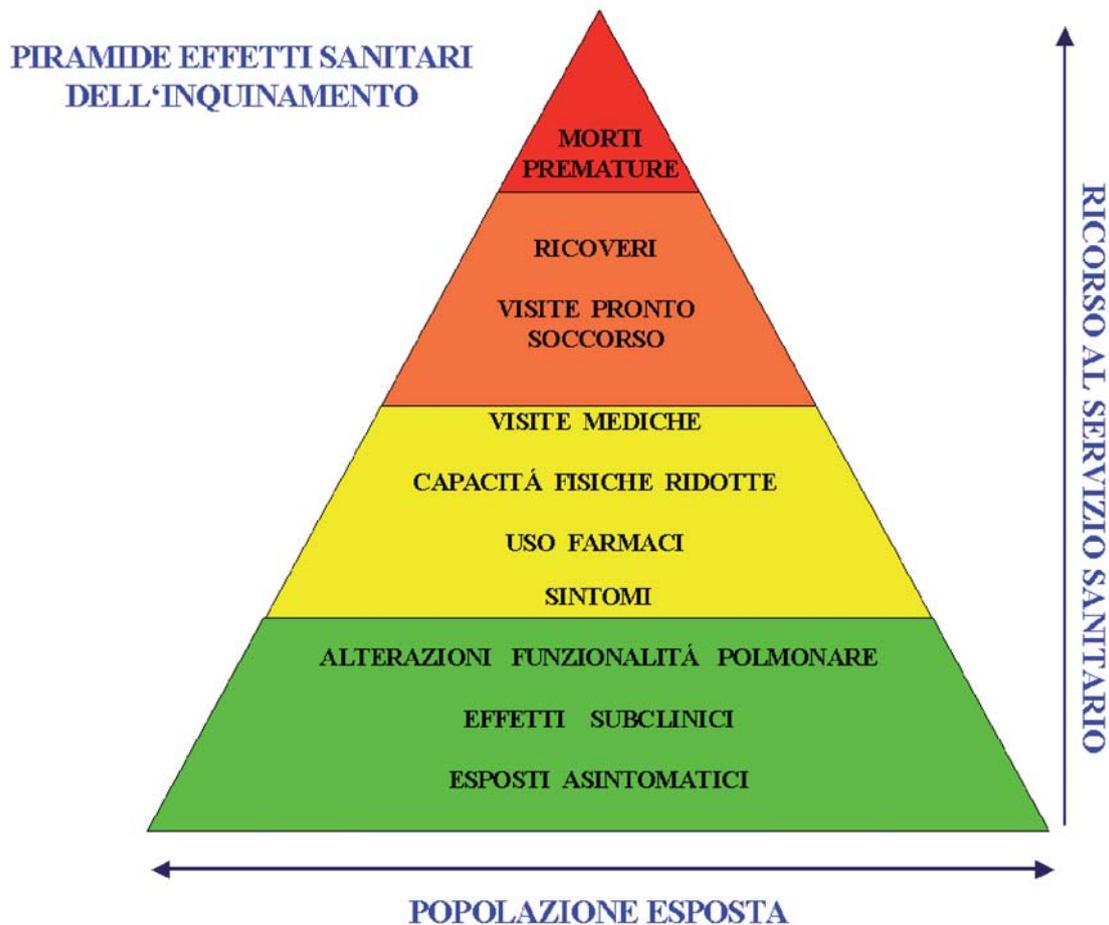
Indice

Introduzione.	5
Materiali e metodi	6
La situazione in Alto Adige	6
Dati ambientali	7
Dati sanitari	7
Inquinanti ed effetti.	9
Polveri (PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₁ ,...)	9
Effetti sulla salute da Particolato (PM)	11
Biossido di Azoto NO ₂	12
Effetti sulla salute da NO ₂	12
Monossido di Carbonio CO	13
Effetti sulla salute da CO	13
Ozono O ₃	14
Effetti sulla salute da O ₃	15
Risultati	16
Incrementi statisticamente significativi	16
Ricoveri attribuibili	17
Conclusioni.	18

Introduzione

Recenti studi scientifici, condotti in Nord America, Europa ed Italia, indicano che l'inquinamento dell'aria urbana, che deriva principalmente da diversi fonti di combustione, causa una serie di effetti sulla salute che vanno dalla irritazione degli occhi alla morte.

Gli effetti acuti a breve termine dell'inquinamento atmosferico possono essere illustrati da una piramide. Alla base abbiamo gli effetti più lievi, che possono interessare la maggior parte degli esposti. Man mano che ci avviciniamo al vertice compaiono gli effetti più gravi, che colpiscono solo una percentuale più piccola degli esposti, quella che abbiamo studiato.



L'impatto sulla salute pubblica viene quindi studiato e quantificato e i risultati diventano una componente critica nelle discussioni politiche di sviluppo e di controlli dell'inquinamento.

Lo studio condotto nella Provincia di Bolzano ha considerato tutti gli eventi sanitari accorsi ai residenti di 6 comuni, per un totale di 173 mila abitanti, negli anni 2000-2004.

Sono stati analizzati tutti i decessi per cause naturali e all'interno di questo gruppo i decessi per cause respiratorie e cardiache. Per quanto riguarda i ricoveri sono stati selezionati tutti quelli non programmati per le cause respiratorie, cardiache e cerebrovascolari.

I dati raccolti sono stati messi in correlazione con le concentrazioni dei principali inquinanti misurati nei rispettivi Comuni, e per ognuno di questi inquinanti sono stati calcolati i ricoveri e casi di morte attribuibili.

Il risultato è in linea con quelli di studi simili effettuati in Europa ed è la base per tutte le contromisure predisposte dall'amministrazione Provinciale e dai singoli Comuni volte a ridurre l'inquinamento dell'aria.

Materiali e metodi

La situazione in Alto Adige

Dal punto di vista geomorfologico la situazione in Alto Adige è piuttosto sfavorevole; il posizionamento delle maggiori città nelle conche e la frequente situazione di inversione termica concorrono a ridurre il ricambio d'aria e favorire un ristagno degli inquinanti atmosferici.

Inversioni termiche e l'assenza di vento causano soprattutto nei mesi invernali un insufficiente diluizione degli inquinanti in aria.

In tutte le città Alto Atesine troviamo degli andamenti stagionali caratteristici con alte concentrazioni di ossidi di azoto (NO_x , NO_2), polveri (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, ...), monossido di carbonio (CO), benzene, etc. nei mesi invernali mentre nei mesi estivi troviamo delle concentrazioni molto più basse.

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto e le polveri sottili possiamo osservare regolarmente dei superamenti dei limiti:

L' NO_2 supera in alcuni casi la media annuale di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le polveri PM_{10} invece il numero di superamenti annuali (35/anno) del limite dei $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. È da notare che le zone dove registriamo i superamenti coprono solo il 2,7% della superficie della Provincia, sulla quale però contiamo il 45% dell'intera popolazione. Le fonti principali di questi inquinanti sono il traffico ed il riscaldamento; l'attività industriale, ad eccezione della realtà bolzanina, non ha un ruolo fondamentale. Per quanto riguarda il CO e l' SO_2 troviamo dei valori molto al di sotto di limiti di legge. Analogamente per il benzene abbiamo negli ultimi anni delle medie annuali sempre al di sotto del limite dei $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nei mesi estivi aumentano le concentrazioni di ozono. Questo si forma dall'inquinante precursore NO_2 , in presenza di un forte irraggiamento solare (reazione fotochimica) e di alte temperature. Il problema ozono lo troviamo principalmente a sud della conca di Bolzano e negli altipiani confinanti (come Renon, Alpe di Siusi), dove troviamo nel periodo tra giugno ed agosto e nelle ore del tardo pomeriggio (a fondovalle) o nelle ore notturne (in altitudine) dei momentanei superamenti del livello di attenzione di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Di conseguenza ai frequenti superamenti delle polveri PM_{10} nei mesi invernali sono state introdotte delle contromisure nelle principali città, tra cui il divieto di circolazione per le automobili più vecchie (Euro 0 und 1) e per quelle alimentate a gasolio senza filtro antiparticolato. Nel caso ci siano superamenti dei limiti più duraturi sono previste delle restrizioni per il riscaldamento domestico (a legna). Queste contromisure sono frutto di un gruppo di lavoro, coordinato dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente, tra cui figura la Sezione di Medicina Ambientale, la Ripartizione Mobilità, le Associazioni degli operatori economici, e 16 Comuni, nei quali sono stati registrati dei superamenti; ogni singola contromisura è parte di un programma più ampio chiamato "Missione aria pulita".

Questi provvedimenti si orientano secondo il principio di causalità e sono riassunti in piani pluriennali (2006 - 2010). Si distingue tra misure preventive ed un piano d'azione più severo, che viene attuato dopo un superamento dei limiti di attenzione per più giorni, nonostante le misure preventive fossero in atto. Nel piano di azione pluriennale i provvedimenti diventano più restrittivi da anno in anno.

Per ulteriori informazioni vedi http://www.provincia.bz.it/guteluft/index_i.asp.



Immagine 1: inversione termica in Val Venosta

Dati ambientali

Per i loro effetti dannosi sulla salute umana, il biossido di azoto (NO_2), il monossido di carbonio (CO), l'anidride solforosa (SO_2) e l'ozono (O_3) sono i marker principali per valutare la qualità dell'aria. In questo studio sono stati valutati gli effetti di questi indicatori e i risultati sono confrontabili con altri studi condotti su scala internazionale.

Nel periodo tra il 2000 e il 2004 sono stati raccolti i dati degli inquinanti delle centraline di monitoraggio dell'aria dei Comuni di Bolzano, Merano, Bressanone, Brunico, Vipiteno e Laces e di seguito sono stati ricercati i loro effetti sulla salute umana. La popolazione totale dei Comuni monitorati è di 172.595 persone.

Dopo l'introduzione del gasolio e del metano per il riscaldamento, entrambi poveri di zolfo, le concentrazioni di SO_2 sono scese drasticamente e i valori misurabili sono al limite della rilevabilità delle apparecchiature; è stato quindi deciso di non effettuare la valutazione degli effetti di questo inquinante.

I valori delle concentrazioni giornaliere degli inquinanti provengono dalle reti di monitoraggio della qualità dell'aria dell'Agenzia Provinciale per l'Ambiente, i dati climatici giornalieri sono stati forniti dalle centraline della rete di monitoraggio dei parametri meteo dell'Ufficio idrografico provinciale.



Immagine 2: centralina di monitoraggio dell'Appa

Dati sanitari

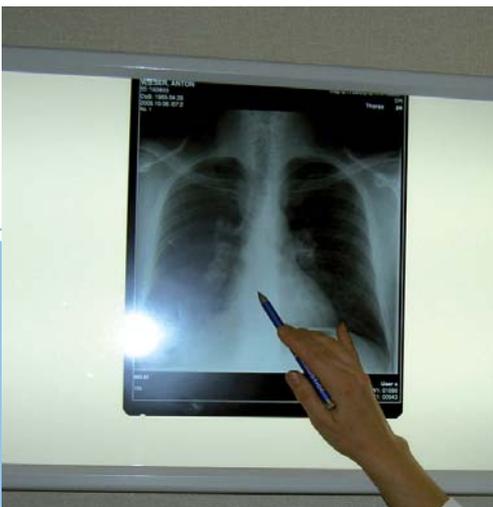


Immagine 3: ogni ricovero per cause respiratorie è stato incluso nello studio

Il Registro tumori ha reso disponibile i dati di mortalità. Dai Compensori Sanitari sono stati forniti sotto forma di Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO) i dati relativi ai ricoveri.

I decessi sono stati considerati in base alla codifica della 9^o revisione della classificazione internazionale delle malattie e cause di morte (ICD-9). Nello studio sono stati considerati:

- i decessi per tutte le cause naturali, per cause respiratorie e per cause cardiovascolari;
- i ricoveri ospedalieri non programmati per cause respiratorie, cardiache e cerebrovascolari.

Tutti i dati sanitari sono inoltre stati disaggregati nelle seguenti classi di età: 0-64, 65-74 e da 75 in su.

Le frequenze giornaliere dei ricoveri sono state fornite dai vari Compensori Sanitari Provinciali e sono state incluse nell'analisi in base alla diagnosi principale riportata nella scheda.

Ricoveri e decessi suddivisi per classi di età e diagnosi, raccolti durante il periodo di studio 2000 - 2004 nei Comuni interessati.

BOLZANO - BRESSANONE - MERANO 2000-2004						
CLASSI D'ETÀ	DECESSI per cause					
	naturali		cardiache		respiratorie	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
0-64	899	13,6	188	6,6	28	5,2
65-74	1188	17,9	353	12,3	66	12,4
75+	4546	68,5	2322	81,1	440	82,4
totale	6633	100,0	2863	100,0	534	100,0
n° medio giornaliero	3,6		1,6		0,3	
CLASSI D'ETÀ	RICOVERI per cause					
	cardiache		respiratorie		cerebrovascolari	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
0-64	1543	20,5	2176	40,3	361	14,1
65-74	1718	22,9	857	15,9	519	20,3
75+	4257	56,6	2367	43,8	1677	65,6
totale	7518	100,0	5400	100,0	2557	100,0
n° medio giornaliero	4,1		3,0		1,4	

LACES 2000-2004 DECESSI per cause						
CLASSI D'ETÀ	naturali		cardiache		respiratorie	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
	0-64	28	16,5	8	10,4	2
65-74	28	16,5	9	11,7	1	10
75+	114	67,0	60	77,9	7	70
totale	170	100	77	100	10	100
n° medio giornaliero	0,1		0,04		0,005	
CLASSI D'ETÀ	RICOVERI per cause					
	cardiache		respiratorie		cerebrovascolari	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
0-64	29	20,0	57	39,9	32	33,0
65-74	52	35,9	28	19,5	21	21,6
75+	64	44,1	58	40,6	44	45,4
totale	145	100	143	100	97	100
n° medio giornaliero	0,08		0,08		0,05	

MERANO 2000-2004 DECESSI per cause						
CLASSI D'ETÀ	naturali		cardiache		respiratorie	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
	0-64	210	13,0	46	6,5	3
65-74	284	17,5	80	11,2	7	6,2
75+	1126	69,5	587	82,3	103	91,2
totale	1620	100,0	713	100,0	113	100,0
n° medio giornaliero	0,9		0,4		0,06	
CLASSI D'ETÀ	RICOVERI per cause					
	cardiache		respiratorie		cerebrovascolari	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
0-64	183	19,3	399	40,3	48	12,3
65-74	190	20,0	173	17,5	86	22,0
75+	575	60,7	417	42,2	257	65,7
totale	948	100,0	989	100,0	391	100,0
n° medio giornaliero	0,5		0,5		0,2	

BRESSANONE 2000-2004 DECESSI per cause						
CLASSI D'ETÀ	naturali		cardiache		respiratorie	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
	0-64	94	13,2	24	7,1	3
65-74	129	18,1	39	11,5	9	18,0
75+	488	68,7	276	81,4	38	76,0
totale	711	100,0	339	100,0	50	100,0
n° medio giornaliero	0,4		0,2		0,03	
CLASSI D'ETÀ	RICOVERI per cause					
	cardiache		respiratorie		cerebrovascolari	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
0-64	128	20,6	302	51,9	24	13,0
65-74	179	28,9	69	11,9	27	14,6
75+	313	50,5	211	36,2	134	72,4
totale	620	100,0	582	100,0	185	100,0
n° medio giornaliero	0,3		0,3		0,1	

BRUNICO 2000-2004 DECESSI per cause						
CLASSI D'ETÀ	naturali		cardiache		respiratorie	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
	0-64	62	13,9	13	6,9	1
65-74	71	16,0	23	12,1	9	19,6
75+	312	70,1	153	81,0	36	78,3
totale	445	100	189	100	46	100
n° medio giornaliero	0,2		0,1		0,03	
CLASSI D'ETÀ	RICOVERI per cause					
	cardiache		respiratorie		cerebrovascolari	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
0-64	97	32,1	173	47,2	43	33,9
65-74	74	24,5	68	18,5	27	21,3
75+	131	43,4	126	34,3	57	44,8
totale	302	100	367	100	127	100
n° medio giornaliero	0,2		0,2		0,1	

VIPITENO 2000-2004 DECESSI per cause						
CLASSI D'ETÀ	naturali		cardiache		respiratorie	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
	0-64	38	16,9	15	14,0	1
65-74	44	19,6	10	9,3	4	28,6
75+	143	63,5	82	76,7	9	64,3
totale	225	100	107	100	14	100
n° medio giornaliero	0,1		0,06		0,008	
CLASSI D'ETÀ	RICOVERI per cause					
	cardiache		respiratorie		cerebrovascolari	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
0-64	41	28,7	73	55,7	3	5,8
65-74	26	18,2	23	17,6	14	26,9
75+	76	53,1	35	26,7	35	67,3
totale	143	100	131	100	52	100
n° medio giornaliero	0,08		0,07		0,03	

BOLZANO 2000-2004 DECESSI per cause						
CLASSI D'ETÀ	naturali		cardiache		respiratorie	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
	0-64	595	13,8	118	6,5	22
65-74	775	18,0	234	12,9	50	13,5
75+	2932	68,2	1459	80,6	299	80,6
totale	4302	100,0	1811	100,0	371	100,0
n° medio giornaliero	2,4		1,0		0,2	
CLASSI D'ETÀ	RICOVERI per cause					
	cardiache		respiratorie		cerebrovascolari	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
0-64	1232	20,7	1475	38,5	289	14,6
65-74	1349	22,7	615	16,1	406	20,5
75+	3369	56,6	1739	45,4	1286	64,9
totale	5950	100,0	3829	100,0	1981	100,0
n° medio giornaliero	3,3		2,1		1,1	

Inquinanti ed effetti

Polveri (PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁,...)

In passato venivano misurate solamente le polveri totali, cioè tutte le particelle presenti in aria, indipendentemente dalle loro dimensioni, sia che potessero raggiungere i polmoni, sia che venissero bloccate già nel tratto naso-faringeo. A metà degli anni novanta, a seguito di direttive Europee, si decise di valutare le particelle che dal punto di vista sanitario sono più importanti, quelle che raggiungono i polmoni.

Tutte le particelle al di sotto dei 10 µm (= 0,01 mm) sono denominate inalabili, e vengono rappresentate con la sigla PM₁₀. Oggi si monitorano delle particelle ancora più piccole, come le PM_{2.5} o le PM₁, fino a quelle estremamente piccole, le PM_{0.05}, anche definite come nanoparticelle.

Le fonti delle PM₁₀ sono o naturali, come l'erosione del terreno, particelle sospese di sali marini, eruzioni vulcaniche, incendi, pollini oppure prodotte dall'uomo come quelle provenienti da motori a scoppio, impianti di riscaldamento, emissioni industriali, dalla abrasione di freni e gomme, cantieri, manto stradale, etc..



Immagine 4: incendio nella discarica Ischia-Frizzi nella notte dal 07-08/11/2007. In mattinata è stato misurato un picco di PM₁₀ nella conca bolzanina.

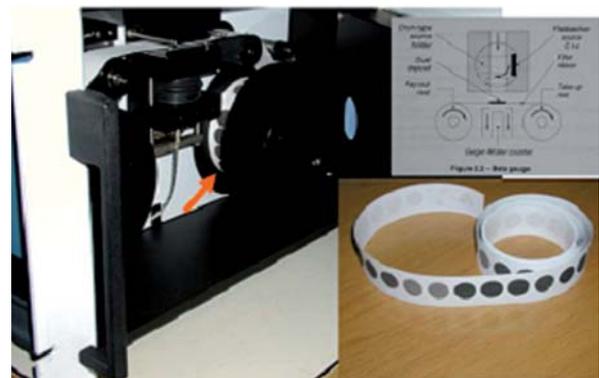


Immagine 5: strumento di misura per le PM₁₀. L'aria viene aspirata attraverso un filtro a passabanda. Le particelle vengono trattenute e a seconda dell'inquinamento si forma una macchia più o meno scura.

Le dimensioni delle particelle rivela la loro origine: particelle più grandi (PM₁₀ e maggiori) derivano da processi meccanici (erosione, abrasione); particelle piccole (PM_{2.5} o minori) soprattutto da processi di combustione. Durante la combustione di legna si formano maggiormente particelle piccole, sotto i PM_{2.5}, la fuliggine emessa dai diesel ha dimensioni di PM_{0.1}. A differenza di altri inquinanti, come l'NO₂ che ha le maggiori concentrazioni vicino alla sorgente (strada trafficata) le polveri sottili tendono a disperdersi omogeneamente.

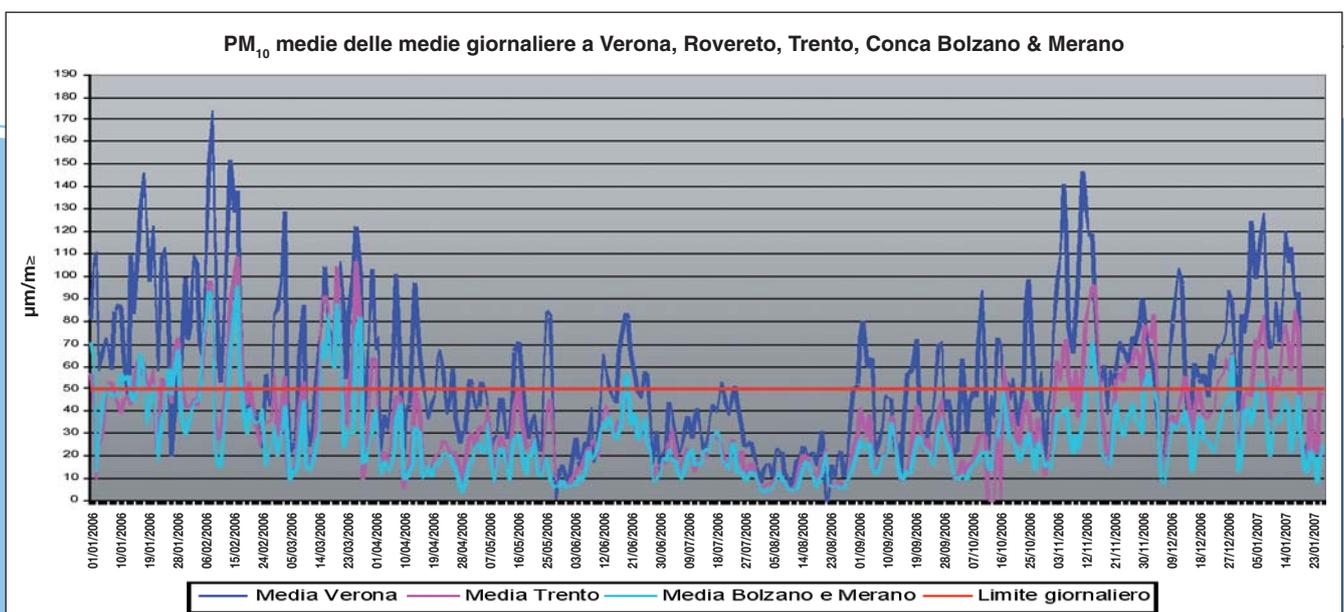


Diagramma 1 raffigura gli andamenti delle PM₁₀ giornaliere di tutto il 2006; più ci spostiamo verso sud e più aumentano le concentrazioni: turchese Bolzano e Merano, pink Trento e blu Verona.

Interessante è il confronto delle misurazioni effettuate in tutta la zona della bassa atesina, da Bolzano a Salerno: troviamo le stesse concentrazioni di PM_{10} indipendentemente dal fatto che il punto di misurazione sia in Piazza Adriano oppure in una zona senza traffico. Più a sud, verso Trento e Verona troviamo dei valori di PM_{10} ancora più alti, a causa dell'influenza della pianura padana. Confrontando diverse misurazioni effettuate ad altitudini differenti troviamo le concentrazioni più alte di PM_{10} a fondovalle, per esempio a Tirolo le concentrazioni sono molto più basse che a Merano.

Per abbassare le concentrazioni di PM_{10} i Comuni maggiori hanno adottato contromisure, tra cui le limitazioni al traffico. Questi provvedimenti sono stati criticati da molti automobilisti; l'argomento principale era che il traffico generasse minimamente polveri sottili. Questa affermazione è stata smentita da un confronto fra misurazioni delle concentrazioni di polveri e quantità di veicoli che transitano in Piazza Adriano: il risultato è incontestabile.

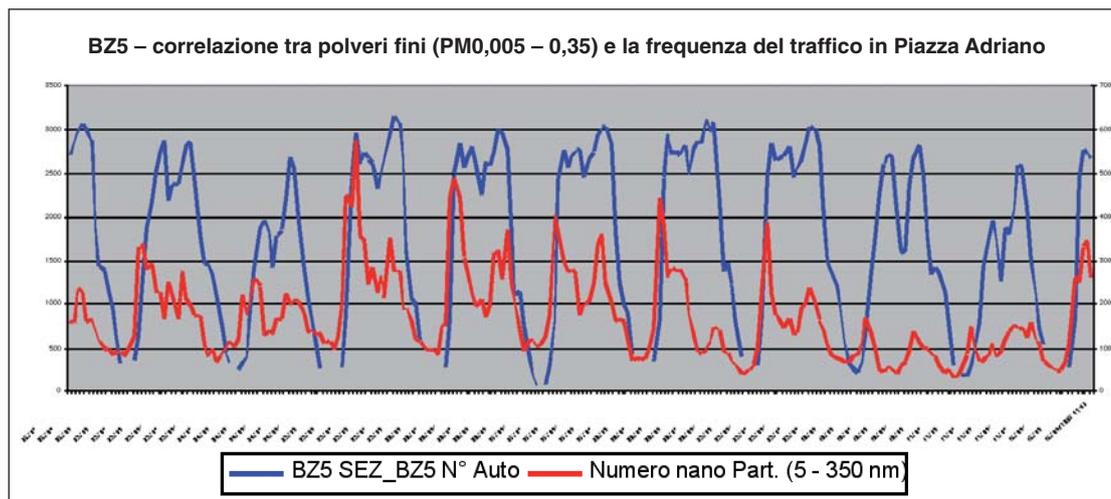


Diagramma 2 rappresenta la relazione tra frequenza di veicoli e concentrazione di polveri sottili misurati in Piazza Adriano a Bolzano. Quando aumenta il traffico durante il giorno crescono anche le concentrazioni di polveri fini.

Un'ulteriore prova sono i valori molto più bassi registrati durante i giorni festivi: di domenica si osserva una riduzione delle PM_{10} fino al 28%, degli ossidi di azoto addirittura del 50% rispetto ai giorni feriali. Negli ultimi anni abbiamo assistito ad un costante calo delle polveri fini, questo fenomeno è da ricondurre in gran parte a cambiamenti climatici, ma anche alle contromisure adottate in Alto Adige. Questo si può osservare attraverso una diminuzione maggiore per le PM_{10} che per le $PM_{2,5}$, che è da ricondurre alle limitazioni della circolazione di veicoli più vecchi, all'evoluzione dei motori a scoppio meno inquinanti.

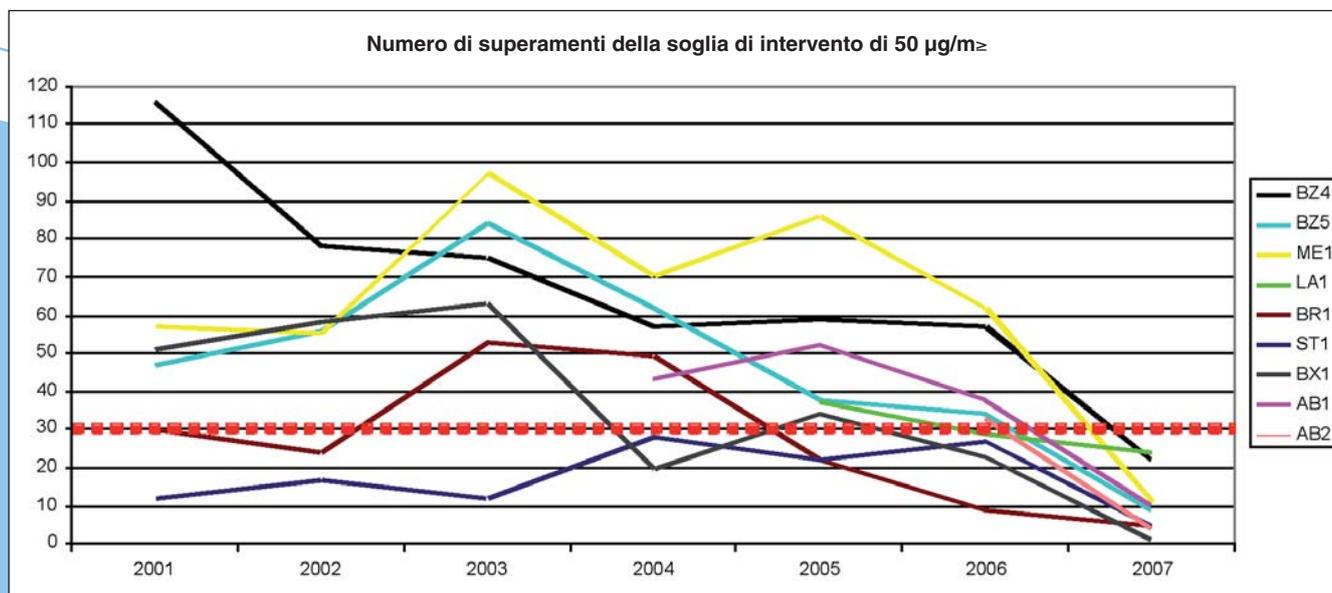


Diagramma 3 raffigura il numero di superamenti delle PM_{10} della soglia dei $50 \mu g/m^3$. L'UE ne permette 35, la Legge Provinciale invece 30. Nel 2007 non abbiamo superato questo numero per la prima volta, per motivi climatici e grazie alle contromisure adottate.

Effetti sulla salute da particolato

Al fine di valutare l'impatto del PM sulla salute umana è necessario considerare varie caratteristiche del PM, ed in particolare:

- la dimensione delle particelle (sono più dannose quelle più piccole che possono giungere più in profondità nell'albero respiratorio),
- la loro forma geometrica e le caratteristiche di superficie delle particelle,
- la numerosità,
- la composizione e l'acidità (metalli solubili, composti organici quali gli IPA).

Molti studi epidemiologici condotti su ampie popolazioni non sono stati in grado di identificare un valore soglia di PM ambientale al di sotto del quale non si evidenzino effetti sulla mortalità e morbosità. È probabile che, nell'ambito di un'ampia popolazione, vi sia anche un ampio range di suscettibilità, tanto che alcuni soggetti possano essere a rischio anche alle esposizioni più basse rilevate. Provoca infatti a livello dell'albero respiratorio varie modificazioni biomolecolari, determinando uno stato proinfiammatorio e facilitando le infezioni polmonari.

Molti studi scientifici hanno associato il PM, specialmente quello fine (da solo o in combinazione con altri inquinanti) con una serie di problemi sanitari, tra cui:

- la morte prematura;
- i ricoveri ospedalieri e le visite urgenti per problemi respiratori;
- l'aggravamento dell'asma;
- sintomi respiratori acuti, incluso l'aggravamento della tosse e la respirazione difficile e dolorosa;
- la bronchite cronica;
- il decremento della funzionalità respiratoria.

La prima fase dell'indagine svolta in Provincia dal 2000 al 2002, aveva come primo obiettivo lo studio degli effetti delle polveri sottili (PM_{10}) sulla salute nella popolazione del Comune di Bolzano.

È stato rilevato un chiaro collegamento tra l'aumento di polveri PM_{10} ed i ricoveri non programmati all'ospedale di Bolzano. Nel triennio 2000-2002 per i ricoveri per patologie respiratorie l'incremento percentuale è del 12% per la classe di età 65-74 anni e risulta essere statisticamente significativo (IC95%: 1,583; 24,407).

Nella città di Bolzano, per ogni anno del triennio considerato, si sarebbero potuti evitare 16 ricoveri (IC95%: 2; 28) per patologie respiratorie nella classe 65-74, passando dal valore medio del PM_{10} rilevato ($32,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) al valore raccomandato dall'Unione Europea, $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Andamento delle PM_{10} in relazione a ricoveri e decessi per cause respiratorie nella città di Bolzano durante il periodo di studio 2000 - 2004.

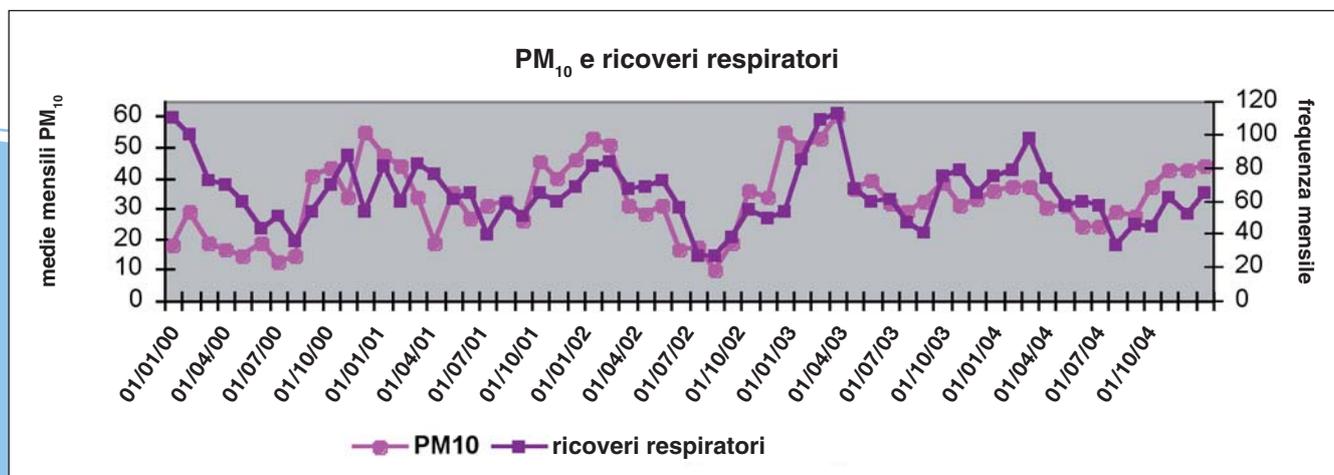


Diagramma 4 raffigura l'andamento delle PM_{10} e quello dei ricoveri per cause respiratorie 2000-2004

Biossido di Azoto (NO₂)

Ossidi di azoto si formano da processi di combustione ad alte temperature. La fonte principale è quindi il traffico veicolare, soprattutto quello dei camion. Le concentrazioni maggiori di NO₂ si misurano nelle immediate vicinanze di strade ad alto traffico. Appena ci si distanzia da queste (> 100m) i valori calano nettamente. Notevole è che il 35% di tutta la produzione di ossidi di azoto in Alto Adige deriva dall'autostrada del Brennero.



Immagine 6: il traffico è la fonte principale del NO₂

In futuro dovrebbero essere introdotte delle contromisure importanti anche per l'autostrada. Come rappresentato nel grafico, si può notare che i valori più alti di NO₂ sono stati rilevati da centraline poste a pochi metri dall'autostrada A22. Anche lungo strade molto trafficate a Bolzano (piazza Adriano) sono stati misurati dei valori sopra il limite. Nelle città minori dell'Alto Adige troviamo dei valori leggermente sotto dei limiti. La centralina posta sul Renon in mezzo ad un alpeggio registra dei valori di NO₂ appena sopra il limite di rilevabilità dell'apparecchio. Si può confermare che i valori diminuiscono chiaramente con l'aumentare della distanza dal traffico. Osservando gli andamenti dal 1991 si nota che a differenza delle PM₁₀ l'andamento del NO₂ è costante: questo inquinante è il problema del futuro.

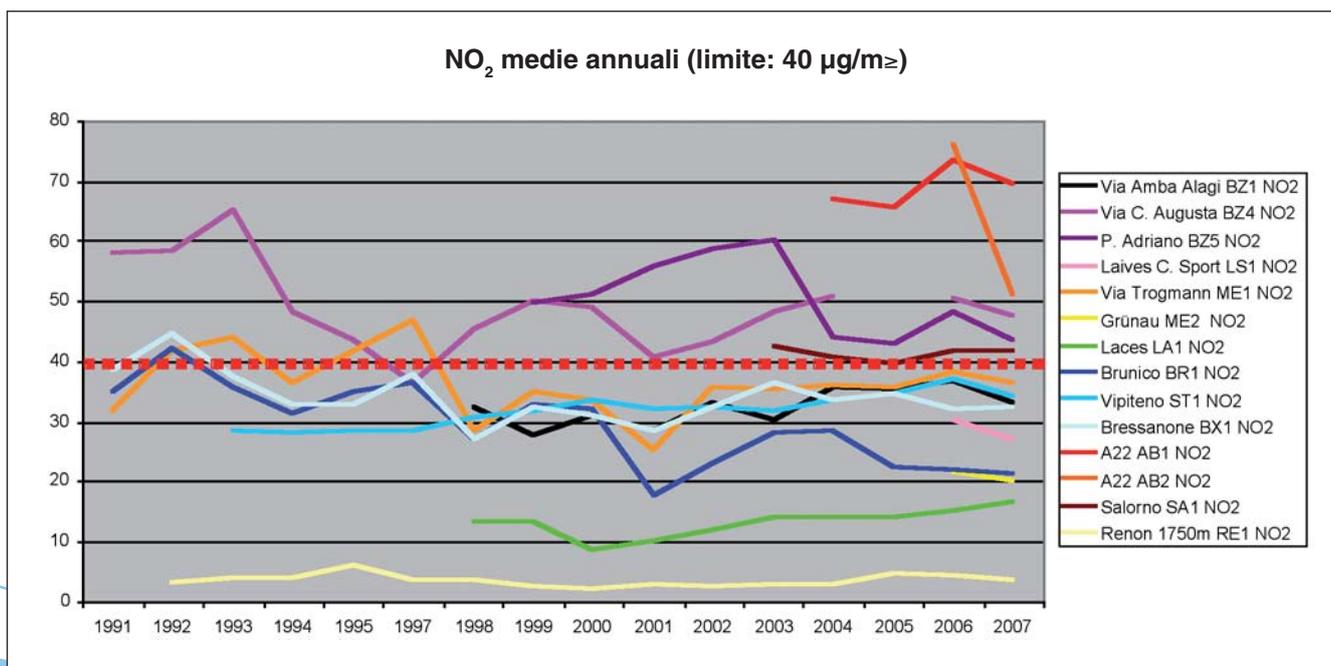


Diagramma 5 mostra l'andamento delle medie annuali del biossido di azoto nelle centraline in Alto Adige.

Effetti sulla salute da biossido di azoto

In studi epidemiologici recenti sugli effetti da inquinanti atmosferici, prodotti di combustione, principalmente generati dal traffico, il biossido di azoto è stato associato a danni alla salute anche per concentrazioni medie annuali in un range di valori che include quello di 40 µg/m³, che rappresenta il valore di riferimento attuale delle linee guida (WHO,2004).

Gli effetti acuti da esposizione a NO₂ sulla salute umana per incrementi di 28,3 µg/m³ di NO₂ per almeno 2 settimane comportano un 20% di incremento di sintomi respiratori in bambini di 5-12 anni (OMS,2000).

Si ritiene che gli asmatici siano a maggior rischio in quanto presentano una iperreattività agli agenti introdotti per via inalatoria.

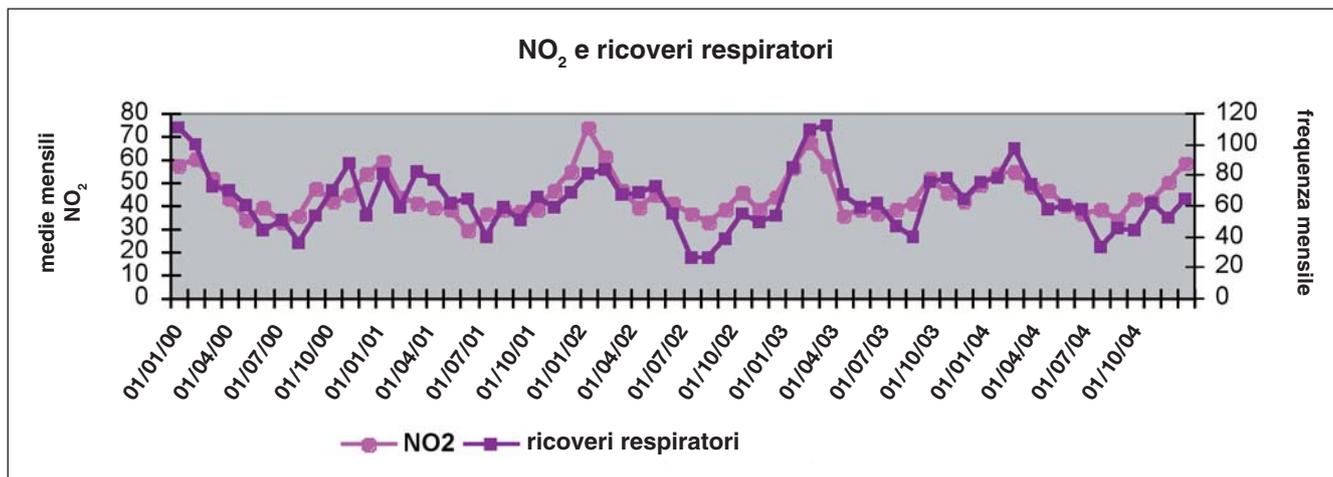


Diagramma 6 mostra l'andamento del NO₂ rispetto ai ricoveri per cause respiratorie dal 2000-2004

È stato ipotizzato che vi sia una distribuzione ineguale del rischio nella popolazione con una maggiore prevalenza di soggetti residenti in aree ad alto traffico, come è stato evidenziato in un recente studio effettuato in California (Gunier,2003).

Monossido di Carbonio (CO)

Il monossido di carbonio, CO, è un prodotto di combustione incompleta dei combustibili organici (carbone, olio, legno, carburanti).

Anche il monossido di carbonio è principalmente prodotto dal traffico. Le emissioni dipendono molto dal funzionamento dei motori a scoppio; livelli alti si misurano circolando a bassi giri, andamento tipico per il traffico in città. A livello mondiale si misura una riduzione delle concentrazioni di CO. Questo è da ricondurre soprattutto al miglioramento della motoristica e delle marmitte catalitiche. In Alto Adige non si misurano superamenti dei limiti attuali.

Effetti sulla salute da monossido di carbonio

Mentre gli effetti del monossido di carbonio sull'ambiente sono irrilevanti, per l'uomo possono essere estremamente pericolosi.

Viene assorbito rapidamente negli alveoli polmonari, una volta nel sangue compete con l'ossigeno nel legarsi all'atomo bivalente del ferro dell'emoglobina, formando carbossiemoglobina. Il livello di carbossiemoglobina in un fumatore raggiunge il 7% contro lo 0,5% di un non fumatore che respira aria pulita.

Studi di serie temporali, tra cui quello effettuato in Italia denominato MISA2 (Biggeri, 2004), hanno mostrato effetti a breve termine consistenti sulla mortalità e sui ricoveri ospedalieri.

Il monossido di carbonio si lega in maniera più forte all'emoglobina e nei soggetti anziani, nei pazienti cardiopatici, nelle donne in gravidanza, in caso di ipermetabolismo, di assunzione di alcuni farmaci e in caso di anemia emolitica, comporta aumenti della concentrazione di carbossiemoglobina (COHb) con la progressiva comparsa dei disturbi elencati in tabella:

COHb	Effetti
2,5-5,9%	Abbreviazione dei tempi di esercizio fisico in soggetti affetti da angina pectoris per insorgenza di dolore toracico.
< 5,0 %	Riduzione dei tempi di esercizio fisico in soggetti sani
> 5,0 %	Alterazioni del ritmo cardiaco
5,1-8,2%	Effetti psicomotori sulla vigilanza e coordinazione
10 %	Mal di testa
>10 %	Vertigini, nausea, vomito
40 %	Coma
50-60 %	Morte

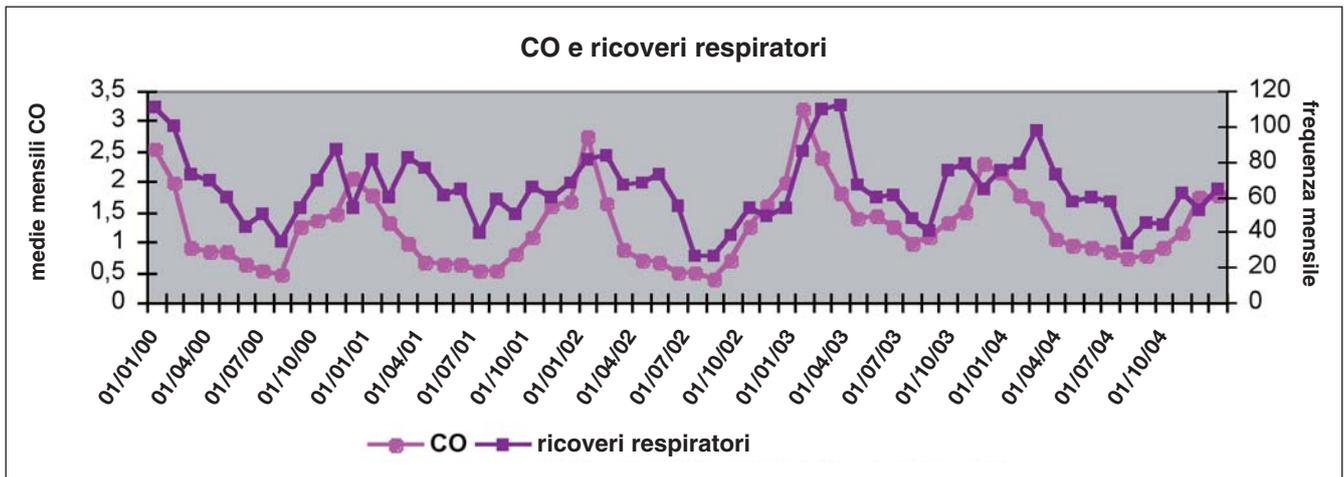


Diagramma 7 mostra l'andamento del CO rispetto ai ricoveri per cause respiratorie dal 2000-2004

Ozono (O₃)

L'ozono nasce da fenomeni fotochimici provocati dalla interazione tra lo smog urbano ed i raggi solari, che in estate sono particolarmente intensi e ricchi di radiazioni UV.

La sorgente principale di O₃ è data dal biossido di azoto, che in presenza della luce solare da origine per fotolisi all'ossigeno atomico, che reagendo con l'ossigeno molecolare produce O₃.

L'ozono è un gas molto reattivo, e può reagire con altri inquinanti presenti in aria. Questo fenomeno accade di notte: in presenza di inquinanti (principalmente NO) l'ozono reagisce con essi, e si instaura una sorta di autoabbattimento. A fondovalle e nelle zone urbane esiste un tipico andamento giornaliero delle concentrazioni di ozono con un aumento di giorno e una diminuzione di notte.

In zone più alte l'abbattimento notturno non è così marcato e l'ozono persiste anche durante la notte. Di giorno inizia di nuovo la formazione di ozono, e in queste zone geograficamente più alte risultano spesso dei valori superiori a quelli misurati in città.

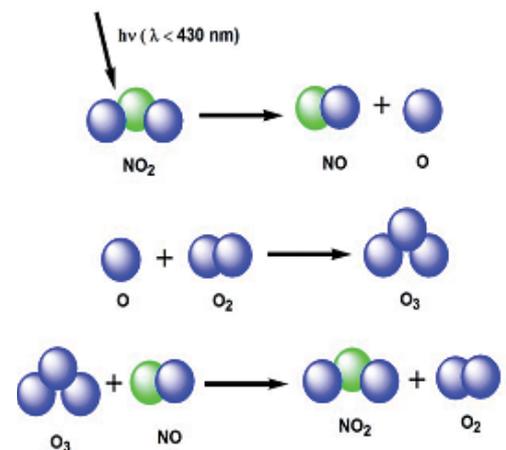


Immagine 7: formazione e distruzione dell'O₃

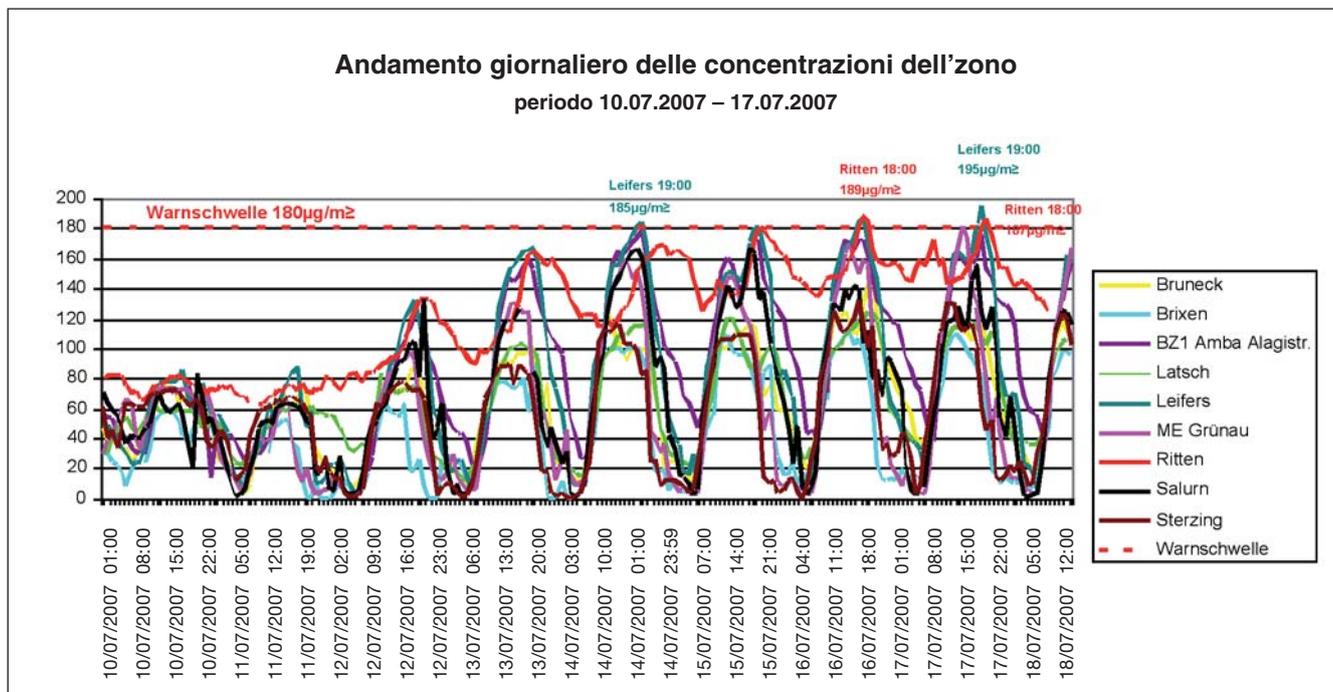


Diagramma 8 mostra l'andamento giornaliero delle concentrazioni di O₃ in Alto Adige. Si può vedere che di notte le concentrazioni diminuiscono drasticamente in zone urbane, mentre diminuiscono appena in altitudine sul Renon.

Effetti sulla salute da ozono

Gli effetti dell'ozono sono dovuti alla sua capacità ossidativa a carico di varie componenti cellulari. Durante il processo fotochimico di sintesi dell'ozono si formano anche altri composti ossidativi, tra cui il perossiacetil-nitrato che è considerato il fattore causale delle irritazioni oculari.

Studi condotti negli USA e del Canada hanno mostrato che l'inquinamento da ozono è associato al 10-20% di tutti i ricoveri per malattie respiratorie che si hanno durante la stagione estiva.

Le esposizioni a lungo termine ad ozono rendono la popolazione più suscettibile ad infezioni e infiammazioni polmonari, possono aggravare preesistenti malattie, quali l'asma, oppure portare a malattie croniche quali l'enfisema e la bronchite cronica (EPA,1997).

Per livelli di ozono uguali ed anche inferiori a 200 µg/m³ (per periodi di esposizione di 1-8 ore) si evidenziano in maniera statisticamente significativa in soggetti suscettibili dediti ad attività fisiche: decremento della funzionalità respiratoria, alterazione infiammatoria delle vie aeree, aggravamento dei sintomi respiratori ed esacerbazione sintomatica e funzionale dell'asma.

In ogni caso, le concentrazioni di ozono alle quali sono attesi effetti dannosi per la salute umana variano con la durata di esposizione e con il volume di aria inalata durante l'esposizione.

Per quanto riguarda gli effetti acuti sono stati evidenziati effetti transitori sulla funzionalità respiratoria nonché disturbi respiratori in soggetti sani e con preesistenti alterazioni respiratorie.

Sono stati evidenziati incrementi nella mortalità (0,2-0,6%) per incrementi di 10 µg/m³ (5 ppb) di O₃ di qualsiasi durata, lag e stagione, e incrementi nei ricoveri (0,5-0,7%) per incrementi di 10 µg/m³ (5 ppb) di ozono della durata di 8h.

Da studi sperimentali sull'uomo emerge che vi è una soglia di esposizione pari a 120-160 µg/m³ al di sotto della quale non si hanno danni polmonari ed effetti di tipo infiammatorio nei soggetti sani esposti per circa 7 ore e che svolgono un'attività fisica moderata e intermittente. La soglia dipende dall'intensità dell'esercizio fisico svolto.

RISULTATI

Incrementi statisticamente significativi

Per tutti i sei comuni d'interesse sono state calcolate le medie per le serie giornaliere degli inquinanti e dei dati meteorologici e sono stati suddivisi gli eventi sanitari per tipologia e per classe d'età (0-64, 65-74, 75+).

Le analisi sono state effettuate per i comuni di Bolzano, Merano e Bressanone, che presentavano numerosità di residenti ed eventi sanitari sufficienti.

Le analisi sono state effettuate per NO₂, CO e PM₁₀ su tutta la distribuzione dei valori, mentre per l'O₃ l'analisi è stata ristretta alla sola stagione calda (1 maggio - 30 settembre). Si è tenuto conto dell'effetto ritardato dell'evento sanitario rispetto alla concentrazione rilevata dell'inquinamento.

Per i modelli sono stati presentati la variazione percentuale dell'incidenza (% Incidence Change) associata ad un incremento di 10 µg/m³ di NO₂, PM₁₀ o O₃ o ad un incremento di 0,2 mg/m³ di CO e il corrispondente intervallo di confidenza al 95%. Tra i sei comuni oggetto di studio nel periodo 2000-2004, Bolzano, Merano e Bressanone sono quelli con maggior numero di residenti, con livelli medi più elevati di quasi tutti gli inquinanti e con un'adeguata numerosità degli eventi sanitari.

Considerando nei modelli una serie di variabili importanti nel valutare la relazione evento sanitario - inquinante, quali età, temperatura, festività, trend temporale, epidemia d'influenza e umidità relativa dell'aria, si è evidenziato che, nel complesso dei 3 comuni (Bolzano, Merano e Bressanone), incrementi di tutti gli inquinanti, NO₂, CO, PM₁₀, O₃ estivo (da maggio a settembre), sono associati ad aumenti della mortalità. In modo statisticamente significativo (nella seguente tabella numeri in grassetto) ciò avviene per i decessi per cause naturali e per i decessi per patologie respiratorie; questi ultimi aumentano con percentuali maggiori rispetto ai decessi naturali all'incremento dei livelli di NO₂, PM₁₀ e CO. Si è osservata una relazione statisticamente significativa tra il rischio di ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie e cardiovascolari e gli incrementi di esposizione per NO₂, CO e PM₁₀.

	DECESSI per cause NATURALI			DECESSI per cause CARDIOVASCOLARI			DECESSI per cause RESPIRATORIE		
	% Inc Change	LCL	UCL	% Inc Change	LCL	UCL	% Inc Change	LCL	UCL
NO ₂	2,75	0,78	4,76	1,89	-1,06	4,93	10,13	3,00	17,74
CO	0,93	0,20	1,67	0,76	-0,35	1,88	4,16	1,68	6,70
PM ₁₀	2,74	1,22	4,29	1,71	-0,60	4,08	7,02	1,85	12,45
O ₃ est	2,32	0,51	4,16	1,46	-1,28	4,28	4,58	-2,09	11,70

	RICOVERI per cause CARDIACHE			RICOVERI per cause RESPIRATORIE			RICOVERI per cause CEREBROVASCOLARI		
	% Inc Change	LCL	UCL	% Inc Change	LCL	UCL	% Inc Change	LCL	UCL
NO ₂	2,42	0,37	4,51	8,12	5,68	10,61	-0,09	-3,53	3,48
CO	1,64	0,92	2,37	3,56	2,75	4,38	0,08	-1,16	1,34
PM ₁₀	0,84	-0,73	2,45	5,50	3,58	7,45	-2,30	-4,95	0,43
O ₃ est	0,04	-1,68	1,79	1,30	-0,99	3,64	-2,12	-4,91	0,74

% Incidence Change: variazione percentuale dell'Incidenza associata a un incremento di 10 µg/m³ di NO₂, PM₁₀ o O₃ e di 0,2 mg/m³ di CO

LCL: limite inferiore dell'IC al 95%, **UCL:** limite superiore dell'IC al 95%

O₃ estivo: O₃ rilevato nei periodi maggio-settembre

Le evidenze riscontrate in quest'analisi riferita al complesso delle città di Bolzano, Merano e Bressanone ricalcano molto similmente, talvolta rafforzando, associazioni rilevate anche per la sola città di Bolzano. I residenti, i decessi e i ricoveri del comune di Bolzano rappresentano infatti tra il 65% e il 75% dei residenti, decessi e ricoveri del complesso delle tre città.

Ricoveri attribuibili

I dati ottenuti con l'applicazione dei modelli sopra citati hanno permesso di calcolare la frazione attribuibile che permette di quantificare il numero di decessi e di ricoveri attribuibili a ciascun inquinante. Si è scelto di considerare, per il calcolo dei casi attribuibili, solo le variazioni d'incidenza risultate statisticamente significative al 95%.

Alcuni esempi:

	RICOVERI per cause CARDIACHE		RICOVERI per cause RESPIRATORIE	
	casi attribuibili	95% IC	casi attribuibili	95% IC
NO ₂	38	(6; 70)	88	(63; 112)
CO	23	(13; 33)	36	(28; 44)
PM ₁₀			56	(37; 74)

NO₂ e ricoveri per cause cardiache

Sono 38 i ricoveri per patologie cardiache evitabili a Bolzano-Bressanone-Merano in un anno se dal valore medio rilevato di NO₂ (36,87 µg/m³) si passasse a un valore medio annuale di 25 µg/m³ (25° percentile della distribuzione dell'NO₂ nelle tre città nel periodo in studio).

NO₂ e ricoveri per cause respiratorie

Sono 88 i ricoveri per patologie respiratorie evitabili a Bolzano-Bressanone-Merano in un anno se dal valore medio rilevato di NO₂ (36,87 µg/m³) si passasse a un valore medio annuale di 25 µg/m³ (25° percentile della distribuzione dell'NO₂ nelle tre città nel periodo in studio).

CO e ricoveri per cause cardiache

Sono 23 i ricoveri per patologie cardiache evitabili a Bolzano-Bressanone-Merano in un anno se dal valore medio rilevato di CO (1,21 mg/m³) si passasse a un valore medio annuale di 1 mg/m³.

CO e ricoveri per cause respiratorie

Sono 36 i ricoveri per patologie respiratorie evitabili a Bolzano-Bressanone-Merano in un anno se dal valore medio rilevato di CO (1,21 mg/m³) si passasse a un valore medio annuale di 1 mg/m³.

PM₁₀ e ricoveri per cause respiratorie

Sono 56 i ricoveri per cause respiratorie evitabili a Bolzano-Bressanone-Merano in un anno se dal valore medio rilevato di PM₁₀ (30,73 µg/m³) si passasse a un valore medio annuale di 20 µg/m³ (valore raccomandato dalle direttive europee dal 2010).

Conclusioni

Nell'ambito della prevenzione primaria saper riconoscere i danni alla salute causati da sostanze o gas presenti nell'aria ci indica quali siano le corrette strategie da seguire per intervenire efficacemente, per rimuovere o ridurre le fonti di inquinamento.

L'aria infatti può contenere sostanze che possono essere dannose per il nostro corpo. Tutti noi, ovunque siamo, a casa o al lavoro, siamo esposti all'inquinamento dell'aria.

Spesso i disturbi respiratori, asma, infiammazioni, infezioni vengono curati a casa, senza arrivare all'osservazione del medico; meno frequenti sono gli effetti più gravi che comportano accessi al pronto soccorso, visite specialistiche e ricoveri.

Gli effetti sulla salute possono manifestarsi in modi diversi e vanno studiati con attenzione e non sottovalutati. Bisogna conoscere l'esposizione collettiva, misurare le concentrazioni degli inquinanti presenti nell'aria, seguirne gli andamenti durante l'anno, confrontare i dati ambientali con i ricoveri e i decessi avvenuti negli stessi luoghi e periodi nella popolazione esposta.

Questo è stato fatto per un arco di tempo di 5 anni, dal 2000 al 2004 su circa due terzi dei residenti in Provincia. Ne è risultato che all'aumentare delle concentrazioni di biossido di azoto e polveri sottili aumenta la probabilità che si verifichino più casi di decesso e di ricovero ospedaliero. Con ritardo di ore o di pochi giorni da una presenza eccessiva di inquinanti nell'aria, processi di infiammazione a carico delle vie respiratorie possono infatti innescare alterazioni a livello polmonare e circolatorio con aggravamento di malattie cardiache e respiratorie preesistenti.

Polveri e biossido di azoto potenziano fra loro un effetto scatenante per l'asma sia negli adulti che nei bambini.

L'incremento delle concentrazioni di monossido di carbonio, i cui valori sono comunque ampiamente sotto i limiti previsti della normativa, possono causare disturbi anche gravi specie nei soggetti anziani, nei pazienti cardiopatici e nei fumatori.

I nostri dati coincidono con quanto emerso anche in altri studi. Finora però si è sempre considerato che tutti i residenti di un comune fossero esposti ogni giorno al valore medio delle concentrazioni degli inquinanti misurati dalle centraline. In realtà ogni individuo respira aria con concentrazioni differenti da quelle registrate, per esposizioni lavorative, abitudini quali il fumo di sigaretta o per aver trascorso lunghi periodi di tempo in vicinanza di strade molto trafficate.

Individuare gruppi di persone maggiormente esposte, conoscerne la storia e le abitudini, osservare per un lungo periodo di tempo la suscettibilità a disturbi potenzialmente causati dall'inquinamento costituisce un nuovo progetto di lavoro che ci impegnerà nei prossimi anni.

Informazioni:

Azienda Sanitaria dell'Alto Adige
http://www.asdaa.it/default_it.html

Comprensorio Sanitario di Bolzano
<http://www.sbbz.it/portal/it/home.xml>

Servizio Igiene e Sanità Pubblica

Sezione aziendale di Medicina ambientale

Via Amba Alagi 33
I-39100 Bolzano
Tel. 0471 909269 - Fax 0471 909209

Agenzia Provinciale per l'Ambiente
http://www.provincia.bz.it/guteluft/index_i.asp