



**DOSSIER SCIENTIFICO - CAMPAGNA DI RILEVAMENTI ATMOSFERICI NELLE
LOCALITÀ TURISTICHE ALPINE**

ESTATE 2005



INDICE

Introduzione	Pag 3
Caratteristiche chimiche, tossicologiche e limiti di legge degli inquinanti atmosferici rilevati nella campagna di monitoraggio	Pag 5
2.1 Biossido d'azoto	Pag 5
2.2 Ozono	Pag 6
2.3 Benzene	Pag 9
2.4 Toluene	Pag 11
2.5 Xilene	Pag 11
2.6 PM10	Pag 12
Risultati emersi dalla campagna di monitoraggio delle polveri sospese	Pag 14
Risultati emersi dalla campagna di monitoraggio con campionatori passivi per gas	Pag 16
Conclusioni	Pag 20

Dossier a cura di:
Damiano Di Simine - Responsabile scientifico
Legambiente Lombardia
Lorenzo Baio - Legambiente Lombardia

Si ringrazia per il supporto Tecnico-Scientifico:
Armando Buffoni - Attalea Snc

1. INTRODUZIONE

La campagna di monitoraggio atmosferico nelle località turistiche della zona alpina si inserisce nel programma della Carovana delle Alpi di Legambiente, edizione 2005.

Scopo di quest'anno è la misurazione dei livelli di concentrazione di **biossido di azoto (NO₂)**, **ozono (O₃)** e **benzene, toluene, xilene (BTX)** e **PM10** in località turistiche alpine del versante italiano durante il mese d'agosto, mediante l'utilizzo di campionatori passivi e di un analizzatore di massa portatile per quanto riguarda le polveri sottili.

Nel biennio 2002-2003 si è condotta una prima campagna dedicata alla misurazione di **ozono troposferico** con campionatori passivi (PROGETTO M.O.R.A.) che sono stati collocati a diverse quote di versanti montuosi (2002) e presso rifugi di montagna (2003) in collaborazione col CAI. I risultati emersi da questo studio hanno dimostrato una stretta relazione tra la quota di misura e le concentrazioni di ozono, denotando concentrazioni sempre più elevate con l'aumentare dell'altitudine, pur trattandosi di "zone rurali". Quest'andamento, che a prima vista può sembrare non naturale, deriva dalla stessa natura di questo inquinante: infatti, essendo l'ozono un inquinante secondario, esso non viene prodotto direttamente dai processi di combustione, bensì da reazioni fra gli ossidi di azoto e l'ossigeno presente in atmosfera con l'intervento della radiazione solare e le sue concentrazioni in atmosfera risentono fortemente dei fenomeni di dispersione e trasporto, ma anche della concentrazione locale di inquinanti primari che ne causano la demolizione.

L'anno passato alle misurazioni dell'ozono si sono aggiunte quelle del biossido di azoto e del BTX (benzene, toluene e xilene). Il **biossido di azoto** è un inquinante secondario che si origina dalla reazione di NO, a sua volta derivante da processi di combustione incompleta legati in particolar modo al traffico autoveicolare, e di ossigeno atmosferico. Il biossido di azoto è a sua volta uno dei precursori dell'ozono. Il **benzene**, sostanza cancerogena, è un inquinante primario che deriva principalmente dalla combustione ed evaporazione della "benzina verde" e dall'evaporazione di solventi usati per la produzione e lavorazione di vernici. Oltre alle concentrazioni di benzene, le misure effettuate con i campionatori passivi rilevano anche le concentrazioni medie settimanali di toluene e xilene, anch'essi presenti sia nelle benzine sia nei solventi: tuttavia, lo studio sarà più mirato all'analisi delle concentrazioni di benzene, in quanto tutti gli studi epidemiologici effettuati sinora a livello mondiale, tra i quali si possono citare quelli condotti dall'ATSDR ¹(Agency for Toxic Substances and Disease Registry), dallo IARC (International Agency for Research on Cancer) e dal WHO² (World Health Organization) non hanno dimostrato la cancerogenicità di questi due inquinanti, rilevando inoltre per essi una tossicità di gran lunga inferiore a quella del benzene.

Per questo motivo, come si vedrà in seguito, sia per il **toluene** che per lo **xilene** non è prevista una normativa che stabilisca dei valori limite di concentrazione a cui sottostare.

Nella campagna di monitoraggio di quest'anno (2005) si è aggiunta la misurazione del materiale particolato con classe diametrica intorno ai 10 µm, il **PM10**, compiuta con un analizzatore di massa. L'origine delle particelle presenti in sospensione nell'atmosfera è assai varia. Polveri inerti di cantieri, aree scoperte, superfici stradali formano le parti più grossolane. Particelle di origine vegetale, particelle incombuste dei grandi impianti di combustione e dei motori degli autoveicoli costituiscono la frazione fine.

Tutti gli inquinanti monitorati sono soggetti alle normative attualmente in vigore (DL60 del 02/04/2002 per il Biossido di Azoto, il Benzene e il PM10 e il DL183 del 21/05/2004 per l'Ozono) che fissano dei valori limite molto restrittivi. Detti limiti, giornalieri e/o annuali, entreranno ufficialmente in vigore o lo sono già, a partire dal 2005 o 2010; tuttavia ad essi bisogna avvicinarsi

¹ Fonte: <http://www.atsdr.cdc.gov/cgi-bin/search>

² Fonte: www.who.int/topics/en

gradatamente già negli anni precedenti, a seguito del recepimento di alcune Direttive Europee sugli inquinanti avvenuto negli anni 1999 e 2000.

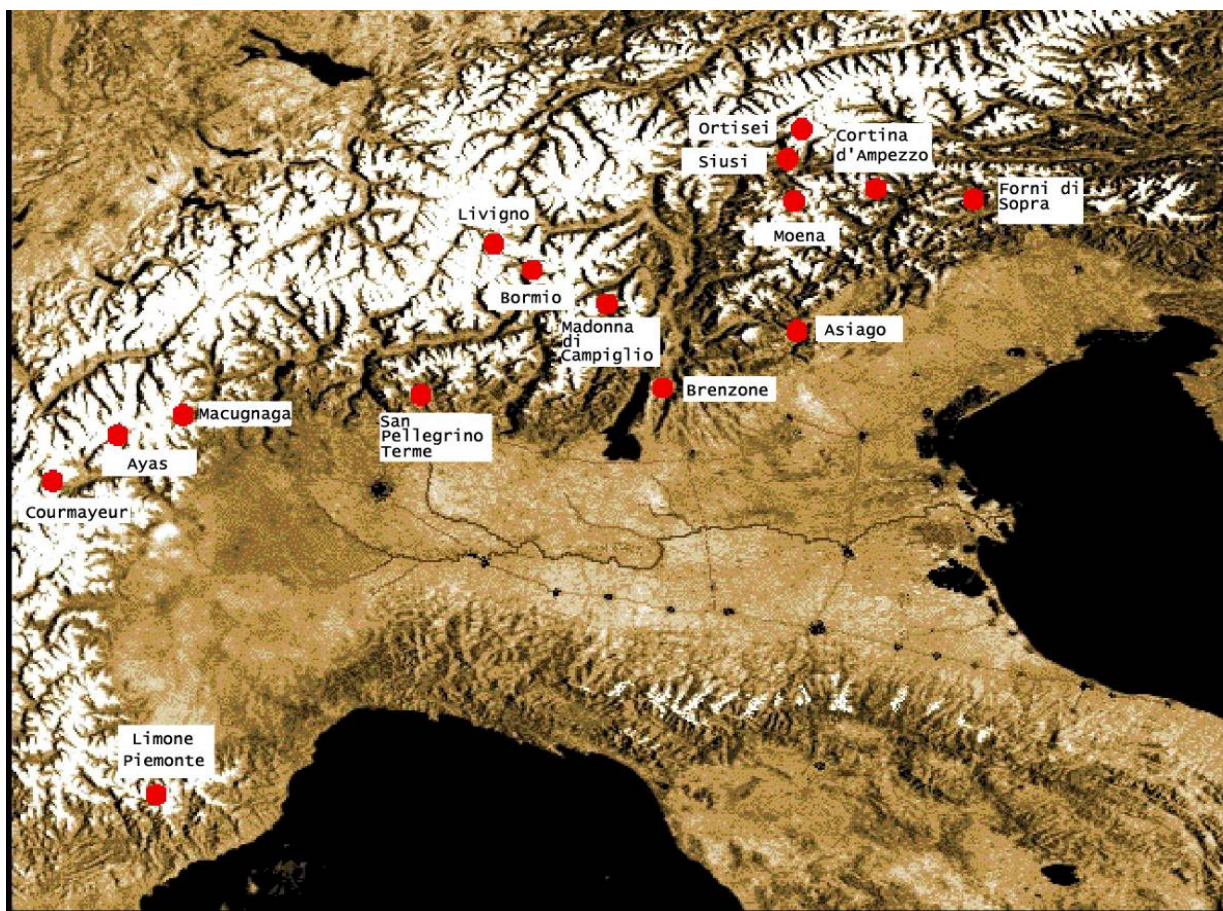
A questo proposito, il DL60 associa a ciascun inquinante un cosiddetto “margine di tolleranza”, ovvero la possibilità di scostarsi dal valore limite di una quantità da sommare al limite stesso, ma decrescente negli anni, che si annullerà all’entrata in vigore del valore limite.

Le concentrazioni di benzene, ozono e biossido di azoto saranno dunque sia studiate singolarmente, in funzione dei diversi siti di misura monitorati, sia analizzate in modo trasversale, correlando per ciascun sito di misura le concentrazioni dei tre inquinanti, evidenziando in tal modo le criticità di ogni singolo sito di misura dal punto di vista dell’inquinamento atmosferico a cui sono soggetti nei periodi di maggior afflusso di turisti durante il periodo estivo.

Un discorso a parte va fatto per quanto riguarda il PM 10, sia perchè lo strumento usato per le sue misurazioni è un apparecchio elettronico mobile con modalità di utilizzo differenti da quelli dati dai campionatori passivi, sia perchè il periodo di monitoraggio è stato puntuale.

E’ interessante sottolineare che lo studio dell’inquinamento atmosferico estivo in località turistiche dell’arco alpino così “ad ampio raggio” come quello in oggetto non risulta avere precedenti, almeno sul versante italiano, in quanto studi analoghi sono sempre stati condotti durante il periodo invernale, durante la stagione sciistica.

Figura 1 - Le località alpine monitorate

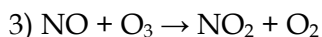
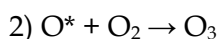
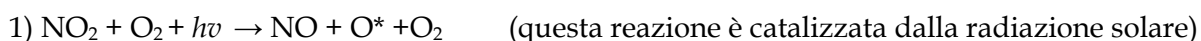


2. CARATTERISTICHE CHIMICHE, TOSSICOLOGICHE E LIMITI DI LEGGE DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI RILEVATI NELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO

2.1. Biossido di azoto

Gli ossidi di azoto, tra cui l'unico ad essere normato è il biossido di azoto, vengono generati dai processi di combustione di qualsiasi combustibile. Il biossido di azoto è da ritenersi un inquinante atmosferico pericoloso sia per la sua tossicità per l'uomo sia perché è precursore, attraverso una serie di reazioni fotochimiche, di composti inquinanti "secondari" che contribuiscono al cosiddetto "smog fotochimico". Contribuisce inoltre alla formazione di polveri inalabili, in particolare alla componente secondaria del particolato fine ed ultrafine (PM10, PM2,5 e PM1).

I maggiori responsabili dell'inquinamento antropico da ossidi di azoto sono il traffico autoveicolare (che determina quasi il 50% delle emissioni globali), gli impianti industriali e (durante la stagione invernale, ma anche, in quota, durante la stagione estiva) gli impianti di riscaldamento. La notevole reattività fotochimica è sicuramente la caratteristica peculiare degli ossidi di azoto. Le reazioni fotochimiche avvengono in seguito all'assorbimento di energia proveniente dalla radiazione solare da parte di molecole, atomi e ioni. Questo tipo di reattività li rende precursori di una innumerevole serie di reazioni radicaliche che avvengono nella troposfera, tra cui alcune fondamentali riassunte nel seguente "Ciclo Fotolitico":



Effetti sull'ambiente e sull'uomo

I maggiori effetti diretti sull'ambiente degli ossidi di azoto sono dovuti sia alla loro ricaduta sotto forma di acido nitrico (piogge acide), sia alla loro reattività in quanto tali. Alcuni esperimenti hanno portato a verificare che circa 1,9 mg/m³ di NO₂ per 24 ore di esposizione creano le prime necrosi a livello del fogliame, mentre 12 mg/m³ di NO per 24 ore consecutive determinano una riduzione dell'efficienza della fotosintesi clorofilliana. Sull'uomo è stato riscontrato che l'NO₂ sia 4 volte più pericoloso dell'NO, ma data la facilità del loro interscambio entrambi sono potenzialmente pericolosi. Gli ossidi di azoto provocano una riduzione della funzionalità respiratoria e dei meccanismi di difesa polmonari, in modo più evidente nei soggetti bronchitici ed asmatici, negli anziani e nei bambini. Gli effetti nocivi insorgono dopo svariate ore dalla cessazione all'esposizione. L'esposizione acuta favorisce anche l'insorgenza di un'infiammazione delle mucose delle vie aeree superiori mentre l'esposizione protratta facilita infezioni respiratorie più profonde. Particolarmente significative sono comunque le esposizioni prolungate anche a bassi livelli di ossidi di azoto, tanto che si sta verificando la rilevanza dell'apporto di ossidi di azoto respirati durante il soggiorno nelle abitazioni (inquinamento indoor) legato all'utilizzo dei fornelli a gas o alle caldaie di riscaldamento. Oltre alla loro pericolosità intrinseca, essendo gli ossidi di azoto particolarmente reattivi specialmente con sostanze di origine idrocarburica, si arriva alla formazione di composti la cui tossicità risulta fortemente amplificata.

Principali effetti sull'uomo³	
Presenza avvertibile	0,15 mg/m ³
Irritazioni delle mucose e degli occhi	18 mg/m ³
Problemi di respirazione, edemi polmonari	120 mg/m ³

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) fissa i seguenti valori guida da non superare:

Per la salute umana	200 µg/m ³ come media su un'ora
	40 µg/m ³ come media annuale

In Italia, la concentrazione di biossido di azoto nell'aria è normata dal DL60 del 02/04/2002:

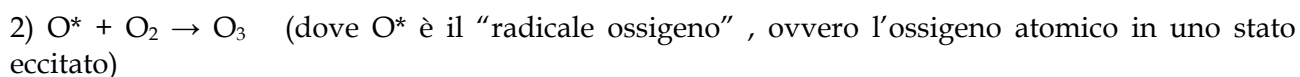
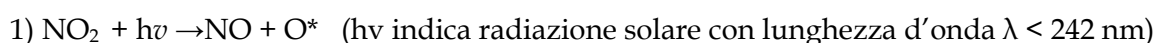
Valori Limite per il Biossido di Azoto e per gli Ossidi di Azoto e soglia di allarme per il Biossido di Azoto

	Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di tolleranza	Data di entrata in vigore del valore limite
Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per anno civile	100 µg/m ³ . Tale valore è ridotto ogni 12 mesi, per raggiungere il valore limite al 01/01/2010	01/01/2010
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂	20 µg/m ³ . Tale valore è ridotto ogni 12 mesi, per raggiungere il valore limite al 01/01/2010	01/01/2010
Valore limite per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ NO _x	Nessuno	19/07/01

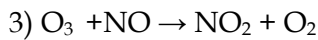
La soglia di allarme è pari a 400 µg/m³ misurati per tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria su un'area di almeno 100 km².

2.2 Ozono

L'ozono è un inquinante secondario e come tale non è prodotto direttamente da attività umane o da fonti di emissione dirette. E' generato però da processi fotochimici coinvolgenti gli ossidi di azoto, che funzionano da precursori. Le seguenti reazioni sintetizzano il processo:

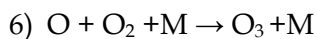
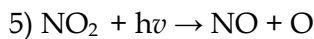
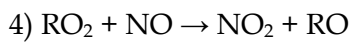


³ Fonte: Arpa dell'Emilia Romagna: http://www.arpa.emr.it/parma/aria_atmosfera.htm



Tali reazioni avvengono rapidamente, costituendo un sistema in equilibrio in cui l'ozono prodotto dipende dal rapporto delle concentrazioni di NO ed NO₂ e da una costante di equilibrio che è funzione della cinetica delle reazioni e delle condizioni di irraggiamento solare.

La presenza di radicali perossidi (indicati genericamente con RO₂) prodotti dalla degradazione di idrocarburi, porta all'ossidazione dell' NO in NO₂ senza consumo di ozono, favorendo quindi la produzione di quest'ultimo. Le reazioni si possono generalizzare nel modo seguente:



(dove M è una generica molecola che funge da catalizzatore nella reazione; generalmente è un'altra molecola di ossigeno).

Dalle reazioni 4), 5) e 6) si può dedurre che la produzione di ozono è strettamente legata all'intensità della radiazione solare incidente ed alle emissioni dei suoi precursori (ossidi di azoto e composti organici volatili).

Poiché l'ozono è un inquinante secondario, anche nelle aree non contaminate da attività antropiche è presente in concentrazioni chiamate "concentrazioni di fondo" che variano in funzione della quota. In particolare, in montagna i valori di fondo sono più elevati per il maggiore irraggiamento solare.

L'ozono è un inquinante che è soggetto ad importanti fenomeni di trasporto in atmosfera. Inoltre è stato dimostrato come la sua concentrazione aumenti con l'incremento dell'altitudine dei siti di monitoraggio (cfr. grafico 1).

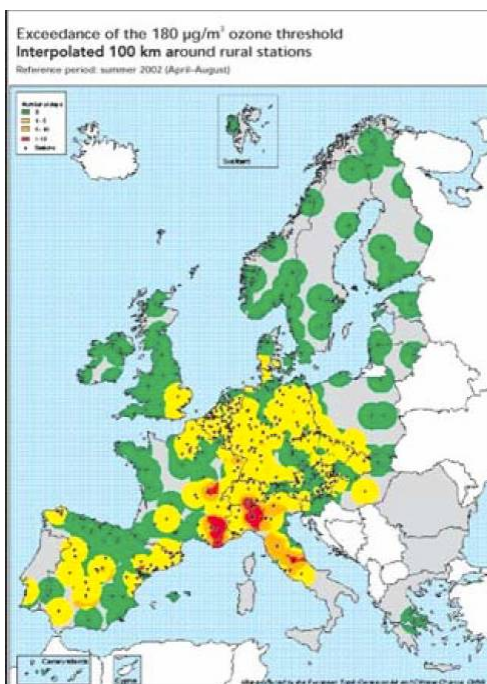
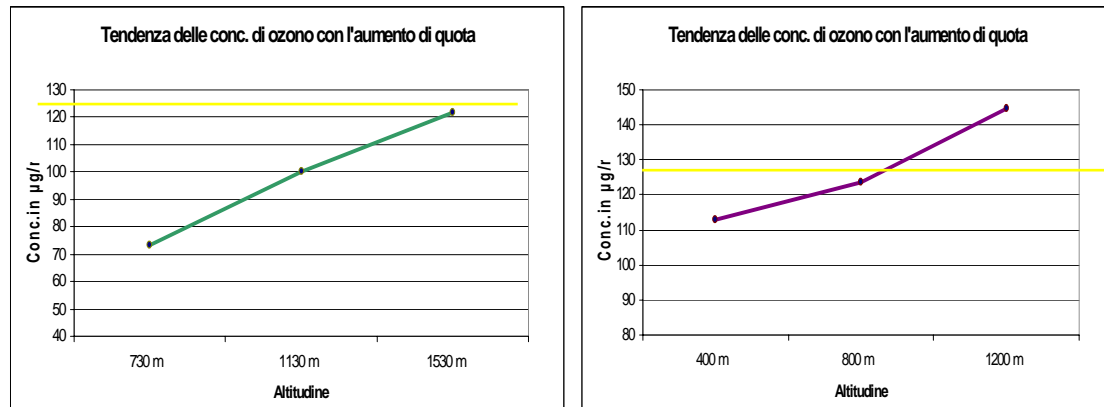


Figura 2 - Superamenti del valore di soglia di attenzione di 180 µg/m³ sulla base dei dati delle stazioni rurali interpolati su 100 km dai punti di rilevamento (Fonte EEA). Alcune regioni europee non sono coperte dall'elaborazione per carenza di punti di misura.

A causa del trasporto dovuto ai venti, gli inquinanti prodotti nelle zone fortemente industrializzate o caratterizzate da un traffico intenso possono provocare fenomeni di inquinamento anche in zone

rurali; in particolare, l'ozono può essere trasportato per decine o centinaia di chilometri dato che il suo tempo di permanenza in atmosfera è di qualche giorno.

Grafico 1 e 2 – Andamento della concentrazione di ozono nelle località di alta montagna (Val Venosta e Valtellina) con l'aumento della quota. La linea gialla rappresenta il valore bersaglio per la protezione della salute umana fissato in $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (fonte: Dossier 2002)



L'ozono risulta quindi un buon indicatore per questi fenomeni di trasporto di inquinanti, e allo stesso tempo una fonte di pressione sulla vegetazione delle zone alpine.

Per gli effetti dell'ozono sulla vegetazione si rimanda alla relazione del progetto MORA del 2003, consultabile sul sito internet www.legambiente.org, nella sezione Documenti.

Effetti sull'ambiente e sull'uomo

L'ozono, essendo un potente ossidante, può colpire le vie respiratorie ed in particolare gli alveoli polmonari. Per esposizioni ad alte concentrazioni si possono riscontrare disagi e patologie dell'apparato respiratorio (irritazioni agli occhi, al naso, alla gola e mal di testa si possono riscontrare su soggetti sani esposti ad una concentrazione oraria di almeno $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Anziani, bambini e soggetti asmatici sono particolarmente vulnerabili.

Principali effetti sull'uomo ⁴	
presenza avvertibile	$98 \mu\text{g}/\text{m}^3$
secchezza della gola	$196 \mu\text{g}/\text{m}^3$
manca di coordinazione (2h di esposiz.)	$2.000-6.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$
edema polmonare (2h di esposiz.)	$18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$

L'ozono è inoltre l'inquinante dotato di maggiore potenziale di tossicità per la vegetazione sia coltivata (colture agricole erbacee o arboree), sia naturale (foreste e boschi). In funzione della sua concentrazione, l'ozono può provocare anche un calo della produzione agricola.

⁴ Fonte: ARPA dell'Emilia Romagna: http://www.arpa.emr.it/parma/aria_atmosfera.htm

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) fissa i seguenti valori guida da non superare:

per la salute umana	120 µg/m ³ come media "mobile" su 8 ore (*)
per la protezione della vegetazione	65 µg/m ³ su base giornaliera
per la protezione della vegetazione	200 µg/m ³ su base oraria

(*) Questa media si chiama mobile perchè si prendono periodi di 8 ore, ma l'intervallo "scorre" durante l'arco della giornata. I valori massimi di solito si presentano nelle ore più calde e soleggiate.

Per l'Ozono il riferimento normativo italiano è il Decreto Legislativo n.° 183 del 21/05/04, che fissa valori bersaglio, obiettivi a lungo termine, soglie di informazione e allarme, oltre che definire le modalità per l'informazione da fornire al pubblico sui livelli registrati in caso di superamento delle soglie, e le modalità della comunicazione dei dati al Ministero dell'Ambiente. I valori bersaglio sono le concentrazioni fissate al fine di evitare a lungo termine effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da conseguirsi per quanto possibile entro un dato periodo di tempo.

	Parametro	Valore bersaglio per il 2010
Valore bersaglio per la protezione della salute umana	Media su otto ore massima giornaliera	120 µg/m ³ da non superare per più di 25 giorni per anno civile, come media su 3 anni
Valore bersaglio per la protezione della vegetazione	AOT40 (*), calcolato sulla base dei valori di un'ora da maggio a luglio	18000 µg/m ³ h come media su 5 anni

(*) Per AOT40 si intende la somma della differenza tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m³ e il valore di 80 µg/m³ in un dato periodo di tempo, utilizzando solo i valori di 1 ora rilevati tra le 08.00 e le 20.00.

Soglia di informazione	180 µg/m ³ (concentrazione media oraria)
Soglia di allarme	240 µg/m ³ (concentrazione media oraria)

2.3. Benzene

E' un idrocarburo aromatico la cui concentrazione atmosferica è principalmente dovuta alla evaporazione e combustione di benzine, gasoli e solventi. Il benzene è presente come tale nelle benzine e viene inoltre prodotto dalla loro combustione incompleta. L'uso di marmitte catalitiche efficienti e di benzine a minore tenore di benzene ha permesso negli ultimi anni di diminuire significativamente le concentrazioni di questo inquinante in atmosfera. Un'altra fonte di benzene è il fumo di sigaretta.

Effetti sulla salute

Il benzene penetra nell'organismo soprattutto per inalazione ed è assorbito nel sangue in percentuale tra il 28% e il 50% della parte inalata. Il benzene assorbito si accumula nei tessuti ricchi di grassi, in particolare nel cervello, nei surreni e nel midollo osseo. Circa il 50% del benzene inalato è poi eliminato attraverso i polmoni: nella prima ora viene eliminato il benzene ed i suoi metaboliti contenuti nel sangue e nei tessuti ad elevata vascolarizzazione; nelle ore successive quello presente nei muscoli e nella cute e, nella terza fase (di alcuni giorni), viene eliminato il benzene accumulato nei lipidi e nei tessuti poco vascolarizzati. Il benzene viene metabolizzato nel sistema reticolo-endoteliale del fegato. E' classificato fra le sostanze di accertata cancerogenicità dall'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro. Numerosi studi sui lavoratori esposti a benzene hanno dimostrato un'aumentata incidenza di leucemia; esperimenti su animali hanno confermato l'azione cancerogena del benzene. Studi epidemiologici su soggetti esposti hanno evidenziato un aumento dell'incidenza di vari tipi di leucemia e tumori del sistema ematopoietico. L'esposizione acuta ad elevati livelli di benzene determina sonnolenza, vertigini, cefalea, tachicardia, confusione e perdita di conoscenza. L'esposizione a lungo termine provoca alterazioni della funzionalità midollare, anemia, leucemie ed alterazione del sistema immunitario.

TOSSICITA' ACUTA

Il benzene è irritante per la cute, le mucose oculari, respiratorie e del tubo digerente. L'inalazione acuta di vapori ad elevata concentrazione provoca effetti tossici a carico del sistema nervoso consistenti in eccitazione seguita da sonnolenza e vertigine ed, infine, da convulsioni e coma. In caso di intossicazione acuta si raccomanda l'immediato allontanamento dall'ambiente inquinato, la somministrazione di ossigeno e, se necessario, la respirazione artificiale.

TOSSICITA' CRONICA

La tossicità cronica riguarda soprattutto il sistema emopoietico. Minore tossicità è manifestata a livello epatico. Nelle intossicazioni di grado elevato inizialmente si manifestano vertigine, nausea ed anoressia e, successivamente, i sintomi legati alla anemia (pallore, tachicardia e dispnea da sforzo) ed alla piastrinopenia (petecchie ed emorragie). L'esposizione prolungata al benzene può provocare leucemia, in particolare mieloblastica o emocitoblastica. La leucemia insorge frequentemente in soggetti con anemia iporigenerativa anche a distanza di decenni, così come tumori polmonari, cerebrali o di altro tipo. Il benzene sembra avere un effetto co-cancerogeno potenziando gli effetti di altri agenti tossici.

Il Ministero della Salute, tramite il Laboratorio di Tossicologia Comparata ed Ecotossicologia dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS), ha svolto uno studio epidemiologico riguardante l'impatto sulla salute del benzene negli anni 1998-2002⁵, studiando in particolare l'esposizione di soggetti particolarmente interessanti come i vigili urbani e i gestori di piccole stazioni di rifornimento di carburanti. Lo studio ha evidenziato livelli di esposizione media al benzene inferiori a 10 µg/m³ e a 3 µg/m³ rispettivamente per i vigili urbani e per i benzinai. Inoltre, mettendo a confronto la dose di benzene respirata dai vigili viabilisti e dai vigili con mansioni amministrative si è trovato che i primi sono sottoposti a concentrazioni di circa tre volte superiori⁶.

⁵ Fonte: "Effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico nelle aree urbane", **Rapporti Istisan, R. Crebelli e A. Carere, giugno 2003**

⁶ Le stesse informazioni si riscontrano anche dai risultati emersi dallo studio condotto dalla **Fondazione Lombardia per l'Ambiente: "Il benzene e altri composti aromatici: monitoraggio e rischi per l'uomo"** **B. Rindone, P. Beltrame, A.L. De Cesaris, anno 1998**

Tuttavia, analizzando alcuni biomarcatori di esposizione interna presenti nelle urine e nel sangue dei soggetti in studio non si sono constatate differenze statisticamente significative correlabili all'insorgenza di eventuali tumori. Anche dallo studio delle esposizioni al benzene da parte dei benzinai non sono emerse correlazioni statisticamente significative tra dose assorbita e insorgenza di leucemie.

Interessante è il fatto che, sempre considerando un campione di vigili urbani, si è constatata un'elevata incidenza di sensibilizzazione allergica, superiore a quanto riportato in letteratura per la popolazione generale, legata all'esposizione recente o passata agli inquinanti prodotti dal traffico autoveicolare.

Limiti di Legge (previsti dal DL del 02/04/2002):

Riferimento normativo DL 60 02/04/2002	Periodo di mediazione	Valore limite	Margine di tolleranza	Data alla quale il valore limite deve essere raggiunto
Valore limite per la protezione della salute umana	Anno civile	5 µg/m ³	100% del valore limite all'entrata della direttiva 2000/69 (13/12/2000)*	1° gennaio 2010

(*) Tale valore è ridotto al 1° gennaio 2006, successivamente ogni 12 mesi, per raggiungere lo 0% di tolleranza al 1° gennaio 2010. Attualmente il valore limite annuale per il benzene è pari a 10 µg/m³.

2.4. Toluene

È un componente del petrolio e costituisce circa l'8,3% della composizione della benzina. Viene emesso dagli autoveicoli, dagli aerei, dall'evaporazione delle benzine durante la distribuzione dei carburanti e dal tabacco. Viene utilizzato nell'industria chimica, nella produzione di vernici e adesivi, nell'industria farmaceutica e costituisce un additivo di alcuni cosmetici.

Effetti sulla salute

Il toluene viene rapidamente metabolizzato e la sua escrezione avviene per via urinaria.

I suoi effetti sono legati a problemi respiratori e di irritazione delle mucose.

Il toluene ha effetti tossici provocando disturbi al sistema nervoso centrale, ma a concentrazioni molto elevate, superiori ai 200 µg/m³.

A breve termine una dose di circa 700 mg/m³ per 8 h consecutive provoca l'irritazione degli occhi e delle vie respiratorie; a lungo termine, una dose di 750 - 1.500 mg/m³ assorbita per diversi anni può provocare euforia, perdita di memoria e della facoltà di ragionare e neuropatie periferiche.

L'organizzazione mondiale della Sanità (OMS) suggerisce di non superare i 260 µg/m³ per una settimana di esposizione.

2.5. Xilene

Lo xilene viene prodotto durante i processi catalitici e di cracking durante la raffinazione del petrolio.

E' presente nei solventi, nei coloranti, negli adesivi, nelle vernici, nei pesticidi, nell'industria della plastica e nel tabacco.

Effetti sulla salute

Lo xilene viene rapidamente metabolizzato con escrezione renale.

Effetti sulla popolazione:

a breve termine: una dose di 470 mg/m³ per un giorno porta all'irritazione degli occhi e dell'apparato respiratorio;

a lungo termine: una dose di 1.300 mg/m³ per 70 minuti provoca la reazione tardiva agli stimoli visuali e la perdita di memoria. Si tratta di concentrazioni molto elevate, riscontrabili solo in ristretti ambiti professionali.

2.6. PM 10

Con PM10 si intende il Materiale Particolato, o polveri sottili, con diametro aerodinamico compreso fra i 7 e i 10 µm. Tali particelle sono presenti in sospensione in atmosfera e la loro origine non è ascrivibile a una sola fonte. Possono essere infatti particelle di origine vegetale, aggregati di particelle incombuste provenienti da impianti di combustione e dai motori degli autoveicoli che possono veicolare sulla loro superficie metalli pesanti (piombo, cadmio, zinco, ecc.) e le molecole complesse di idrocarburi (idrocarburi policiclici aromatici ad alto peso molecolare).

Effetti sulla salute

La nocività sulla salute umana dipende sia dalla composizione chimica che dalla dimensione delle particelle: quelle di diametro superiore a 10 µm si fermano nelle mucose rinofaringee dando luogo ad irritazioni e allergie; quelle di diametro compreso tra 5 e 10 µm raggiungono la trachea e i bronchi; quelle infine con diametro inferiore a 5 µm possono penetrare fino agli alveoli polmonari. E' dunque il PM2,5 ad essere particolarmente pericoloso.

Oltre agli effetti diretti sulla salute umana, il particolato atmosferico produce degradazione delle superfici esposte e riduzione della visibilità. Su larga scala può produrre modificazioni sul clima.

Valori Limite per il Materiale Particolato (PM 10)

Il percorso per il raggiungimento del valore limite è distinto in due fasi:

Fase 1

	Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di tolleranza	Data di raggiungimento del valore limite
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ PM10 da non superare più di 35 volte per anno civile	25 µg/m ³ . Tale valore è ridotto ogni 12 mesi, per raggiungere il valore limite al 01/01/2005	01/01/2005
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ PM10	8 µg/m ³ . Tale valore è ridotto ogni 12 mesi, per raggiungere il valore limite al 01/01/2005	01/01/2005

Fase 2 *

	Periodo di mediazione	Valore Limite	Margine di tolleranza	Data di raggiungimento del valore limite
Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ PM10 da non superare più di 7 volte per anno civile	Da stabilire in base ai dati in modo che sia equivalente alla fase 1	01/01/2010
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	20 µg/m ³ PM10	10 µg/m ³ . Tale valore è ridotto ogni 12 mesi, per raggiungere il valore limite al 01/01/2010	01/01/2010

* I valori limite della fase 2 sono da rivedere con successivo decreto sulla base della futura normativa comunitaria

3. RISULTATI EMERSI DALLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO DELLE POLVERI SOSPESSE

Come accennato nell'introduzione, quest'anno Legambiente ha ampliato la sua campagna di indagini anche alle polveri sottili con diametro compreso fra i 7 e i 10 μm . Tali misurazioni sono state effettuate nei giorni tra **venerdì 5** e **martedì 9 agosto** con un misuratore ottico, AEROCET 531 funzionante sul principio della diffrazione della luce di un raggio laser quando viene attraversato dalle particelle in sospensione. Il vantaggio dell'utilizzo di questa strumentazione, preventivamente tarata con i dati forniti dalla centralina fissa di Cantù (CO), messi a disposizione cortesemente dall'ARPA Lombardia, è quello di poter effettuare misure senza essere vincolati ad una postazione fissa.

Nonostante le condizioni favorevoli alla dispersione degli inquinanti, come il forte vento che ha caratterizzato le giornate di monitoraggio, l'analisi mette in luce la presenza di situazioni di sofferenza sia a Cortina che a Courmayeur, laddove il traffico di mezzi pesanti influenza significativamente la qualità dell'aria.

Migliore il quadro offerto dalle altre località monitorate come Bormio, in Alta Valtellina, e il Passo Pordoi, nel bellunese, che nonostante l'intenso traffico hanno presentano bassi valori di PM10.

Grafico 3 - Confronto tra le medie orarie dello strumento ARPA della centralina di Cantù (CO) e quelle dell'Aerocet 531 nonché i valori istantanei (ogni 2 minuti) che hanno poi permesso la calibratura di quest'ultimo.

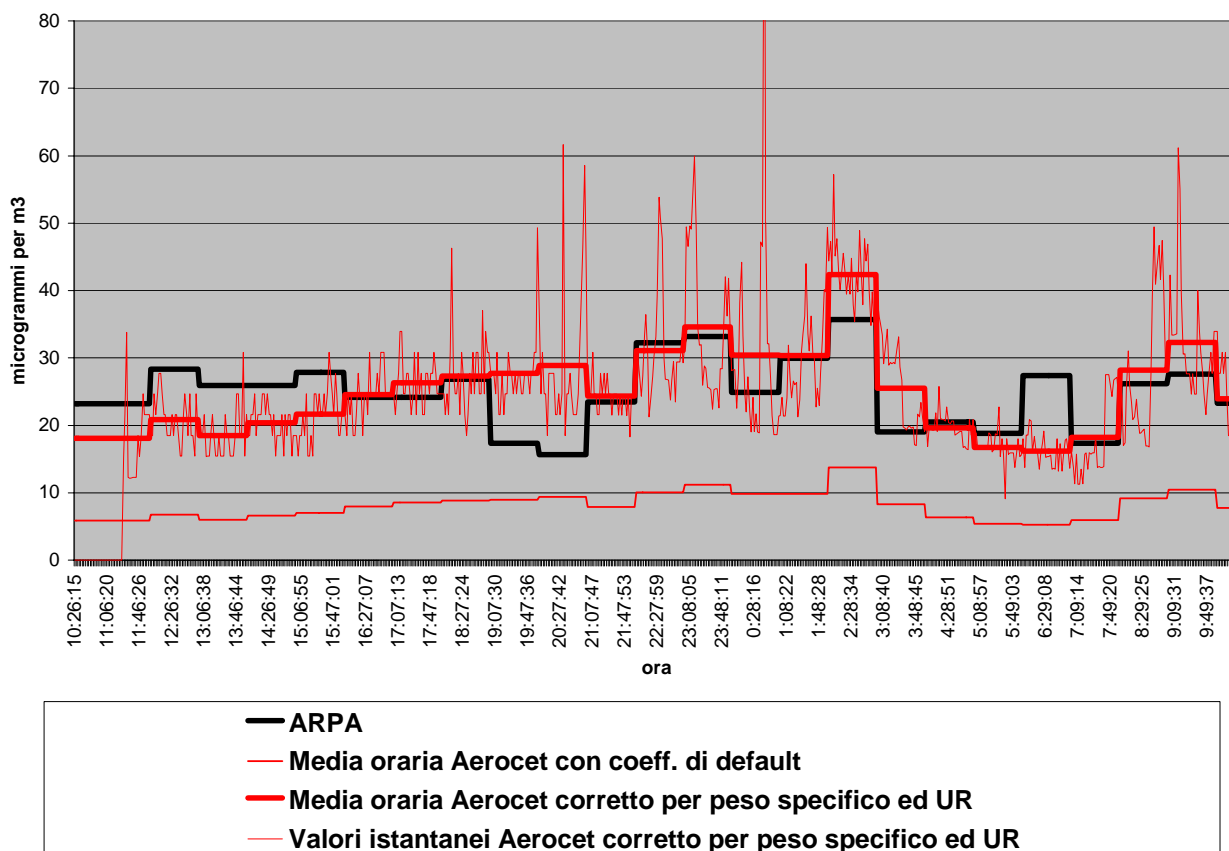


Tabella 3.1

Località	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Limite tollerato
Passo Pordoi, ciglio strada	9	40
Passo Pordoi, sentiero	4	40
Cortina d'Ampezzo, circonvallazione (Via Battisti)	50	40
Cortina d'Ampezzo, area pedonale (municipio)	28	40
Bormio, strada per Livigno (Via Milano)	15	40
Bormio, area pedonale (Via Roma)	14	40
Courmayeur, P.za Monte Bianco	59	40
Courmayeur, area pedonale	33	40
Milano, Viale Monza	34	40
Milano, giardino pubblico	24	40

Nella tabella 3.1 sono riportate le medie dei valori ottenuti nel periodo di misurazione e sono confrontate con quelle ottenute con lo stesso apparecchio e nello stesso periodo a Milano.

4. RISULTATI EMERSI DALLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO CON CAMPIONATORI PASSIVI PER GAS

Come è stato anticipato precedentemente, le misure bisettimanali condotte con i campionatori passivi presso alcune tra le più note località di villeggiatura alpine italiane hanno riguardato i seguenti tre inquinanti:

- ❖ Ozono;
- ❖ Biossido di azoto;
- ❖ Benzene.

Il periodo di monitoraggio non è stato esattamente lo stesso per tutti i siti di misura, ma i campionamenti sono stati tutti effettuati tra il **2 ed il 23 di agosto**.

La scelta dei siti si è basata su diversi fattori, primo fra tutti l'essere caratterizzati dalla presenza di un forte turismo (nel nostro caso estivo): in secondo luogo, l'interesse è stato rivolto a località posizionate nel fondovalle, quindi simili dal punto di vista della circolazione atmosferica.

Nelle tabelle e nei grafici che seguono sono elencati i diversi siti di misura, le rispettive quote sul livello del mare, i periodi di monitoraggio ed i valori di concentrazione medi su base settimanale o bisettimanale rilevati.

Tabella 4.1

Località	m.s.l.m.	periodo
Limone Piemonte (CN)	1010	08/08 - 22/08
Courmayeur (AO)	1224	06/08 - 21/08
Ayas (AO)	1710	07/08 - 21/08
Macugnaga (VB)	1200	05/08 - 20/08
San Pellegrino Terme (BG)	354	05/08 - 19/08
Livigno (SO)	1816	03/08 - 17/08
Bormio (SO)	1150	07/08 - 23/08
Brenzone (VR)	75	04/08 - 18/08
Madonna di Campiglio (TN)	1550	06/08 - 20/08
Asiago (VI)	1000	04/08 - 18/08
Siusi (BZ)	1004	02/08 - 18/08
Ortisei (BZ)	1234	05/08 - 20/08
Moena (TN)	1184	05/08 - 19/08
Cortina d'Ampezzo (BL)	1211	08/08 - 22/08
Forni di Sopra (UD)	907	05/08 - 19/08

Molti dei siti di campionamento sono gli stessi del 2004. Questa scelta non è casuale, ma permette di poter seguire l'evolversi temporale degli inquinanti atmosferici nel corso di più anni (cfr. Dossier 2004, www.legambiente.org)

Tabella 4.2

Località	mslm	O3 (1)	O3 (2)	NO2	Benzene	Toluene	Etilbenzene	p-Xilene	m-Xilene	o-Xilene
Limone P	1010	72,1	106,5	19,0	1,3	5,7	0,8	0,9	2,4	1,2
Courmayeur	1224	36,9	76,3	31,3	0,7	3,3	1,0	1,0	2,5	0,9
Ayas	1710	95,2	108,1	4,4	0,7	3,0	0,4	0,5	1,1	0,6
Macugnaga	1200	66,0	75,2	7,0	0,6	4,5	0,4	0,4	1,1	0,5
San Pellegrino Terme	354	82,6	74,5	24,5	1,7	6,9	1,2	1,2	2,7	1,4
Livigno	1816	65,5	62,5	27,2	1,7	6,8	1,2	1,3	3,4	1,6
Bormio	1150	57,2	47,7	63,3	4,9	16,7	3,2	3,6	9,0	4,2
Brenzone	75	87,4	98,6	18,9	2,2	8,9	1,5	1,5	3,7	1,7
Madonna di Campiglio	1550	66,7	53,9	16,0	1,0	4,2	0,7	0,7	1,8	0,8
Asiago	1000	78,8	60,8	20,0	1,5	7,2	1,3	1,2	3,1	1,5
Siusi	1004	45,4	51,9	11,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ortisei	1234	56,6	48,9	41,3	1,5	5,3	1,1	1,1	2,7	1,2
Moena	1184	47,0	45,5	76,9	5,4	18,5	3,5	3,7	8,9	4,1
Cortina d'Ampezzo	1211	37,9	39,6	54,4	3,3	11,0	2,2	2,1	5,5	2,6
Forni di Sopra	907	63,8	53,6	23,4	2,1	6,9	1,4	1,4	3,5	1,6
Milano Via Juvara*	150		50,2	22,0						
Milano Via Senato*	150				1,0					

(1) Prima settimana

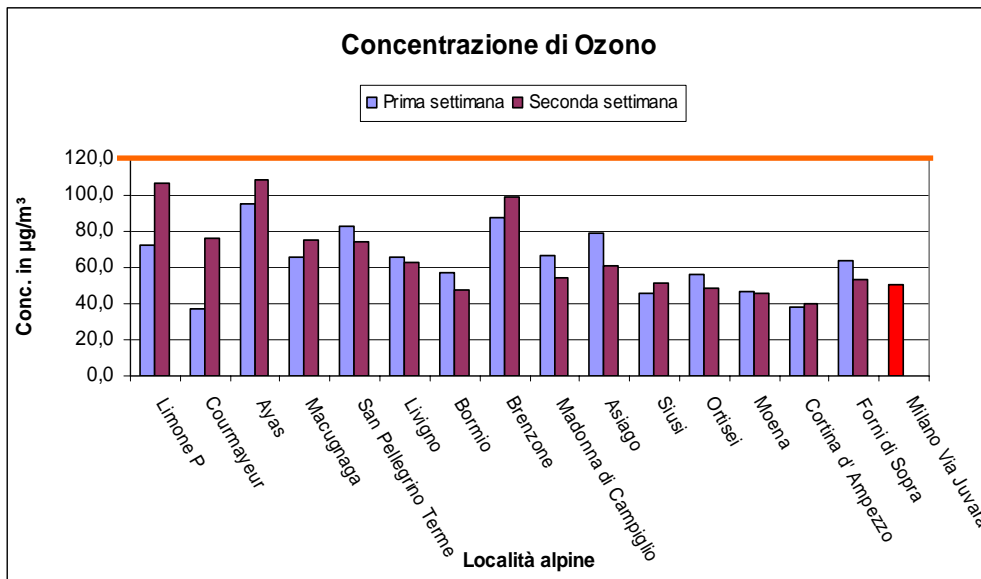
(2) Seconda settimana

* Valori forniti dalle centraline fisse di ARPA Lombardia nel periodo di monitoraggio

Come si può notare dal grafico 4, nei siti monitorati non ci sono stati superamenti del valore bersaglio per la protezione umana di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fissati per l'ozono, grazie alle condizioni atmosferiche che hanno caratterizzato quest'estate: bassa insolazione e condizioni ricorrenti di bassa pressione e di forte ventilazione.

Vista la natura dell'ozono che tende ad evidenziare concentrazioni più elevate in zone d'alta montagna, non deve sorprendere il dato molto elevato di **Ayas ($108,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$)**, a fronte di concentrazioni decisamente più basse per gli altri inquinanti: l'alto livello di ozono in questa località deve ritenersi associato a fenomeni di trasporto da grandi distanze (il fondovalle principale o la Pianura Padana) piuttosto che da inquinamento locale. Seguono poi **Limone Piemonte ($106,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)**, **Brenzone ($98,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$)** e **San Pellegrino Terme ($82,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$)**. Nelle prime due località i valori hanno sfiorato il limite nonostante le premesse, "doppiando" la media del periodo misurata contemporaneamente dalle centrali fisse dell'ARPA nel centro di Milano.

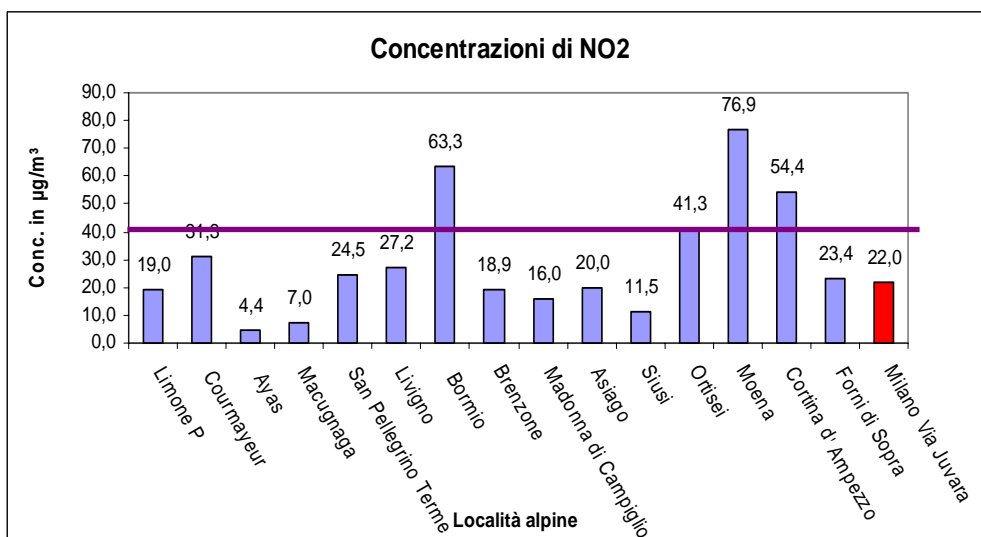
Grafico 4



In generale nell'estate 2004 le situazioni più preoccupanti riguardano l'inquinamento biossido di azoto e del benzene dato che in alcune località molto frequentate hanno concentrazioni addirittura sopra ai limiti di legge.

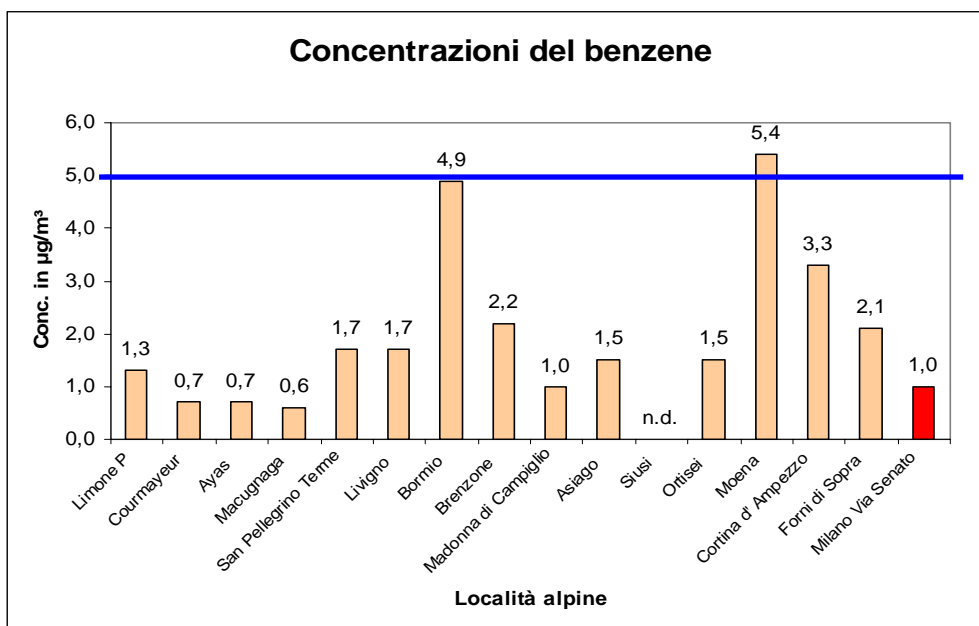
Così per il biossido di azoto (grafico 5) sono stati misurati **41,3 µg/m³ a Ortisei**, **63,3 µg/m³ a Bormio**, **54,4 µg/m³ a Cortina d'Ampezzo**, per finire con **Moena, 76,9 µg/m³** mentre il limite annuale di legge è fissato in **40 µg/m³**.

Grafico 5



Come già detto il biossido di azoto è generato dai processi di combustione, principalmente da quello dei motori degli autoveicoli, ed è normale trovarlo in alte concentrazioni in siti dove il traffico commerciale è intenso o che sono attraversati da vie che conducono verso località turistiche privilegiate.

Grafico 6



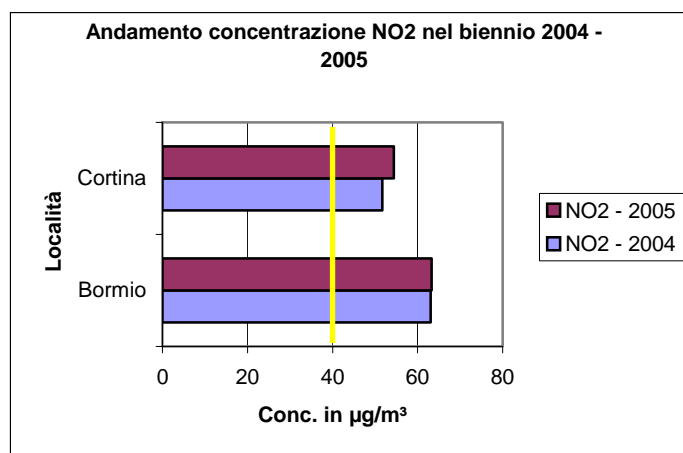
Altro inquinante direttamente connesso al motore degli autoveicoli (in questo caso soprattutto gli autovetture) è il **benzene**. Nel grafico 6, sono riportate le concentrazioni rilevate. Come è prevedibile, i suoi valori sono molto alti nelle località già segnalate per il biossido di azoto: **Cortina 3,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , **Bormio 4,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** e **Moena 5,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** ben al di sopra del valore limite per la protezione della salute umana. Ma rimane impressionante il divario che si evidenzia con il valore di **1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** che nello stesso periodo è segnalato per il capoluogo lombardo.

5. CONCLUSIONI

Anche quest'anno il mese di agosto, periodo dei monitoraggi, è stato caratterizzato da condizioni meteorologiche particolarmente favorevoli sia alla dispersione degli inquinanti (a causa dei forti venti in quota) che all'abbattimento delle loro concentrazioni per via delle frequenti precipitazioni. Infatti, i risultati emersi dai campionatori passivi hanno denotato concentrazioni di **ozono** tali da non superare i limiti di legge stabiliti dal DL183 del 21/05/04; in particolare per tutte le località monitorate non si è superato il valore bersaglio per la salute umana (pari a $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valore che però non va riferito alla media settimanale, ma a quella delle 8 ore intorno al picco giornaliero, non rilevabile con la tecnologia da noi adottata). Le concentrazioni più alte di ozono sono state riscontrate a Limone Piemonte, Ayas, San Pellegrino Terme e Brenzone: trattandosi di concentrazioni medie settimanali, questi dati lasciano intuire che ci possono essere stati episodi di superamento del valore orario della soglia d'informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e, di conseguenza, anche di quelli per la protezione della salute umana e della vegetazione.

Per quanto riguarda il **biossido di azoto**, i valori medi su base bisettimanale riscontrati sono generalmente al di sotto della soglia dei $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valore corrispondente al limite annuale per la protezione della salute umana), ad eccezione dei siti di Bormio, Ortisei, Moena e Cortina d'Ampezzo. Il valore per Moena è addirittura doppio rispetto al limite di legge. Preme sottolineare inoltre, che Bormio e Cortina anche l'anno passato hanno registrato valori preoccupanti di inquinanti atmosferici (grafico 7) da attribuire al traffico autoveicolare particolarmente intenso in prossimità della stazione di rilevamento.

Grafico 7



Sono però gli alti valori di concentrazione medi del **benzene**, inquinante cancerogeno, che preoccupano di più. Sebbene solo Moena superi il limite annuale per la protezione della salute umana che scatterà nel 2010 ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), rispetto l'anno passato vi sono molti più siti prossimi al limite: Bormio e Cortina per primi. La situazione non è rosea se si pensa che la concentrazione di benzene nel centro di Milano ad agosto è stata pari a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e che la tendenza internazionale è quella di abbattere totalmente le concentrazioni di questo pericoloso inquinante.

Partendo da tutti questi dati abbiamo sintetizzato la situazione fotografata quest'anno in una semplice tabella.

Tabella 5.1

Giudizio complessivo di Legambiente

<i>Località</i>	<i>Biossido di azoto</i>	<i>Ozono*</i>	<i>Benzene</i>	<i>Giudizio complessivo</i>
Limone P	☺	☹	☺	☺
Courmayeur	☹	☹	☺	☹
Ayas	☺	☹	☺	☺
Macugnaga	☺	☹	☺	☺
San Pellegrino Terme	☹	☹	☹	☹
Livigno	☹	☹	☹	☹
Bormio	☹☹	☹	☹☹	☹☹
Brenzone	☺	☹	☹	☹
Madonna di Campiglio	☺	☹	☺	☺
Asiago	☺	☹	☹	☹
Siusi	☺	☺	Non disponibile	☺
Ortisei	☹	☹	☹	☹
Moena	☹☹	☺	☹☹	☹☹
Cortina d'Ampezzo	☹☹	☺	☹☹	☹☹
Forni di Sopra	☹	☹	☹	☹

<i>Legenda</i>	<i>Intervallo di valori del Biossido</i>	<i>Intervallo di valori dell'Ozono</i>	<i>Intervallo di valori del Benzene</i>
☺	0 - 22 µg/m ³	0 - 50 µg/m ³	0 - 1 µg/m ³
☹	22 - 40 µg/m ³	50 - 75 µg/m ³	1 - 2 µg/m ³
☹	40 - 50 µg/m ³	75 - 120 µg/m ³	2 - 3 µg/m ³
☹☹	> 50 µg/m ³	> 120 µg/m ³	> 3 µg/m ³

* Media dei valori settimanali

Una considerazione finale va fatta anche per i dati ottenuti durante il monitoraggio del **PM10** effettuato con l'analizzatore mobile di massa. In termini assoluti i livelli di inquinamento non sono risultati altissimi, appare però significativo che, seppur in condizioni meteorologiche ottimali, in alcune località turistiche alpine come Courmayeur e Cortina, si riscontrino concentrazioni di sostanze inquinanti molto più alte rispetto a quelle urbane misurate nello stesso periodo.