



L'ARIA CAMBIA

Rapporto 2008

Qualità dell'aria in Ticino

Giugno 2009

Introduzione	Prefazione	3
	Concetti basilari	4
	Perché si monitora l'aria?	5
	La rete cantonale di rilevamento	6
L'aria in Ticino	In generale	8
	La situazione meteorologica del 2008	14
	Traffico stradale	16
	Diossido d'azoto (NO ₂)	18
	Ozono (O ₃)	21
	Diossido di zolfo (SO ₂)	24
	Monossido di carbonio (CO)	25
	Le polveri in sospensione	26
	PM10	28
	Numero di particelle	30
Deposizioni umide	31	
Approfondimento	Evoluzione dell'ozono 1992-2007	36
Allegati	Le singole stazioni	40
	I dati dei campionatori passivi di NO ₂	49
	I metodi di misura	53
	Unità di misura e concetti statistici	58
	Simboli ed abbreviazioni	59
	Bibliografia	60
	Chi siamo e ringraziamenti	61

Compiti del rilevamento della qualità dell'aria

L'Ordinanza federale contro l'inquinamento atmosferico, OIAf, entrata in vigore il 1° marzo 1986, ha affidato ai Cantoni il compito di sorvegliare lo stato e l'evoluzione dell'inquinamento atmosferico.

I principali compiti affidati al Cantone dall'OIAf sono:

- sorvegliare stato e sviluppo dell'inquinamento atmosferico nelle diverse regioni del Cantone;
- verificare l'efficacia dei provvedimenti per ridurre le emissioni;
- informare regolarmente e tempestivamente la popolazione sullo stato dell'aria.

In Ticino le analisi della qualità dell'aria sono iniziate nel 1985. La rete di rilevamento cantonale comprendeva, nei primi anni 1990, 8 stazioni di misura in continuo.

Le sempre maggiori richieste di Comuni e popolazione toccate dalle emissioni di determinati impianti hanno portato negli ultimi 5 anni ad estendere la rete di rilevamento con nuove stazioni, come quelle presso i cantieri di Alp Transit e quelle poste per monitorare i lavori e gli effetti della galleria Veduggio-Cassarate e delle misure fiancheggiatrici del Piano dei trasporti del Luganese. Con le stazioni di Moleno e Camignolo, poste lungo l'autostrada, si vuole invece monitorare gli effetti del traffico sull'ambiente lungo la A2 e la A13. Tutti i dati sull'aria, assieme a svariati altri parametri registrati su tutto il territorio (meteorologici, fonici, traffico) confluiscono nell'OASI, ossia l'Osservatorio Ambientale della Svizzera Italiana.

Novità nella rete di rilevamento della qualità dell'aria

Il 2008 è stato caratterizzato dal sostanziale rinnovamento della rete di rilevamento della qualità dell'aria, con l'allestimento di due nuove stazioni di misura - Comano e Giubiasco - e la sostituzione del sistema d'acquisizione dati e di quasi la metà degli analizzatori.

Le due nuove stazioni avranno il compito di monitorare la qualità dell'aria nei pressi di due impianti che entreranno in esercizio nei prossimi anni, il camino della Galleria Veduggio-Cassarate a Comano e l'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti a Giubiasco.

La struttura della rete di rilevamento che si presenta ora come uno strumento affidabile, seppur gestito con risorse limitate, è stata così profondamente rinnovata.

Essa permette ora di trasmettere e divulgare i dati quasi in tempo reale.

Oggi chiunque può, ovunque e indipendentemente, accedere in ogni momento alle informazioni sullo stato dell'aria, tramite ad esempio Internet o i messaggi SMS. Questa velocità nella trasmissione e nell'elaborazione delle informazioni permette così di intervenire immediatamente in caso di forte inquinamento: da una parte le autorità adottano il concetto di misure d'urgenza da applicare secondo la qualità dell'aria, e dall'altra la popolazione adatta i propri comportamenti in funzione dell'inquinamento atmosferico.

Nel corso del settembre 2008 è stato organizzato un pomeriggio informativo durante il quale si è fatto il punto sull'inquinamento atmosferico a venti anni dai suoi primi rilevamenti sistematici, mettendo in luce sia i miglioramenti ottenuti che gli obiettivi ancora da raggiungere.

Gli atti del convegno sono raccolti nel numero di dicembre della rivista "Dati" [1].

Trend dell'ozono 1992-2007

Durante gli ultimi venti anni molti sono stati gli interventi per ridurre le emissioni dei precursori dell'ozono, che hanno permesso di ottenere rilevanti diminuzioni delle emissioni di composti organici volatili, COV, e degli ossidi di azoto, NOx. Lo spazio di approfondimento è così dedicato quest'anno alla valutazione dei trend dell'ozono durante il periodo 1992-2007. L'Istituto Paul Scherrer, PSI, ha infatti analizzato con un nuovo metodo statistico che "depura" i dati dalla componente meteorologica, l'evoluzione di questo inquinante durante gli ultimi 15 anni [2]. L'approfondimento a pagina 36 presenta una sintesi dei principali risultati scaturiti da questo studio.

Concetti basilari

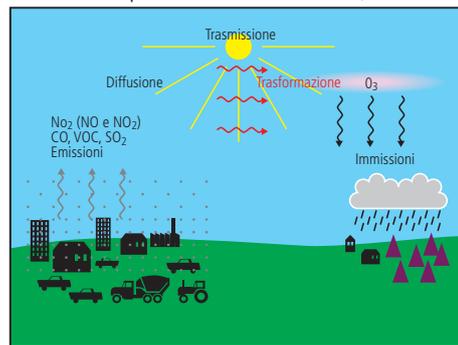
Minuscole, spesso incolori, inodori e impalpabili: le sostanze nocive contenute nell'aria che respiriamo e che ci assicura la vita, sono talvolta difficilmente percepibili e i loro effetti sottovalutati. Gli inquinanti atmosferici rappresentano però un rischio accertato per la salute umana e hanno ripercussioni dirette e indirette su animali, piante, ed interi ecosistemi. Per capire le tematiche riguardo all'inquinamento atmosferico è perciò utile conoscere alcuni concetti basilari.

Innanzitutto gli inquinanti (sostanze nocive presenti nell'aria che poi respiriamo) sono emessi da diverse fonti, come ad esempio i processi industriali, i riscaldamenti, il traffico stradale, i cantieri, ecc... Il passaggio dell'inquinante dalla sorgente all'aria è chiamato emissione.

Con il vento questi inquinanti primari – principalmente ossidi d'azoto, NO_x , polveri sottili primarie, PM_{10} , diossido di zolfo, SO_2 , monossido di carbonio, CO , idrocarburi policiclici aromatici, IPA e composti organici volatili, COV , – si propagano nell'atmosfera (trasmissione) a svariate distanze, diluendosi. È possibile anche che reagendo tra loro (trasformazione) o sotto l'influsso di agenti esterni come le radiazioni ultraviolette, essi formino nuovi prodotti nocivi, i cosiddetti inquinanti secondari, come l'ozono, O_3 , e le polveri sottili secondarie, PM_{10} .

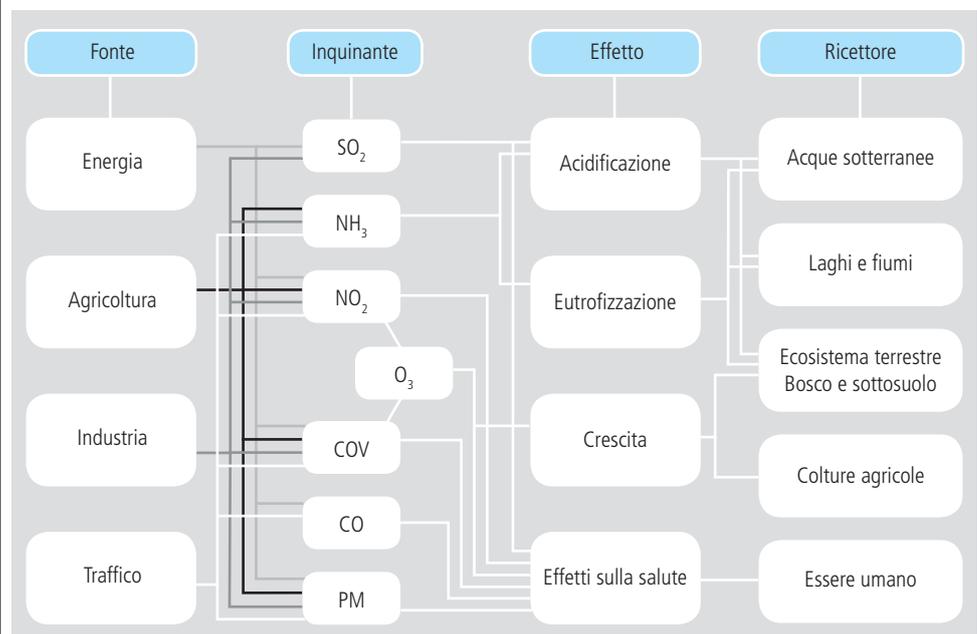
Le concentrazioni dei diversi contaminanti presenti nell'aria infine vengono dette immissioni e ne caratterizzano la qualità. Essi sono poi respirati da persone ed animali e assorbiti da piante ed ecosistemi, con svariate conseguenze.

Figura 1: L'inquinamento atmosferico: emissioni, trasmissione, trasformazione ed immissioni



Lo schema seguente mostra come l'inquinamento atmosferico abbia molteplici fonti ed effetti disparati su tutti i comparti ambientali. Dalla flora alla fauna, dalle acque ai suoli: gli inquinanti, una volta dilavati dall'atmosfera, continuano ad agire. La diminuzione delle emissioni risulta evidentemente lo strumento più efficace per migliorare la situazione ambientale in generale.

Schema 1: principali fonti delle sostanze inquinanti e loro effetti sui diversi ricettori



Perché si monitora l'aria?

La Legge sulla protezione dell'ambiente, LPAmb, e l'Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico, OIAAt, si prefiggono di proteggere le persone, gli animali, le piante ed in generale l'ambiente e la natura dagli inquinanti dell'aria.

Per questo l'OIAAt definisce limiti di immissione (vedi tabella sottostante, e per una spiegazione dettagliata delle unità e dei concetti statistici l'allegato 4.4) che, se rispettati, garantiscono una qualità dell'aria accettabile e rendono improbabili gli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico sulla salute di adulti, bambini, anziani e gestanti.

I Cantoni hanno perciò il compito di verificare regolarmente, in base ai valori limite d'immissione, VLI, dell'OIAAt, la qualità dell'aria sul proprio territorio e di comunicare l'esito di tali accertamenti alla popolazione.

Valori limite di immissione, VLI, OIAAt

Sostanza inquinante	Valore limite		Definizione statistica
Diossido di zolfo (SO ₂)	30	µg/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
	100	µg/m ³	95% dei valori medi su ½ h di un anno ≤ 100 µg/m ³
	100	µg/m ³	Valore medio su 24 h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Diossido di azoto (NO ₂)	30	µg/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
	100	µg/m ³	95% dei valori medi su ½ h di un anno ≤ 100 µg/m ³
	80	µg/m ³	Valore medio su 24 h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Monossido di carbonio (CO)	8	mg/m ³	Valore medio su 24 h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Ozono (O ₃)	100	µg/m ³	98% dei valori medi su ½ h di un mese ≤ 100 µg/m ³
	120	µg/m ³	Valore medio su 1 h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Polveri sottili (PM10)	20	µg/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
	50	µg/m ³	Valore medio su 24 h; può essere superato al massimo 1 volta all'anno
Piombo (Pb) nelle polveri sottili	0.5	µg/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
Cadmio (Cd) nelle polveri sottili	1.5	ng/m ³	Valore annuo medio (media aritmetica)
Polveri in ricaduta totali	200	mg/m ² x d	Valore annuo medio (media aritmetica)
Piombo (Pb) nelle Polveri in ricaduta	100	µg/m ² x d	Valore annuo medio (media aritmetica)
Cadmio (Cd) nelle Polveri in ricaduta	2	µg/m ² x d	Valore annuo medio (media aritmetica)
Zinco (Zn) nelle Polveri in ricaduta	400	µg/m ² x d	Valore annuo medio (media aritmetica)
Tallio (Tl) nelle Polveri in ricaduta	2	µg/m ² x d	Valore annuo medio (media aritmetica)

La rete cantonale di rilevamento

1.4

La rete cantonale di rilevamento

La rete cantonale di rilevamento è lo strumento di verifica della qualità dell'aria ticinese. Essa comprende in primo luogo 8 stazioni di misura situate a Chiasso, Bioggio, Pregassona, Camignolo, Locarno, Brione sopra Minusio, Moleno e Bodio (vedi figura 2), le cui caratteristiche sono elencate in dettaglio nell'allegato 1. La rete di base monitora dagli anni novanta la situazione dell'aria in diverse ubicazioni caratteristiche di una determinata situazione del Cantone (agglomerato, campagna, centro città e via dicendo). A questa si integrano le stazioni di Lugano e Magadino, gestite dall'Ufficio federale dell'ambiente, UFAM, e facenti parte della rete nazionale di rilevamento dell'inquinamento atmosferico "NABEL", Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe.

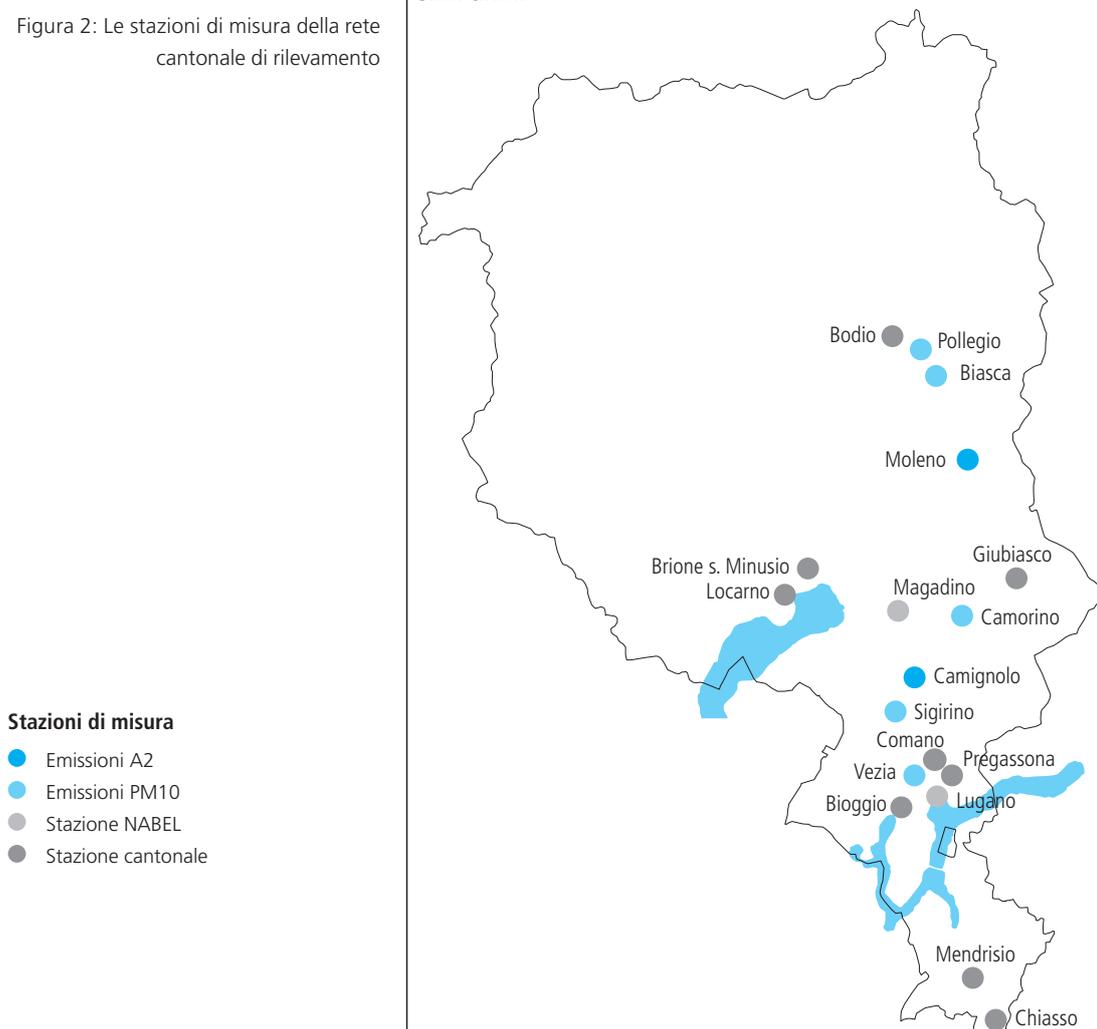
Nel 2008 la rete di rilevamento è stata sottoposta ad importanti lavori di manutenzione, in quanto il sistema di acquisizione dati e la maggior parte degli analizzatori non erano mai stati sostituiti e risalivano ancora agli anni novanta.

Di conseguenza, allo scopo di garantire la correttezza dei rilevamenti e la loro tempestiva trasmissione alla popolazione, si è proceduto ad un investimento di rinnovamento delle apparecchiature dell'ordine di circa 400'000 franchi.

Oltre alla sostituzione del sistema di acquisizione dati che permette il definitivo passaggio alla tecnologia digitale di trasmissione dati, è stata sostituita quasi la metà degli analizzatori di diverse sostanze inquinanti ormai obsoleti.

Nel 2008 sono state poi allestite e messe in funzione due nuove stazioni di misura, a Comano e a Giubiasco, presso due nuovi impianti - il camino della Galleria Vedeggio-Cassarate e il nuovo termovalorizzatore dell'ACR- che entreranno in esercizio nei prossimi anni.

Figura 2: Le stazioni di misura della rete cantonale di rilevamento



Strategia ed obiettivi

Ai dati di queste stazioni se ne aggiungono altri provenienti da ulteriori rilevamenti: il diossido di azoto, NO₂, per esempio, viene determinato anche tramite campionatura passiva in oltre 150 ubicazioni distribuite in tutto il cantone (vedi allegato 4.2).

L'inquinamento atmosferico denota differenze regionali e locali notevoli, poichè è caratterizzato dal tipo di contaminante e dipende dalle fonti di emissione, dalla posizione geografica, conformazione e condizioni meteorologiche. Lo sviluppo della rete di rilevamento viene quindi adeguato alle mutevoli situazioni di carico e alle esigenze riguardanti la salute pubblica che ne derivano. Si riconsiderano i vecchi compiti e si definiscono nuovi obiettivi e strategie, organizzando per esempio campagne di misura mirate. La scelta dei luoghi di misura è accuratamente ponderata, in modo da garantire la massima rappresentatività e monitorare situazioni problematiche.

In questo senso nel 2008 è stato eliminato il monitoraggio della dispersione degli ossidi di azoto lungo l'A2, a Moleno, composto di 8 punti di prelievo. Inoltre, dopo l'analisi dei dati degli ultimi 5 anni, il controllo presso il portale della galleria del Gottardo è stato ridotto da 6 punti a soli 2.

Per contro si è dato avvio al concetto di monitoraggio delle emissioni del futuro impianto di termovalorizzazione di Giubiasco mettendo in funzione i controlli presso una ventina di punti ubicati nelle sue vicinanze.

Le misure sono iniziate oltre un anno prima in modo da avere a disposizione rilevamenti a futura memoria prima della messa in esercizio dell'inceneritore.

OASI, l'Osservatorio ambientale della Svizzera Italiana

La rete cantonale di rilevamento della qualità dell'aria è integrata nell'Osservatorio ambientale della Svizzera Italiana, OASI.

A livello pratico l'OASI contempla tre campi d'azione: l'osservazione vera e propria, la gestione dei dati e l'informazione. La fase di osservazione prevede il rilevamento del traffico (tipo di veicolo, velocità e peso), della meteorologia e delle emissioni ed immissioni foniche ed atmosferiche (quest'ultime attraverso appunto la rete cantonale di rilevamento della qualità dell'aria). Il sistema di gestione dei dati è interamente informatizzato. Esso coordina la memorizzazione dei vari input (degli anni passati ed attuali) provenienti dai diversi punti di rilevamento.

Nel corso del 2008 l'OASI è stato ampliato anche al settore dei siti inquinati.

La popolazione è informata, tra l'altro, tramite Internet. Ogni utente può collegarsi al portale del sistema OASI, <http://www.ti.ch/oasi>, e accedere in tempo reale ai dati che lo interessano.

In generale

L'essenziale in breve

Anche durante il 2008 gli inquinanti che superano i limiti fissati dall'Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico, OIAt, sia per le medie annue che per le medie giornaliere o orarie, sono il diossido di azoto, NO_2 , l'ozono, O_3 , e le polveri sottili, PM_{10} . Ciò rende la qualità dell'aria in Ticino ancora insufficiente.

Per contro, gli inquinanti «classici» gassosi come il diossido di zolfo, il monossido di carbonio, ma anche il piombo e il cadmio nelle polveri, sono ampiamente sotto controllo da tempo.

L'ozono e le polveri sottili hanno un andamento stagionale caratteristico, che dà origine al cosiddetto smog fotochimico estivo (del quale l'ozono è il principale indicatore) e allo smog invernale, caratterizzato da elevate concentrazioni di PM_{10} . Questi due fenomeni sono determinati anche dalle condizioni atmosferiche e dall'influsso dell'aria su scala regionale e continentale, oltre che dalle emissioni locali.

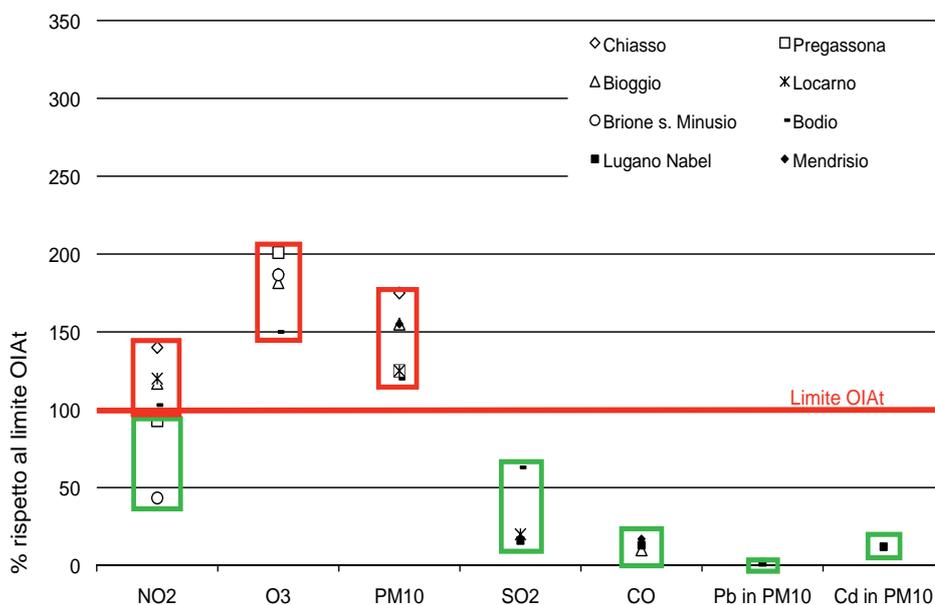
Entrambi i parametri presentano le caratteristiche di inquinanti secondari e riflettono lo stato regionale dell'inquinamento atmosferico. Per contro il diossido d'azoto, che costituisce uno dei principali precursori dell'ozono e delle polveri sottili secondarie, restituisce lo stato locale dell'inquinamento dell'aria.

La figura seguente riassume il quadro delle principali immissioni inquinanti in Ticino nel 2008. Essa riporta per ogni sostanza i valori medi annui e i valori massimi per ozono e monossido di carbonio, rilevati dalle stazioni di analisi come percentuale dei loro limiti d'immissione.

I valori al di sopra della soglia fissata dalla legge mostrano il carico a cui la maggior parte della popolazione ticinese è esposta.

Malgrado il superamento dei VLI, in generale il 2008 ha presentato, per le medie su tutte le stazioni di diossido di azoto, ozono, e polveri sottili, le concentrazioni più basse da quando sono iniziati i rilevamenti sistematici dell'inquinamento atmosferico.

Figura 3: Sommario dell'inquinamento atmosferico rispetto ai valori limite d'immissione, VLI, dell'OIAt. I valori si riferiscono per il diossido di zolfo (SO_2), per il diossido di azoto (NO_2), per le polveri sottili in sospensione (PM_{10}) e per il piombo (Pb) ed il cadmio (Cd) nelle PM_{10} alle concentrazioni medie annue. Per l'ozono (O_3), al 98° percentile mensile massimo, mentre per il monossido di carbonio (CO) alla concentrazione media giornaliera massima. In verde i valori inferiori al limite OIAt, in rosso quelli superiori



Diossido d'azoto (NO₂): costante diminuzione

La rapida diminuzione delle concentrazioni di diossido d'azoto registrata negli anni novanta, attribuibile all'introduzione del catalizzatore e ad altri provvedimenti di natura tecnica, ha subito a partire dagli anni 2000 un sensibile rallentamento. Questa evoluzione può essere ricondotta a diversi fattori: da una parte all'aumento delle percorrenze chilometriche e all'incremento delle vetture diesel in circolazione, che hanno annullato il beneficio dovuto al miglioramento tecnico dei veicoli.

D'altro canto, per rispettare le norme sempre più stringenti in materia di emissioni di polveri, i motori diesel più recenti emettono più NO₂ rispetto ai modelli precedenti.

Si osserva infatti che le immissioni di ossidi di azoto non diminuiscono allo stesso ritmo delle relative emissioni. Questa differenza può essere ricondotta a fenomeni chimici dell'atmosfera. L'osservazione dei dati sulle immissioni a partire dal 1992 indica che la velocità d'ossidazione del monossido, NO, in biossido, NO₂, di azoto ha una tendenza ad accelerare. Per la medesima quantità di NO emessa alla fonte, le immissioni medie annue di NO₂ sono superiori, proprio perché una quantità maggiore è ossidata a NO₂. Rispetto alle emissioni di NO_x le immissioni di NO₂ diminuiscono più lentamente. Se a questo aggiungiamo il fatto che negli anni hanno preso sempre più piede i motori diesel che emettono considerevolmente più NO₂, attorno al 40% rispetto al 5-10% di un motore a benzina, è possibile spiegare questa differenza nel rateo di diminuzione delle emissioni di NO_x e delle immissioni di NO₂.

In Ticino la fonte principale di NO₂ è il traffico stradale, responsabile di circa il 70-75% delle emissioni. Di conseguenza i superamenti del valore limite dell'OIAt (30 µg/m³) vengono registrati nei principali agglomerati e lungo le strade maggiormente trafficate, come ad esempio a Chiasso, con una media annua di 42 µg/m³, Locarno e Lugano con 36 e 34 µg/m³. Nelle periferie degli agglomerati e nelle zone suburbane le immissioni di ossidi di azoto si attestano attorno al valore limite stabilito dall'OIAt, vedi Pregassona, con 28 µg/m³ e Vezia con 31 µg/m³. Nelle zone rurali e discoste, come ad esempio a Magadino con 21 µg/m³ e Brione sopra Minusio con 13 µg/m³, il valore limite è invece ampiamente rispettato.

Questi dati evidenziano pure come il traffico veicolare incida in modo importante a livello locale sull'inquinamento atmosferico e sull'igiene dell'aria.

Nel 2008 si confermano i miglioramenti registrati per la prima volta nel 2007, da quando cioè, il limite per il diossido di azoto, fissato dalla legge a 30 µg/m³, è rispettato non solo a Brione s. Minusio, ma anche presso la stazione di misura di Pregassona, che riflette lo stato dell'aria nella periferia dell'agglomerato luganese.

A Bodio, lungo l'asse di transito dell'A2, il valore registrato è solo leggermente al di sopra del VLI.

Questi dati sono incoraggianti in quanto indicano un'evoluzione favorevole e improntata verso la riduzione delle emissioni su scala locale e sono probabilmente l'indicatore di una evoluzione verso il risanamento durevole dell'aria in Ticino.

Questi risultati sono confermati anche dai dati registrati tramite i campionatori passivi, per i quali nel corso degli ultimi vent'anni le concentrazioni di diossido di azoto si sono dimezzate con un ritmo costante di circa 1.5-2 µg/m³ annui.

Resta tuttavia ancora preoccupante la situazione nel Mendrisiotto che presenta valori più elevati rispetto al resto del Cantone ad immagine di Chiasso, dove, con 42 µg/m³, il VLI per il diossido di azoto supera quasi del 50% il limite OIAt.

Polveri sottili (PM10): annata ancora favorevole ma immissioni ancora troppo elevate

Per le polveri sottili i limiti di immissione fissati dall'OIAt per la media annua (20 µg/m³) e la media giornaliera (50 µg/m³) continuano ad essere superati, sia negli agglomerati che in periferia.

Ad eccezione della stazione di misura di Chiasso, i valori registrati di PM10 sono rimasti negli anni più o meno stabili, attestandosi tra la media annua minima di Sigirino di 19 µg/m³ e la media massima di Bioggio pari a 31 µg/m³.

Grazie alle favorevoli condizioni meteorologiche invernali, con temperature piuttosto elevate per la stagione che hanno limitato la formazione di inversioni termiche persistenti, il 2008 è stato nuovamente il migliore rispetto ai dieci anni precedenti; il valore

In generale

medio annuo per le PM10 di tutte le stazioni di misura, si attesta a $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, di ben $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ inferiore rispetto al 2007.

Malgrado questo generale e continuo miglioramento, il 2008 è stato anche caratterizzato da un periodo di oltre una settimana - tra il 23 febbraio e il 1° marzo - di smog acuto. Durante questi giorni sono state raggiunte concentrazioni giornaliere medie di PM10 superiori a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un massimo di $177 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che hanno costretto ad introdurre misure urgenti per la riduzione delle emissioni. Per maggiori informazioni in merito si rimanda al rapporto "Introduzione delle misure d'urgenza in caso di inquinamento atmosferico acuto - Bilancio degli effetti della limitazione della velocità a 80 km/h sulla A2 dal 25.2.2008 al 2.3.2008" [3].

In generale si ravvisa una lenta tendenza al miglioramento per questa sostanza inquinante; a Lugano le concentrazioni di PM10 sono diminuite in 10 anni di circa un terzo passando da un valore di $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 1997 a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2008.

A Chiasso invece, a partire dal 2002, si è osservato un incremento notevole delle immissioni, che non risulta tuttavia riconducibile solo all'aumento delle emissioni locali. Dopo un picco massimo nel 2003 di $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nel 2008 la media annua si è attestata a $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Probabilmente fattori meteorologici e l'influsso sovraregionale si sono riflessi nell'incremento delle concentrazioni a Chiasso.

Da alcuni anni sono monitorate le emissioni di polveri nei pressi dei grandi cantieri di Alp Transit. A Pollegio, dove la qualità dell'aria è influenzata dalla presenza del cantiere di Alp Transit, da 5 anni si registrano concentrazioni tra i 30 e $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anche a Camorino, dove i lavori preparatori del cantiere di Alp Transit sono iniziati nel 2007, si è verificato un aumento delle concentrazioni dovuto ai lavori di scavo.

In queste due località l'aumento del valore medio annuo è di circa $4-6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (cfr. figura 20, pag. 28).

Per quanto riguarda il valore limite giornaliero, nel Sottoceneri vi sono stati 63 superamenti a Chiasso, 42 a Bioggio, 30 a Lugano e 19 a Camignolo, quando l'OIAAt ammette un unico superamento annuo. La maggior parte dei superamenti è stata osservata tra ottobre e marzo. Nel Sopraceneri la situazione è migliore ma il numero di superamenti del VLI giornaliero è comunque importante: 23 a Locarno, 10 a Bodio e 30 a Moleno.

In generale, rispetto al 2007 vi è comunque stato un netto calo dei superamenti del limite giornaliero. In particolare a Locarno, Chiasso e Camignolo i giorni critici sono diminuiti del 35%, a Bioggio del 45% e a Bodio di oltre il 70%.

Nonostante questi evidenti miglioramenti, la grande varietà di fonti emittenti, la stretta dipendenza tra concentrazioni di PM10 e meteorologia, ed infine la mancanza di una correlazione diretta tra emissioni ed immissioni, rendono il risanamento ancora impegnativo e lungo.

Ozono (O_3): stabilità delle ore di superamento dei limiti di immissione

La formazione dell'ozono dipende fortemente dalla presenza nell'aria dei suoi precursori da un lato, ma anche dalle condizioni meteorologiche dall'altro. I limiti di immissione rimangono superati su tutto il territorio cantonale, sia nei luoghi fortemente urbanizzati che in quelli periferici.

Il 2008 non ha presentato situazioni critiche, paragonabili a quelle verificatesi nel 2003 o nel 2006, quando sono state introdotte misure urgenti per il contenimento delle emissioni dei precursori dell'ozono. I mesi di luglio e agosto sono risultati piuttosto freschi e piovosi e non hanno quindi favorito la formazione di ozono.

Rispetto all'anno precedente, durante il 2008 si è registrata una sensibile riduzione del numero di ore durante le quali è stato superato il VLI di $120 \text{mg}/\text{m}^3$ come media oraria. Il valore medio orario massimo, registrato nel 2008 a Lugano, è stato di $247 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le condizioni per l'introduzione di misure urgenti (superamento del valore medio orario di $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 3 ore consecutive e previsioni meteo di stabilità atmosferica) non sono però state raggiunte nel 2008.

La media oraria massima di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che secondo l'OIAAt potrebbe essere superata un'ora sola durante l'anno, lo è stata per 533 volte a Lugano, 430 a Chiasso, 218 a

Composti organici volatili, COV: ridotti di oltre il 50% in dieci anni

Bioggio e 198 volte a Locarno. Rispetto al 2007, che pure aveva presentato un'estate fredda contraddistinta da frequenti precipitazioni, si registra una nuova diminuzione sia delle concentrazioni orarie massime che del numero di superamenti orari, che sono diminuiti tra i 150 e i 250 a dipendenza della località. Per un'analisi dei dati pluriennali sull'evoluzione dell'ozono che tiene conto della variabilità meteorologica si rimanda all'approfondimento (pag.36). Esso presenta lo studio del Paul Scherrer Institut [2] per il periodo 1992-2007, il quale tiene conto delle fluttuazioni delle temperature, per poter valutare l'effettiva evoluzione delle concentrazioni di ozono.

A partire dal 1990 in Ticino le emissioni di composti organici volatili, COV, che sono annoverati tra i principali precursori dell'ozono, hanno registrato un'importante riduzione passando da 10'000 t/a a circa 4'000 t/a a seguito dei provvedimenti previsti dal Piano di risanamento dell'aria del 1991.

2.1.4

Le campagne di misura svolte con campionatori passivi nel 1997, 2000 e 2007 hanno confermato che nel corso degli ultimi 10 anni vi è stata una importante riduzione delle immissioni di COV, che ha superato per alcune sostanze anche il 50%.

In particolare per il benzene il miglioramento è sensibile. Se ancora nel 2000 l'esposizione media della popolazione si aggravava attorno ai 2.5 µg/m³, nel 2007 le immissioni si sono ridotte del 60% e si attestano sul valore di 1 µg/m³ in quasi tutte le località. Questa evoluzione conferma i dati relativi alla diminuzione delle emissioni e dimostra l'efficacia dei provvedimenti adottati.

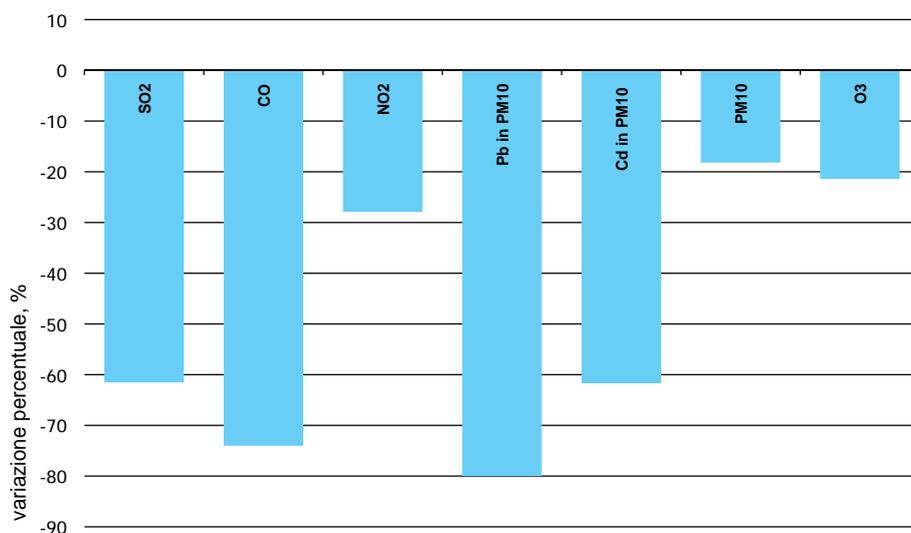
Anche a livello industriale l'evoluzione generale indica una tendenza favorevole a riprova della bontà delle misure adottate e della validità delle tasse d'incentivazione, applicate sulle emissioni industriali.

Evoluzione generale favorevole

Per quel che concerne la qualità dell'aria, negli ultimi 20 anni si sono osservati in Ticino costanti progressi. Le immissioni dei principali inquinanti hanno fatto registrare riduzioni più o meno marcate, come riportato nella figura seguente, che illustra la variazione percentuale del carico inquinante in Ticino tra il 1990 ed il 2008.

2.1.5

Figura 4: Evoluzione dell'inquinamento atmosferico tra il 1990 e il 2008 per le principali sostanze inquinanti



In questo senso si registra una chiara tendenza. Sull'arco di questi 18 anni le concentrazioni di tutti gli inquinanti primari (a sinistra nel grafico), SO₂, CO, NO₂, Pb e Cd nelle PM10 sono diminuite sensibilmente (25 – 75%); per contro gli inquinanti a carattere secondario (a destra) come O₃ e PM10 presentano una diminuzione meno pronunciata attorno al 20%.

In generale

2.1.6

Necessari ulteriori progressi

Questa osservazione indica chiaramente come, malgrado l'evoluzione generale favorevole, diversi limiti rimangono superati. Come risulta dalla tabella riassuntiva sottostante, ozono e polveri sottili presentano in tutte le zone del Cantone (urbane, suburbane e rurali) concentrazioni superiori ai limiti OIAt. Per il diossido di azoto la situazione è conforme nelle zone rurali, in corso di risanamento nelle zone periferiche, mentre permane non conforme nei principali agglomerati ticinesi. La riduzione delle emissioni di NO₂, tossico di per sé e precursore di ozono e PM10, rimane il volano del risanamento della qualità dell'aria e deve indurre a perseguire gli sforzi volti a riportare le sue immissioni sotto la soglia di legge.

Per le altre sostanze inquinanti la situazione attuale garantisce il rispetto dei valori limite OIAt: i valori di diossido di zolfo così come quelli di monossido di carbonio, che nei decenni passati erano fonte di preoccupazione, sono ormai prossimi al 20% della soglia di legge.

-  Valore limite OIAt rispettato
-  Immissioni prossime al valore limite OIAt
-  Immissioni eccessive e superiori al valore limite OIAt

	Zona urbana	Zona suburbana	Zona rurale
Diossido d'azoto (NO ₂)			
Ozono (O ₃)			
Polveri sottili (PM10)			
Diossido di zolfo (SO ₂)			
Monossido di carbonio (CO)			

Per far fronte a questa situazione e contrastare l'inquinamento causato in particolare dal diossido d'azoto, dall'ozono e dalle polveri sottili, occorrerà da un lato dotarsi di nuove misure e dall'altro migliorare e rendere più specifici i provvedimenti già adottati. Sono due le strade da percorrere per diminuire le emissioni nocive alla fonte: da un lato il ricorso a provvedimenti tecnici in grado di diminuire le stesse emissioni, dall'altro la riduzione del consumo e quindi indirettamente le relative emissioni generate dalla produzione.

Il risanamento della qualità dell'aria presenta due aspetti ben distinti: da una parte sono stati realizzati dei miglioramenti significativi e dall'altra invece, non sono ancora stati raggiunti, sia in Ticino che in Svizzera, gli obiettivi stabiliti dall'OIA. A grandi linee la situazione può essere riassunta in questo modo: con le diverse misure di risanamento, si è ottenuta una riduzione di circa la metà delle emissioni rispetto agli anni '90, ma per garantire una qualità dell'aria conforme all'OIA esse dovranno essere ulteriormente dimezzate.

Il carico ambientale dei diversi inquinanti dell'aria potrà essere conforme ai limiti stabiliti dall'OIA, solo se le loro emissioni saranno ridotte nelle percentuali indicate nella tabella seguente. Oltre alle riduzioni per ossidi di azoto e polveri sottili anche quelle dei composti organici volatili, con gli ossidi di azoto precursori dell'ozono, dell'ammoniaca e di alcune sostanze cancerogene (come il benzene) dovranno diminuire nella misura riportata di seguito.

Inquinante	Riduzione delle emissioni rispetto al 2000	Base legale
Ossidi di azoto (NO _x)	ca. 60%	VLI* OIA per NO _x e O ₃ , CL NO _x **
Polveri sottili (PM10)	ca. 50%	VLI* OIA per PM10 e O ₃
Composti organici volatili (COV)	ca. 60%	VLI* OIA per O ₃
Ammoniaca (NH ₃)	ca. 40 – 50%	CL NO _x **
Sostanze cancerogene (p.es. BTX)	riduzione massima possibile, in quanto non esiste una soglia al di sotto della quale non abbiano effetti cancerogeni	–

* VLI; valore limite d'immissione per OIA,
 ** CL NO_x = Carico critico (Critical Loads) per gli ossidi di azoto, che secondo la Convenzione di Ginevra deve essere rispettato lungo termine

In conclusione, perciò, malgrado l'importante miglioramento della qualità dell'aria, è indispensabile proseguire con la politica coerente ed incisiva intrapresa negli ultimi anni, al fine di raggiungere il traguardo di adeguare le immissioni ticinesi (in particolare quelle di ossidi di azoto, di polveri sottili e di ozono) alla legge.

A questo scopo il Consiglio di Stato del Cantone Ticino ha così adottato nel giugno 2007 il nuovo Piano cantonale di risanamento dell'aria 2007 – 2016, PRA, che contempla i provvedimenti per gli impianti stazionari e il traffico. Per quest'ultimo, provvedimenti adeguati alle realtà locali, sono già in vigore sulla base dei piani regionali specifici e delle misure fiancheggiatrici per le principali opere stradali. Il Consiglio di Stato ha adottato il Piano di risanamento dell'aria del Luganese, PRAL, nel 2002 e il Piano di risanamento dell'aria del Mendrisiotto, PRAM, nel 2005.

Solo l'attuazione completa e sistematica del PRA potrà garantire un risanamento durevole della qualità dell'aria in Ticino.

La situazione meteorologica 2008

II 2008

Da un punto di vista meteorologico il 2008 è stato nuovamente caratterizzato da temperature elevate, che ne hanno fatto uno dei 20 anni più caldi dall'inizio delle misurazioni meteorologiche sistematiche nel 1864.

A differenza dell'anno precedente però nel 2008 le precipitazioni sono state generalmente abbondanti superando del 30-40% i valori della media pluriennale (1961-1990) per quasi tutto il periodo, ad eccezione di febbraio e marzo, e, localmente, giugno e agosto. Negli ultimi due mesi dell'anno poi, si è assistito a nevicate abbondanti, in particolare nella prima quindicina di dicembre, che hanno raggiunto più volte anche le pianure del Ticino.

Il soleggiamento è stato in generale leggermente inferiore alla media; i mesi percentualmente più soleggiati sono risultati quelli più asciutti. La carenza di sole è stata registrata soprattutto negli ultimi mesi dell'anno, a novembre e dicembre in particolare.

Figura 5.A: temperature, medie mensili

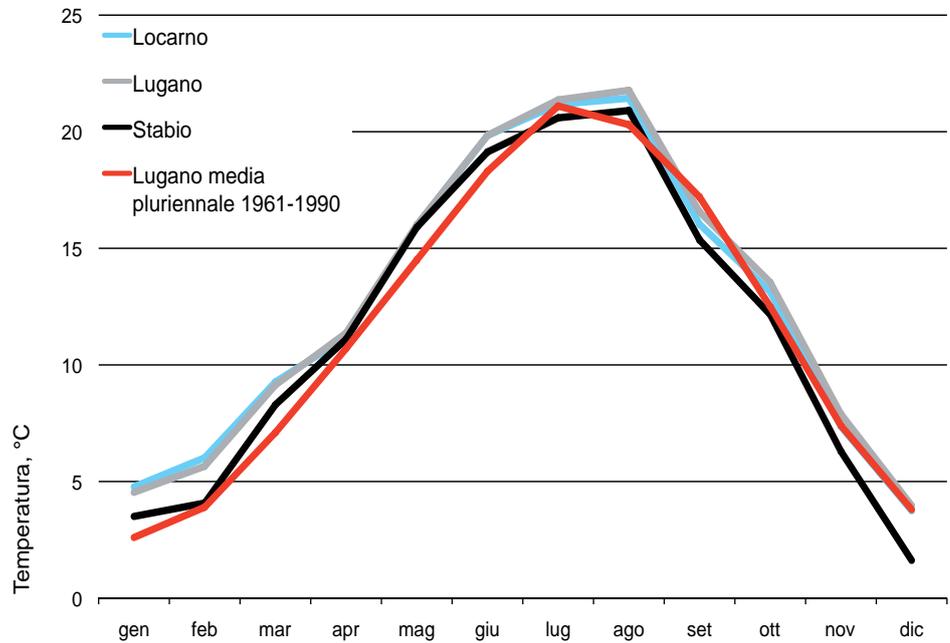
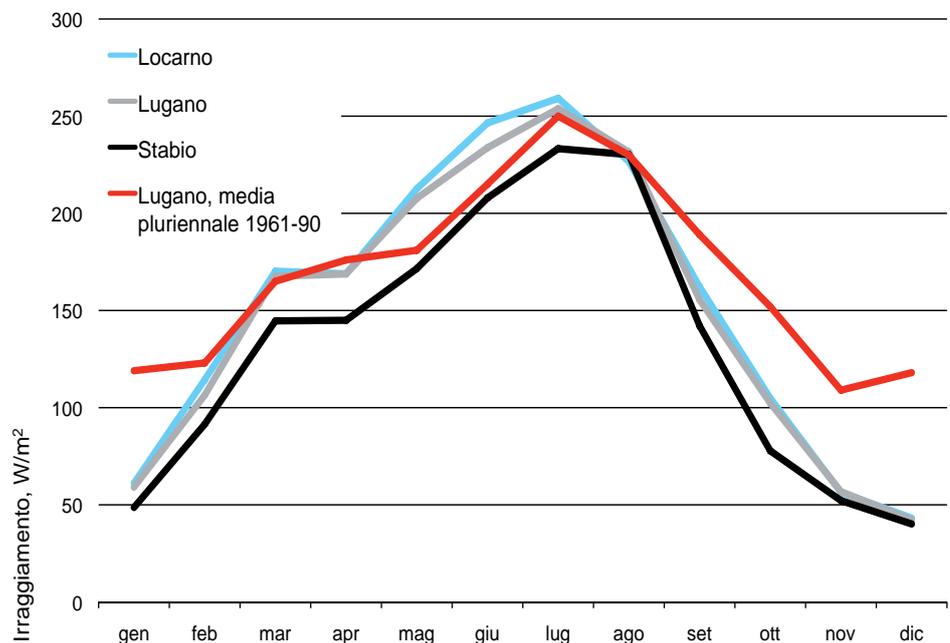


Figura 5.B: irraggiamento, medie mensili



In rapporto agli inquinanti, si evidenzia la correlazione inversa tra le concentrazioni di polveri sottili, le temperature e le precipitazioni. Nei mesi invernali si osservano generalmente dei picchi nelle concentrazioni delle polveri sottili dovute alle basse temperature, alla mancanza di vento e alle scarse precipitazioni. Nel 2008 le concentrazioni più elevate di PM10 sono state registrate nei mesi di febbraio e, seppur in minor misura, in ottobre. A febbraio, durante una ventina di giorni, si sono formate delle inversioni termiche marcate e persistenti; questo ha portato ad un ridotto rimescolamento delle masse d'aria favorendo così un importante accumulo di inquinanti nell'aria (v. cap. 2.8.1, PM10).

La correlazione tra parametri meteorologici e concentrazione di inquinanti si osserva anche nei mesi estivi, quando le alte temperature e il tempo prevalentemente secco favoriscono la formazione di ozono (cfr. pagina 21). Le frequenti precipitazioni, spesso a carattere temporalesco, che hanno caratterizzato i mesi estivi del 2008, hanno avuto conseguenze positive sulla qualità dell'aria, limitando la formazione e l'accumulo di ozono. Le concentrazioni di tale inquinante sono infatti rimaste relativamente contenute e non ci sono stati periodi prolungati di smog fotochimico acuto.

Figura 6.A: somma delle precipitazioni mensili

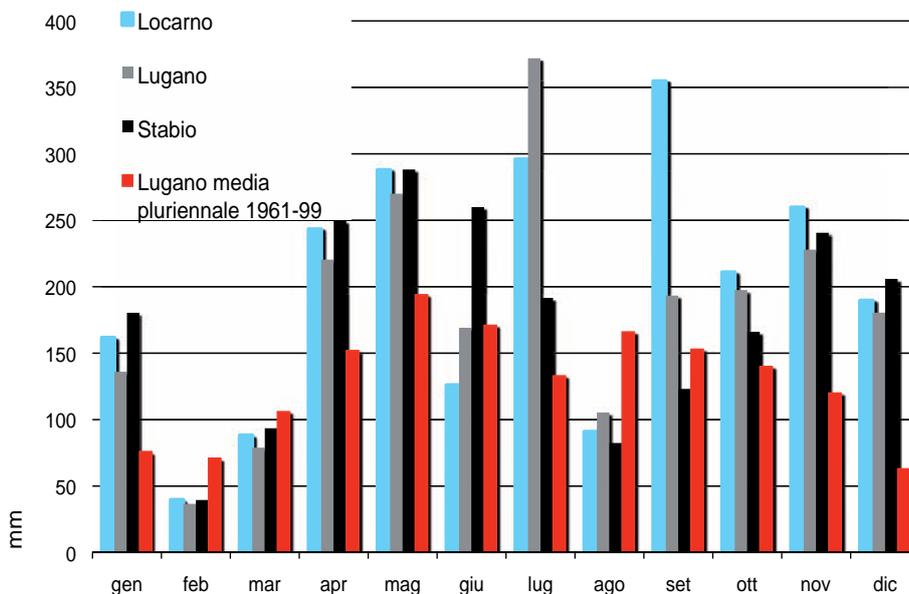
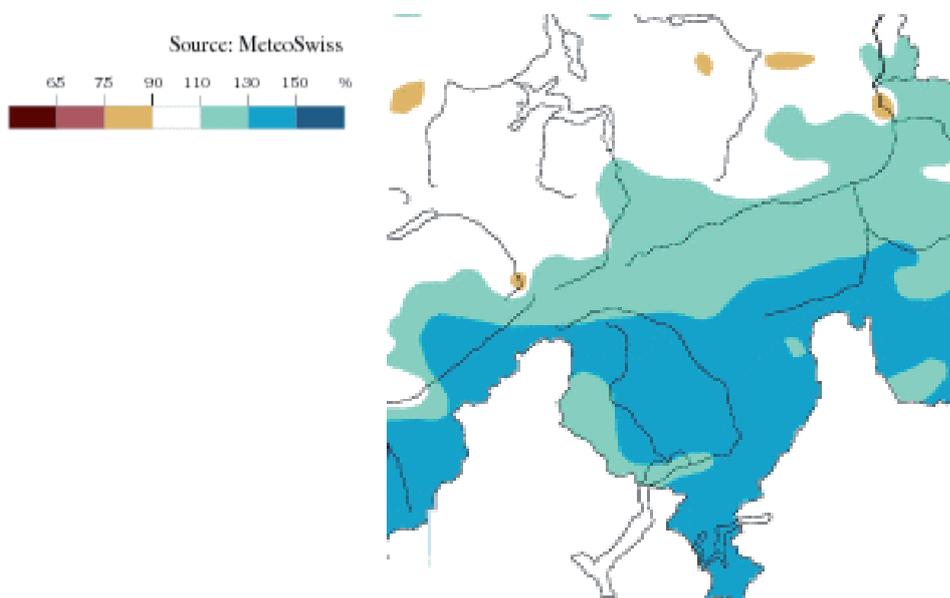


Figura 6.B: deviazione dalla norma delle precipitazioni in Ticino per il 2008



Dati e informazioni fornite dall'Ufficio federale di meteorologia e climatologia – MeteoSvizzera.

Traffico stradale

II 2008 Presso le stazioni di Moleno e Camignolo sono monitorati, sui due assi dell'A2, i seguenti parametri del traffico: numero di passaggi, tipo, peso e velocità del veicolo. Ciò avviene nell'ambito dell'Osservatorio Ambientale della Svizzera Italiana, OASI, e del progetto nazionale MfM-U, Monitoring flankierende Massnahmen - Umwelt, che intende verificare l'efficacia delle misure adottate dal Consiglio federale per incentivare il trasferimento dei mezzi pesanti dalla strada alla ferrovia (e di cui OASI è coordinatore per il Canton Ticino),

Nelle stesse stazioni sono rilevati anche i quantitativi dei diversi inquinanti dell'aria (ossidi di azoto, ozono, polveri sottili, idrocarburi policiclici aromatici, indice di fuliggine, benzene/toluene/xileni e numero di particelle) emessi dal traffico dell'autostrada; infatti esse sono posizionate così vicino alle corsie autostradali, che le concentrazioni misurate corrispondono all'emissione inquinante dell'A2 in quel punto. Tali emissioni possono essere messe in rapporto alle caratteristiche dello stesso traffico.

La misurazione parallela di fattori legati al traffico e di inquinanti atmosferici è inoltre molto utile in caso di eventi particolari, come ad esempio le prolungate chiusure dell'A2 del 2001 e del 2006. I dati raccolti in tali occasioni permettono infatti di estrapolare importanti informazioni su presenza e intensità di correlazioni tra determinati inquinanti e il carico stradale.

Nei due grafici seguenti è rappresentato, per le stazioni di Camignolo e Moleno, il numero di passaggi medio sull'arco di un anno e sui due assi autostradali, suddiviso in traffico leggero e pesante, e ripartito sui singoli giorni della settimana. Si può notare in primo luogo che, sia a Camignolo che a Moleno, il numero di passaggi di mezzi pesanti diminuisce sensibilmente durante il weekend. Il fatto poi che i valori di Camignolo e Moleno riguardo al passaggio di TIR siano abbastanza simili, fa presupporre che il traffico pesante su questa tratta sia prevalentemente «di transito».

L'andamento settimanale del numero di passaggi di automobili a Camignolo differisce invece da quello di Moleno. A Camignolo infatti il numero di vetture transitate in media nei diversi giorni della settimana è simile, mentre a Moleno si riscontra un aumento dei passaggi nel weekend. Questo perché a Camignolo (al contrario di Moleno, dove il traffico è prevalentemente di «transito») il traffico con origine/destinazione all'interno del Cantone è preponderante.

Traffico stradale

Figura 7: traffico giornaliero medio a Camignolo. Numero di passaggi medio nel 2008 sui 2 assi autostradali, suddiviso in traffico leggero e pesante, e ripartito sui singoli giorni della settimana

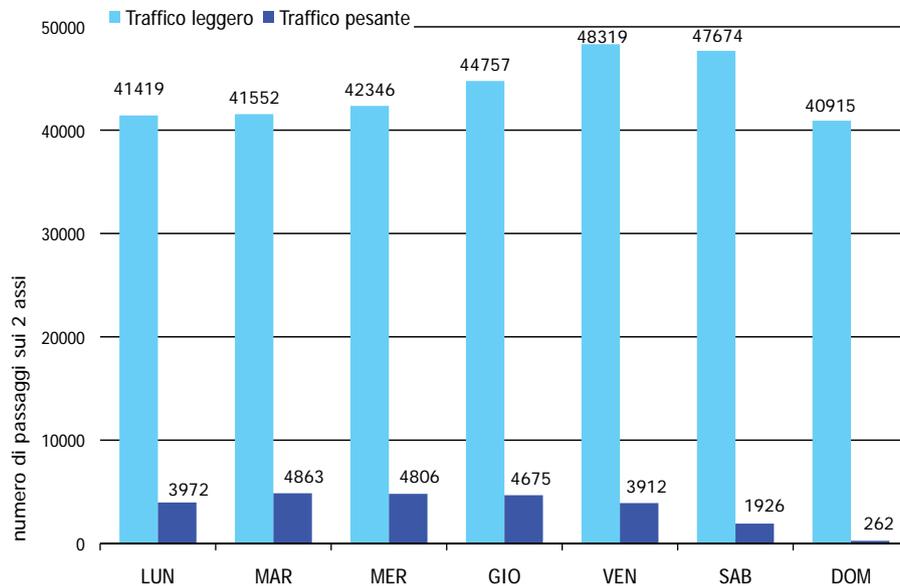
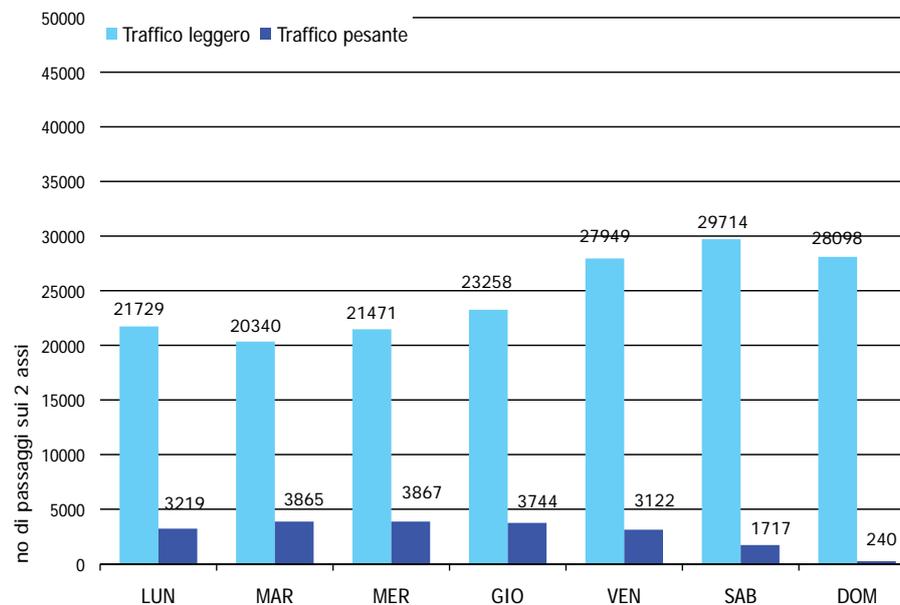


Figura 8: traffico giornaliero medio a Moleno. Numero di passaggi medio nel 2008 sui 2 assi autostradali, suddiviso in traffico leggero e pesante, e ripartito sui singoli giorni della settimana



Diossido di azoto (NO₂)

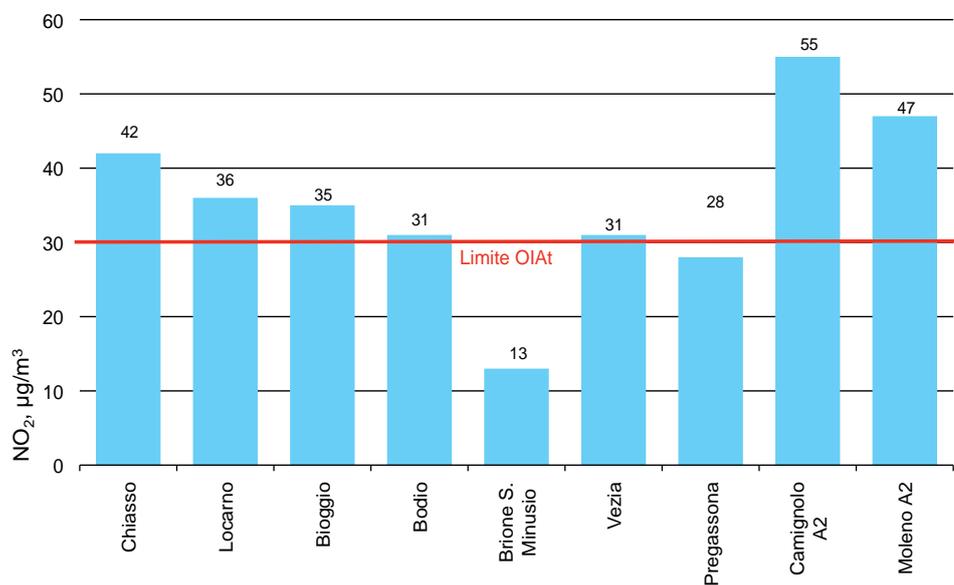
II 2008

Grazie alle condizioni meteo invernali favorevoli, che hanno permesso la dispersione delle sostanze inquinanti, è stato possibile confermare il miglioramento registrato lungo le vallate alpine (Bodio) e nell'agglomerato luganese (Pregassona e Vezia) dove il valore limite d'immissione dell'OIAI per il diossido di azoto è di regola rispettato.

I valori elevati di Camignolo e Moleno sono determinati dalla vicinanza dell'autostrada, quindi dalla loro esposizione diretta alle emissioni.

I dati delle campagne di campionatura passiva del 2008 e degli anni precedenti sono elencati nell'allegato 2.

Figura 9: medie annue di diossido di azoto in Ticino nel 2008



Origine

Quando si parla di ossidi di azoto, NO_x, si fa riferimento alla somma di diossido di azoto, NO₂, e monossido di azoto, NO. Quest'ultimo nell'atmosfera si trasforma quasi subito in NO₂. Per questo motivo e a causa della tossicità del diossido d'azoto, il limite d'immissione OIAI è fissato solamente per l'NO₂.

Sono il prodotto della combustione di carburanti fossili (benzina, diesel, olio combustibile, ecc.) ad alte temperature. Le fonti primarie di NO_x sono il traffico stradale, che in Ticino rappresenta circa l'80% delle emissioni, i riscaldamenti e i processi industriali.

Effetti

sulla salute: elevate concentrazioni di ossidi di azoto provocano disturbi di vario genere all'apparato respiratorio. Il diossido d'azoto funge anche da amplificatore per effetti nocivi dovuti ad altri inquinanti (O₃, PM10).

sull'ambiente e la natura: grandi quantità di NO₂ agiscono negativamente su animali, piante ed ecosistemi, in particolare concimando in modo eccessivo i terreni e la falda.

smog estivo e ozono: gli ossidi di azoto sono fra i principali precursori dell'ozono (cfr. Ozono (O₃), pag. 21).

L'evoluzione, stazioni di misura in continuo

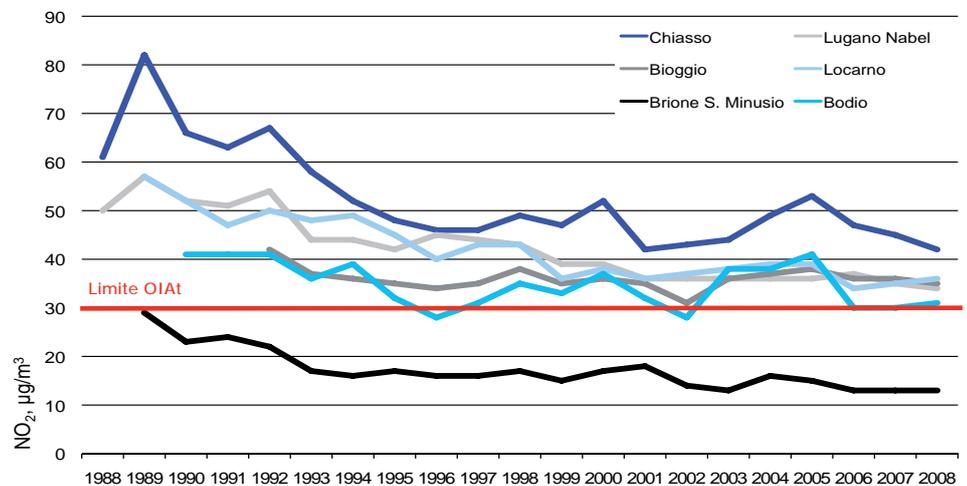
Il grafico sull'evoluzione di NO₂ dal 1988 denota da ormai una decina d'anni, una stabilità dei valori medi annui.

Fanno eccezione i valori di alcune stazioni di misura, come Chiasso e Bodio, dove gli anni 2003 – 2007, meteorologicamente sfavorevoli, hanno invece provocato un evidente e repentino rialzo delle concentrazioni di diossido di azoto. Se a Bodio la situazione si è ristabilita, a Chiasso, le concentrazioni di diossido di azoto hanno ripreso a migliorare, ma rimangono ancora lontane dal VLI di 30 µg/m³.

L'effetto del catalizzatore, che aveva dato un sostanziale apporto alla diminuzione di NO₂ negli anni novanta, è stato annullato dall'aumento del traffico. Un'altra probabile causa è l'aumento delle vetture diesel che emettono più ossidi di azoto rispetto a quelle a benzina.

Ha avuto un influsso anche la particolare situazione meteorologica degli anni 2005-2007, durante i quali si è registrata una notevole scarsità di precipitazioni.

Figura 10: Evoluzione delle medie annue di diossido di azoto in Ticino, 1988 – 2008



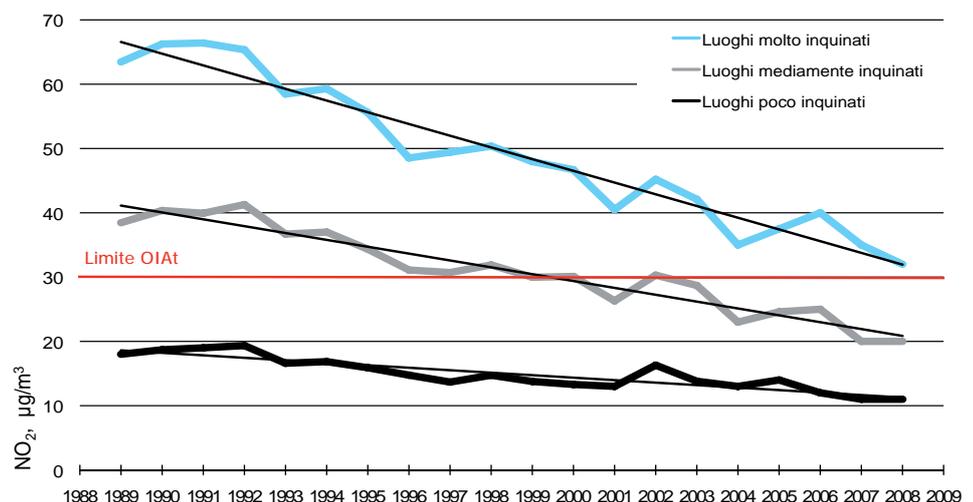
L'evoluzione, campionatori passivi

La tendenza generale è positiva e volge alla diminuzione, anche se ciclicamente le condizioni meteorologiche annuali inducono dei transitori peggioramenti.

Nel corso dei 20 anni di misure si osserva ovunque una riduzione delle immissioni del 50% circa. Nei luoghi fortemente inquinati si è scesi da valori medi annui attorno ai 70 µg/m³ a valori di 33 µg/m³. Nelle località mediamente inquinate si è passati da valori di 40 µg/m³ a medie attorno ai 20 µg/m³ ed infine nelle località discoste, che restituiscono l'inquinamento di fondo, la media annua è scesa da 20 µg/m³ a 10 µg/m³.

Questo andamento è riportato nella figura 11. Per i luoghi molto inquinati sono stati prese in considerazione 17 ubicazioni con valori medi oltre i 50 µg/m³. Per i luoghi mediamente inquinati sono state considerate 29 località con valori medi attorno ai 40 µg/m³ ed infine per i luoghi poco inquinati sono state prese in conto 20 località discoste.

Figura 11: Evoluzione delle medie annue di diossido di azoto in località, poco, mediamente e molto inquinate tramite campionatori passivi, 1989 – 2008



Diossido di azoto (NO₂)

Il monitoraggio dei grandi generatori di traffico, GGT, tramite campionatori passivi

I grandi generatori di traffico, GGT, rappresentano uno dei più importanti fattori di trasformazione del territorio cantonale degli ultimi 20 anni. In particolare il sorgere di centri commerciali di grandi dimensioni in una periferia urbana strutturata per piccoli insediamenti industriali-artigianali ha portato alla saturazione in momenti specifici della rete viaria e ad un peggioramento della qualità ambientale dei loro dintorni. In Ticino il problema si è evidenziato in modo acuto nei comparti del Pian Scairolo, di San Martino (Mendrisio) e sulla sponda sinistra del Piano di Magadino [4].

Allo scopo di monitorare l'inquinamento atmosferico riconducibile ai GGT a partire dal 2007 sono stati installati una quarantina di campionatori passivi nei loro dintorni. Nella tabella seguente sono riportate le aree monitorate, il numero di campionatori installati, il valore di fondo per il diossido di azoto e il valore massimo, espressi come media annua, registrato nelle diverse aree dei GGT.

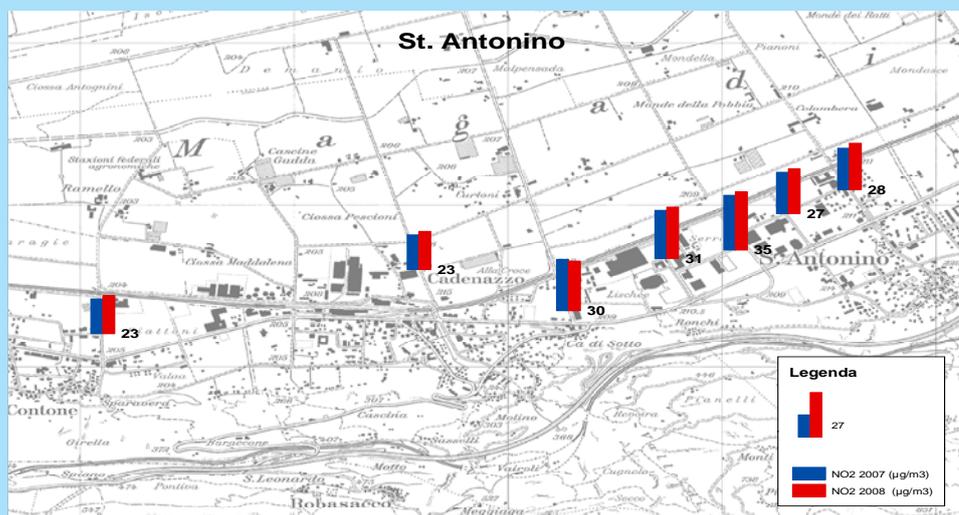
Distretto	Area	numero campionatori	valore di fondo, NO ₂ , µg/m ³	valore massimo, NO ₂ , µg/m ³
Bellinzonese	Arbedo-Castione	4	24	28
Bellinzonese	Cadenazzo - S. Antonino	7	27	35
Locarnese	Riazzino	5	20	31
Locarnese	Tenero	2	22	27
Luganese	Rivera	2	23	32
Luganese	Veduggio	4	26	40
Luganese	Pian Scairolo	6	31	50
Luganese	Piano della Stampa	3	15	17
Luganese	Vezia	4	19	37
Mendrisiotto	Mendrisio - San Martino	5	36	46
Totale		42		

Risultati

Durante il 2008 oltre il 75% degli oltre 108 campionatori passivi della rete standard hanno mostrato una riduzione delle immissioni. Al contrario i risultati dei 42 campionatori posti presso i grandi generatori di traffico indicano un andamento opposto: oltre il 70% di essi sono rimasti allo stesso livello dell'anno precedente o sono aumentati. La presenza dei grandi generatori di traffico porta ad un aumento delle immissioni sensibile, che può essere stimato, a dipendenza dei casi specifici, in circa 1.5-2.5 µg/m³ di NO₂ ogni 5000 movimenti veicolari giornalieri.

Nel caso riportato nella figura 12 è possibile osservare come la presenza dei grandi generatori di traffico nella zona di S. Antonino - Cadenazzo porta al superamento del valore limite d'immissione per gli NO₂, passando da circa 27-28 µg/m³ nella zona a confine dei centri commerciali a valori tra i 30-35 µg/m³ al suo interno con un aumento di 3-7 µg/m³.

Figura 12: Concentrazioni medie annue di diossido di azoto per il 2007 (blu) e 2008 (rosso) nei dintorni della zona commerciale di S. Antonino. Il valore numerico indica la concentrazione in µg/m³ nel 2008. (valore limite OIAt per il diossido di azoto: 30 µg/m³).



Ozono (O₃)

II 2008 L'estate 2008 non è stata favorevole per la formazione dell'ozono. Infatti i mesi di luglio e agosto sono risultati piuttosto freschi e piovosi e solo durante il mese di giugno le condizioni meteo, per soleggiamento e temperatura, sono state tipicamente estive. Le concentrazioni più elevate sono state registrate tra il 22 e il 26 giugno, quando è stata superata per alcune ore la soglia d'allarme di 240 µg/m³. Il valore orario massimo del 2008, registrato il 26 giugno, è stato di 247 µg/m³ a Lugano. Questo valore è stato inferiore a quelli massimi del 2006 e del 2007 che hanno raggiunto i 331 µg/m³ e i 278 µg/m³. Il numero di ore in cui il valore limite OIAt di 120 µg/m³ per la media oraria è stato superato, è stato significativamente inferiore a quello del 2007. A Chiasso, con 430 ore, di superamenti del valore limite d'immissione orario, e nell'agglomerato di Lugano, con 533 ore, la situazione è stata migliore rispetto al 2007 (713 e 799 ore di superamenti del VLI orario). In generale nel Sopraceneri la situazione è stata migliore del 2007. A Brione, stazione in quota e lontana da fonti di ossidi di azoto che consumano l'ozono durante la notte, vi è stata una sensibile diminuzione delle ore di superamento del VLI. Con 302 ore si è registrato il numero più basso di superamenti orari da quando si eseguono i rilevamenti in continuo. Anche a Locarno, con 198 superamenti orari, il valore in assoluto più basso in tutto il Ticino, le condizioni per quanto concerne l'ozono sono state relativamente favorevoli. A titolo di paragone, durante i primi anni novanta il numero di superamenti orari del VLI oscillava tra i 600 e i 1200. La situazione sui fondovalle ha presentato un numero di ore di superamenti in linea col resto del Sopraceneri (225 a Bodio).

Origine

L'ozono «troposferico», O₃, è presente normalmente negli strati bassi dell'atmosfera (fino a 500 m) e quindi nell'aria che respiriamo. In situazioni globali particolarmente critiche, alte concentrazioni di ozono sono state misurate anche sullo Jungfraujoeh, a 3'580 msm. L'ozono è una delle componenti principali del cosiddetto smog fotochimico estivo. Si forma sotto l'effetto dei raggi solari a partire dagli ossidi di azoto, NO_x, e dai composti organici volatili, COV, i cosiddetti precursori dell'ozono, prodotti dalle attività umane (cfr. diossido di azoto, NO₂, pag. 18). L'entità di questo processo dipende dalle concentrazioni dei precursori e dall'intensità dell'insolazione.

È durante le giornate estive molto calde e poco ventose, quindi, che si formano i maggiori quantitativi di ozono; il perdurare di tali condizioni atmosferiche rafforza questo fenomeno. L'arrivo del brutto tempo accompagnato da piogge e vento riporta i valori a livelli più bassi.

Lo smog estivo è anche un fenomeno che riguarda l'Europa intera, con masse d'aria cariche di ozono che si spingono sul nostro Paese e Cantone, aumen-

tando le concentrazioni già prodotte localmente.

L'ozono troposferico va distinto dall'ozono «stratosferico», uno schermo protettivo dai raggi ultravioletti, UV, presente negli strati alti della nostra atmosfera, che negli ultimi decenni ha subito un assottigliamento considerevole (il «buco dell'ozono») provocato dai clorofluorocarburi, CFC.

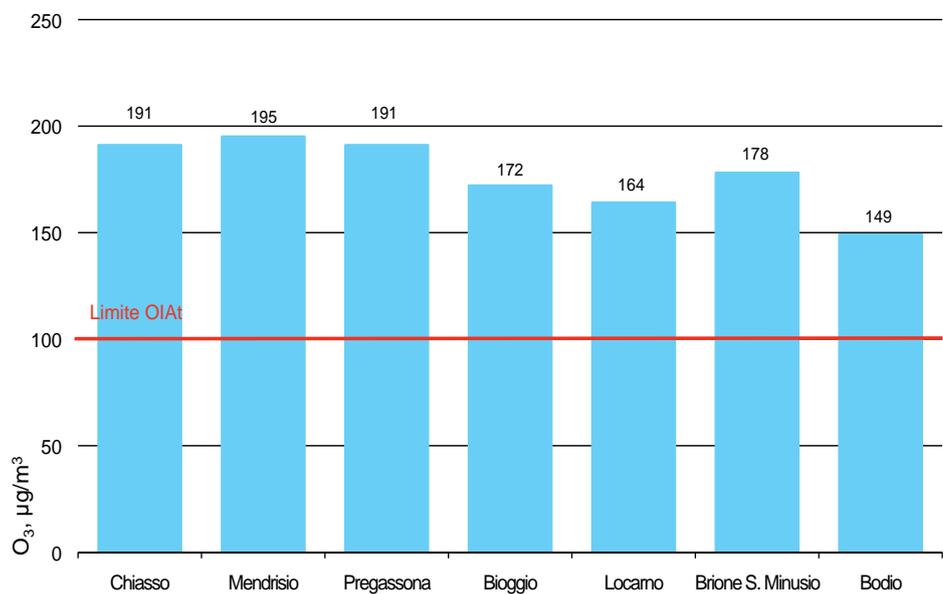
Al sud delle Alpi – durante gli episodi di smog estivo – le punte di ozono si situano attorno ai 300 µg/m³. Questo carico può essere scomposto in una frazione di origine naturale di 30 µg/m³ e in tre altre frazioni che sono tutte causate dalle emissioni delle attività umane, ma che si distinguono per la regione dalla quale provengono. Le emissioni dell'intera Europa producono durante una tipica giornata di smog estivo un carico di fondo che si situa attorno ai 70 µg/m³. I rimanenti 200 µg/m³ provengono per metà dal cosiddetto «serbatoio di ozono» prodotto al sud delle Alpi in un raggio di oltre 200 km e per metà dalle emissioni locali, prodotte in un raggio di 50 km.

Ozono (O₃)

I 98^o percentili mensili massimi di ozono in Ticino hanno superato anche nel 2008 il limite fissato dall'Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico di 100 µg/m³, raggiungendo il loro massimo a Mendrisio con 195 µg/m³. Dal grafico relativo ai 98^o percentili mensili massimi è possibile osservare l'esistenza di un gradiente sud – nord con i valori massimi registrati nel Mendrisiotto.

La situazione rimane insoddisfacente, anche se è necessario ricordare che il risanamento è attuabile solo agendo sui precursori dell'ozono (composti organici volatili, COV, e il diossido d'azoto) e i suoi effetti saranno esplicitati sull'arco di diversi anni. Questo è dovuto anche ai complessi fenomeni chimici che regolano la formazione dell'ozono, sui quali l'azione è più lenta.

Figura 13: 98° percentile mensile massimo nel 2008



Composizione di un carico estivo di ozono di 300 µg/m³

- Ozono prodotto localmente dovuto alle emissioni in un raggio di 50 km
- Ozono dal «serbatoio» dovuto alle emissioni in un raggio di 200 – 1000 km
- Ozono di fondo dovuto alle emissioni di tutta Europa
- Ozono di origine naturale

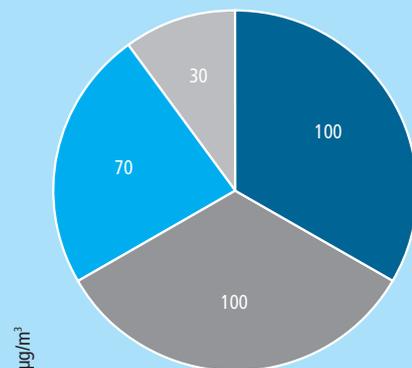
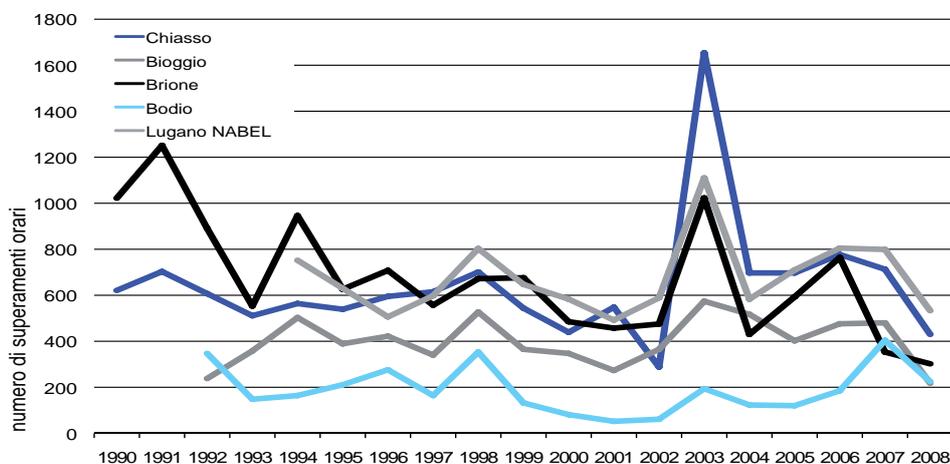


Figura 14: Evoluzione del numero di superamenti del limite orario per l'ozono, 1990 – 2008



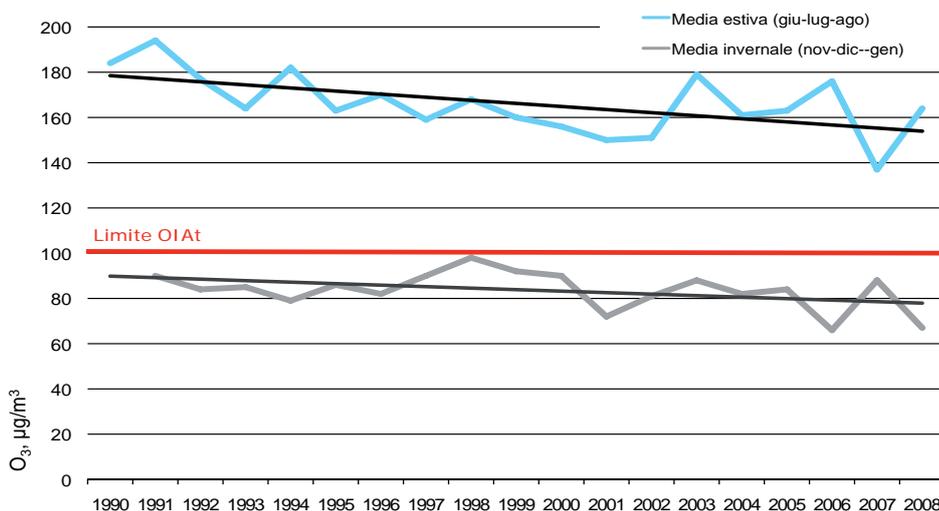
L'evoluzione

I dati del 2008, in particolare quelli di Brione, che rappresenta la località di riferimento discosta da fonti inquinanti locali con effetti diretti sulla chimica dell'ozono, rientrano nella diminuzione pluriennale delle concentrazioni massime di ozono nei mesi estivi, individuata dal Paul Scherrer Institut, PSI [2].

I valori sono sottoposti a una certa variabilità, come ben si evince dalla rappresentazione del numero di superamenti orari. Spiccano, come anni particolarmente sfavorevoli, il 2003 e il 2006. Per valutare oggettivamente l'evoluzione dell'ozono bisogna però considerare che i dati annuali possono essere comparati solo escludendo l'effetto dovuto alla variazione annuale della temperatura.

Questa valutazione elaborata dal PSI per il periodo 1992 – 2007 è presentata nell'approfondimento a pagina 36.

Figura 15: Evoluzione del 98° percentile mensile per l'ozono a Brione sopra Minusio, 1990 – 2008



Effetti

Sulla salute: a causa della sua elevata reattività l'ozono troposferico ad elevate concentrazioni riduce la capacità polmonare e provoca irritazioni agli occhi, al naso e alla gola. I suoi effetti dipendono sia dalla durata sia dall'intensità dell'esposizione.

Sull'ambiente e la natura: in forti quantità l'ozono ha effetti negativi sugli animali, compromette la funzionalità delle foglie e inibisce la crescita delle piante, riducendo sensibilmente la resa dei raccolti. A causa del suo potere ossidante aggredisce e contribuisce a deteriorare anche materiali organici, come plastiche, vernici o fibre tessili.

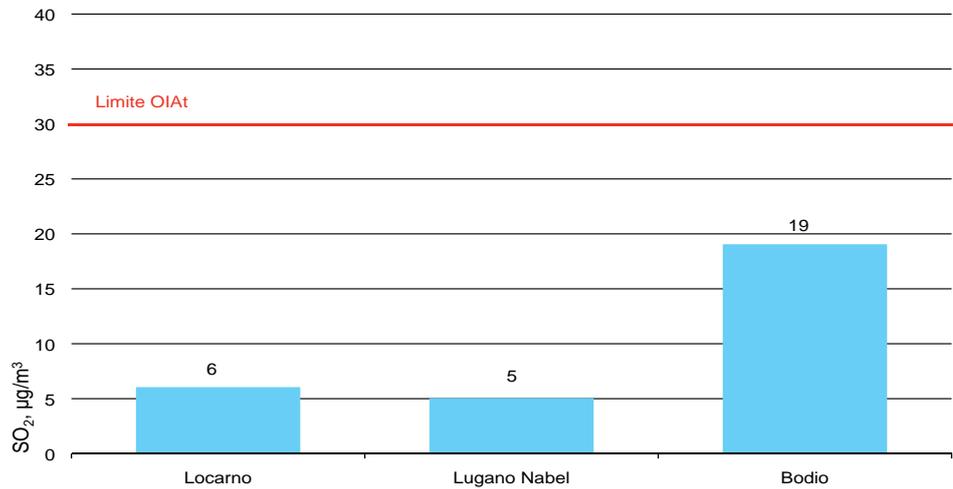
Diossido di zolfo (SO₂)

II 2008

Nel 2008 tutte le stazioni di rilevamento hanno registrato medie annue di diossido di zolfo da 2 a 6 volte inferiori al limite fissato dall'Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (30 µg/m³).

A Bodio le concentrazioni di anidride solforosa sono influenzate dalle emissioni di una ditta attiva nel settore della produzione di grafite.

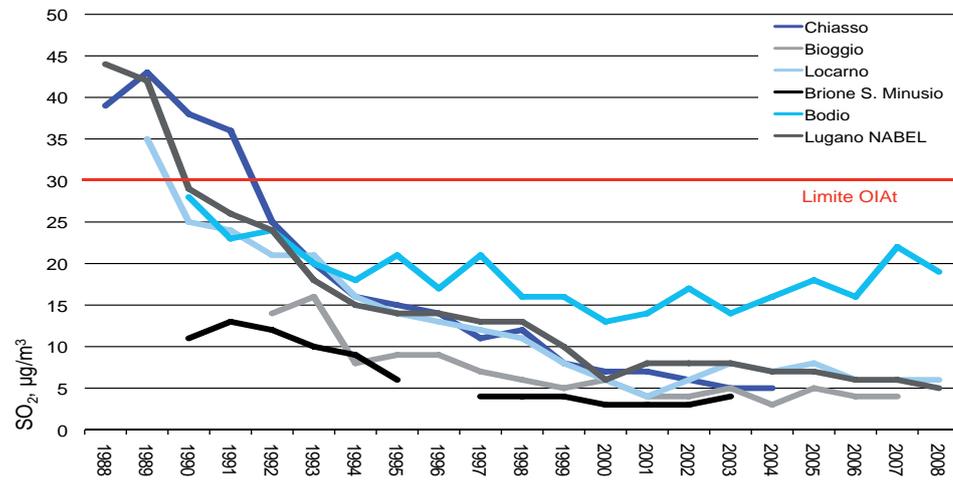
Figura 16: Medie annue di diossido di zolfo in Ticino, 2008



L'evoluzione

Dal 1992 le medie annue di SO₂ sono, su tutto il territorio cantonale, inferiori alla soglia di legge e hanno continuato a diminuire fino al 2000. La diminuzione è dovuta al calo di zolfo nell'olio combustibile. Il 1° gennaio 2004 è inoltre entrata in vigore una nuova ordinanza che disincentiva ulteriormente l'utilizzo di zolfo nei carburanti.

Figura 17: Evoluzione delle medie annue di diossido di zolfo in Ticino, 2008



Origine

Le principali fonti antropiche di diossido di zolfo, SO₂, sono gli impianti a combustione industriali e domestici funzionanti a combustibile con zolfo.

Effetti

Sulla salute: elevate concentrazioni di questo inquinante hanno effetti negativi, in particolare sulle vie respiratorie.

Sull'ambiente e la natura: in grandi quantità il diossido di zolfo nuoce in vario modo ad animali, piante ed ecosistemi.

Pioggie acide: il diossido di zolfo concorre in modo determinante all'acidificazione delle precipitazioni (pioggie acide), che a loro volta compromettono l'equilibrio degli ecosistemi e danneggiano tutti i tipi di costruzioni.

Polveri sottili secondarie: il diossido di zolfo è un importante precursore degli aerosol secondari.

Il 2008 ed evoluzione

Il monossido di carbonio, considerando la costante diminuzione delle sue concentrazioni, che da ormai quasi 20 anni sono ben al di sotto della soglia limite di 8'000 µg/m³, non rappresenta più un problema per l'igiene dell'aria. La riduzione è il risultato di una migliore tecnologia nel settore automobilistico e nella gestione degli impianti di combustione. Per questo motivo il suo monitoraggio è ridotto al minimo indispensabile. Attualmente solo le stazioni di Lugano NABEL, quella mobile, ubicata nel 2008 a Mendrisio e quella di Bioggio presso l'aeroporto, registrano ancora le concentrazioni di CO.

Figura 18: Media giornaliera massima di monossido di carbonio in Ticino, 2008

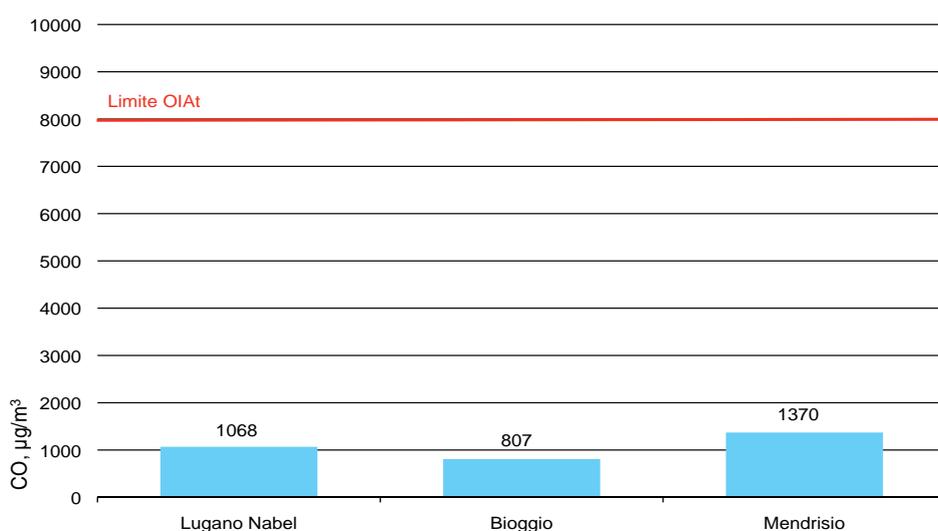
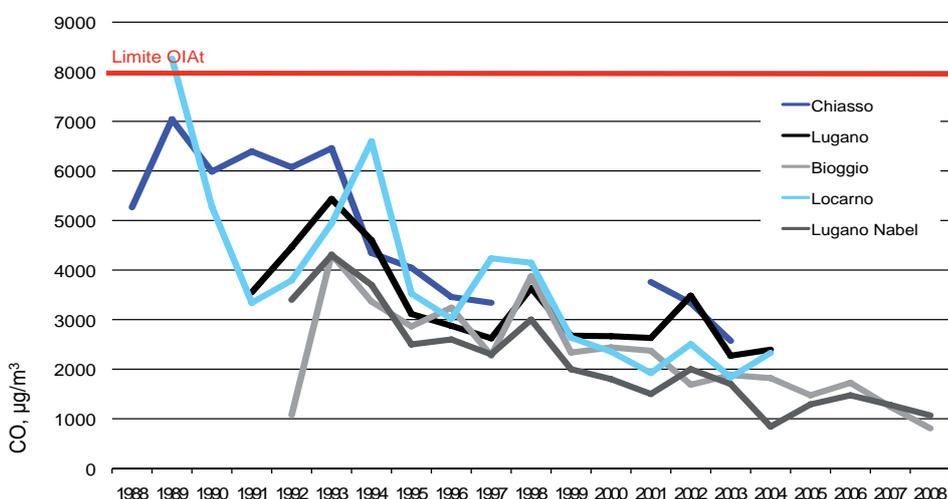


Figura 19: Evoluzione della media giornaliera massima di monossido di carbonio in Ticino, 2008



Origine

Il monossido di carbonio (CO) si forma a seguito di una combustione incompleta, soprattutto nel traffico stradale.

Effetti

Sulla salute, l'ambiente e la natura: ad elevate concentrazioni il CO ha effetti negativi sulla salute umana e su quella degli animali.

Smog estivo ed ozono: il monossido di carbonio concorre alla formazione dell'ozono troposferico.

Le polveri atmosferiche sono una miscela complessa di particelle solide e liquide in sospensione nell'aria. Esse si differenziano molto per dimensione, origine e composizione chimica, e presentano le seguenti caratteristiche:

Dimensioni

Il diametro aerodinamico* è uno dei criteri più importanti per suddividere le polveri in sospensione nell'aria. Comunemente le polveri con un diametro fino a 2.5 µm sono dette particelle grossolane, quelle di grandezza compresa tra 2.5 e 1 µm particelle fini, quelle di diametro inferiore a 0.1 µm particelle ultrafini.

Una suddivisione alternativa si basa sul concetto di particulate matter, PM. In base a questo criterio tutte le frazioni di pulviscolo atmosferico con diametro inferiore a 10 µm (10 millesimi di millimetro, pari circa ad un decimo del diametro di un capello) sono dette PM10 (chiamate anche polveri fini o sottili), mentre quelle di grandezza inferiore a 2.5 µm, risp. 1 µm, PM2.5, risp. PM1. La frazione di polveri più piccole di 2.5 micrometri rappresenta una gran parte del quantitativo totale di PM10 (in Svizzera questa frazione può raggiungere l'80%). In questo rapporto è utilizzato il termine polveri sottili, per adeguarsi alla nomenclatura europea.

Il pulviscolo atmosferico con diametro superiore a 10 µm è detto polvere grossolana, mentre l'abbreviazione TSP, total suspended particulate matter, contempla tutte le polveri in sospensione nell'aria fino ad un diametro massimo di circa 40 µm.

La situazione delle concentrazioni di PM10 in Ticino nel 2008 è illustrata alla pagina 28.

Origine

Le polveri possono avere origine sia naturale che antropica. I processi di formazione primari principali sono le combustioni incomplete (naturali: incendi di boschi; antropici: traffico motorizzato, combustione della legna e fuochi all'aperto, impianti di riscaldamento e industrie) e quelli di erosione e disgregazione (naturali: suolo; antropici: agricoltura/selvicoltura, pavimentazione stradale, usura degli pneumatici e dei freni). Polveri secondarie si formano invece a seguito di reazioni chimico-fisiche tra le particelle primarie e altri inquinanti dell'aria. Anche sali di origine marina, spore, muffe e pollini sono considerati polveri atmosferiche di origine naturale.

Da sottolineare che le particelle di origine naturale possono anche essere grossolane, mentre quelle di origine antropica sono quasi esclusivamente sottili ed ultrafini.

Formazione

In base alle modalità di formazione le polveri in sospensione nell'aria sono suddivise in "nuclei mode", che coincidono all'incirca con le particelle ultrafini, in "accumulation mode", che equivalgono alle particelle fini, e in "coarse mode", che corrispondono invece grosso modo alle particelle grossolane.

Le particelle ultrafini del nuclei mode vengono prodotte principalmente durante processi di combustione incompleta, le particelle fini dell'accumulation mode derivano dalla trasformazione e aggregazione delle particelle ultrafini e delle polveri secondarie, mediante coagulazione e condensazione, mentre le particelle grossolane del "coarse mode" vengono prodotte principalmente durante processi meccanici.

Distribuzione delle particelle in base alla massa e al loro numero

Considerato che il diametro di una particella e la sua massa sono tra loro in un rapporto di terza potenza, la massa di polveri in sospensione nell'aria è costituita in prevalenza da particelle sottili (accumulation mode) e grossolane (coarse mode), mentre quando si valuta il numero di particelle, quelle ultrafini (nuclei mode) sono le più rappresentate. I dati riguardo al numero di particelle rilevate in Ticino durante il 2008 sono presentati a pag. 30.

Composizione

A seconda del processo di formazione le polveri variano di composizione. Esse possono contenere sostanze inquinanti e tossiche per gli esseri viventi in varia concentrazione (per esempio fuliggine, sostanze minerali, metalli pesanti e composti organici). In particolare le componenti più rilevanti sono nitrato e solfato di ammonio, carbonio elementare (soprattutto nella fuliggine), composti organici (come COV ed IPA), sostanze minerali, cloruro di sodio, acqua in varie forme e appunto metalli pesanti (piombo, cadmio, zinco, rame, ferro, ecc.).

* Diametro equivalente di una particella sferica con densità 1 g/cm³ e velocità di sedimentazione uguale a quella della particella in questione.

Effetti sulla salute

Più in profondità dell'apparato respiratorio le polveri sottili ed ultrafini arrivano e più aumentano le probabilità che inneschino processi infiammatori. Le più piccole penetrano anche nelle ramificazioni più sottili dei polmoni, raggiungendo i vasi sanguigni e linfatici. La loro struttura frastagliata favorisce il legame di sostanze tossiche, alcune delle quali addirittura cancerogene. In quantità elevate le PM10 e PM2.5 possono avere pertanto serie conseguenze per la salute, in particolare sul sistema respiratorio e cardiocircolatorio. Le prime rappresentano la frazione tracheale, raggiungono cioè la trachea, le seconde quella alveolare, penetrando fino negli alveoli polmonari.

Recenti studi epidemiologici hanno mostrato come diverse affezioni polmonari siano da correlare sia alle concentrazioni di PM2.5 che alla restante frazione di PM10. Le ricerche in questo campo continuano allo scopo di definire le esatte caratteristiche delle diverse particelle di polvere e il loro influsso sulla salute.

Tutte le polveri possono inoltre ricadere sulla superficie terrestre. In special modo i metalli pesanti (ad esempio piombo, zinco, cadmio, ferro, rame, ecc.) eventualmente presenti in esse, al contrario di altri inquinanti, non si degradano chimicamente, ma tendono ad accumularsi nei diversi ecosistemi (assunzione da parte della flora e della fauna), a risalire la catena alimentare, per infine giungere agli esseri umani, agendo in modo nocivo.

I metalli pesanti presenti nell'aria, fatta eccezione per il mercurio che è volatile, sono legati al particolato in sospensione.

Un tempo il piombo, Pb, veniva emesso principalmente dai veicoli a motore. A partire dagli anni '70, con la riduzione del contenuto di Pb nelle benzine, le emissioni di questo metallo pesante sono diminuite. Con l'introduzione della benzina «verde» si è verificata un'ulteriore importante riduzione del carico ambientale da Pb. Oggigiorno, a livello svizzero, le emissioni di piombo sono circa un decimo di quelle all'inizio degli anni '70.

Il cadmio, Cd, è emesso principalmente dalle industrie metallurgiche e durante la combustione del carbone.

I metalli pesanti rappresentano un rischio per le persone e per l'ambiente: alcuni di essi ad elevate concentrazioni sono tossici e altri, come il cadmio, cancerogeni.

Uno studio dell'UFAM ha esaminato lo stato delle immissioni di PM10 in Ticino per l'anno 2000. Tra le altre cose da questo studio è emerso che il 91.7% della popolazione ticinese è esposta a concentrazioni superiori al limite OIAt di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In considerazione di ciò il Canton Ticino ha commissionato uno studio sulla strategia di lotta allo smog invernale al Sud delle Alpi, al fine di elaborare provvedimenti stagionali che permettano di fronteggiare gli episodi di smog invernale. Lo studio è stato presentato nel gennaio 2005.

PM10

II 2008

Nel 2008 le medie annue di polveri sottili hanno superato ovunque, con l'unica eccezione di Sigrino, il limite di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fissato dall'OIA. La concentrazione maggiore è stata registrata a Chiasso, con $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre il valore più basso si misura a Sigrino dove, con $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il VLI è rispettato. Figura 20 evidenzia come nel Sottoceneri, nel Mendrisiotto e nella piana del Vedeggio con valori attorno ai $30 - 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le concentrazioni medie annue sono più elevate che nel resto del Cantone, dove si attestano mediamente sui $24 - 27 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dalla figura 20 è anche possibile osservare il contributo proveniente dalle attività di cantiere di Alp Transit a Bodio e Camorino, che provocano un aggravio di $4 - 6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla media annua. L'andamento stagionale tipico delle polveri sottili è da ricondurre a due fattori. Da un canto ciò è dovuto all'attivazione di alcune fonti «invernali», come gli impianti di riscaldamento (a olio e legna), dall'altro canto il fenomeno, più marcato in inverno, delle inversioni termiche gioca un ruolo importante. Infatti, durante l'inversione, l'aria è stratificata, ciò che inibisce il suo rimescolamento in verticale. Le emissioni locali si accumulano così per più giorni, caricando sempre più l'aria.

Una situazione simile si è verificata tra il 23 febbraio e il 1° marzo, quando i valori medi giornalieri in tutto il Sottoceneri si sono attestati oltre i $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ che corrispondono alla soglia d'intervento stabilita dal Decreto Esecutivo concernente le misure d'emergenza in caso di inquinamento atmosferico acuto. È stato così purtroppo necessario introdurre la limitazione della velocità autostradale sulla tratta Chiasso - Dosso di Taverne per contenere le emissioni delle sostanze inquinanti. Per una valutazione di dettaglio di questo episodio di smog acuto si rimanda al relativo rapporto [3].

Ad eccezione del periodo sopracitato, le condizioni atmosferiche favorevoli dei mesi invernali del 2008 hanno in generale influito positivamente sulle concentrazioni di PM10 e hanno permesso di registrare i valori più bassi degli ultimi dieci anni.

Figura 20: Medie annue delle polveri sottili, PM10, in Ticino, 2008

- Immissioni
- Emissioni: autostrada
- Emissioni: cantieri ATG

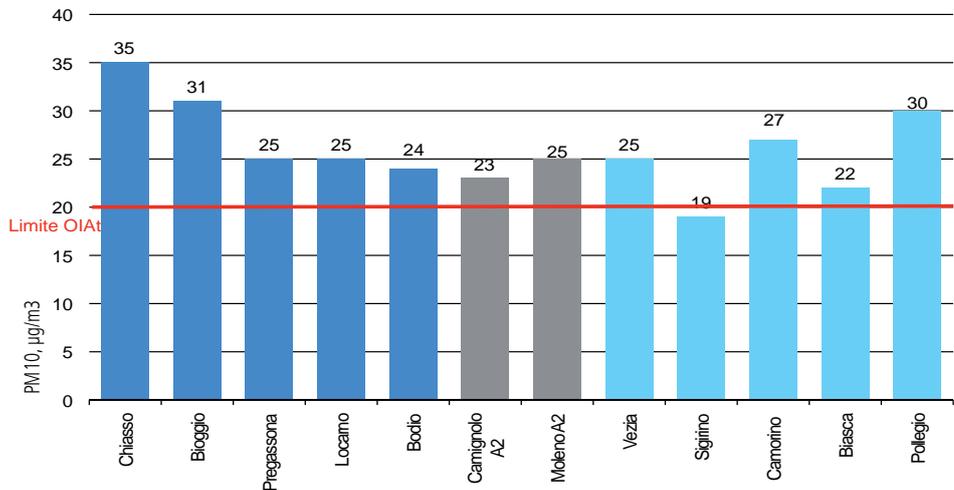
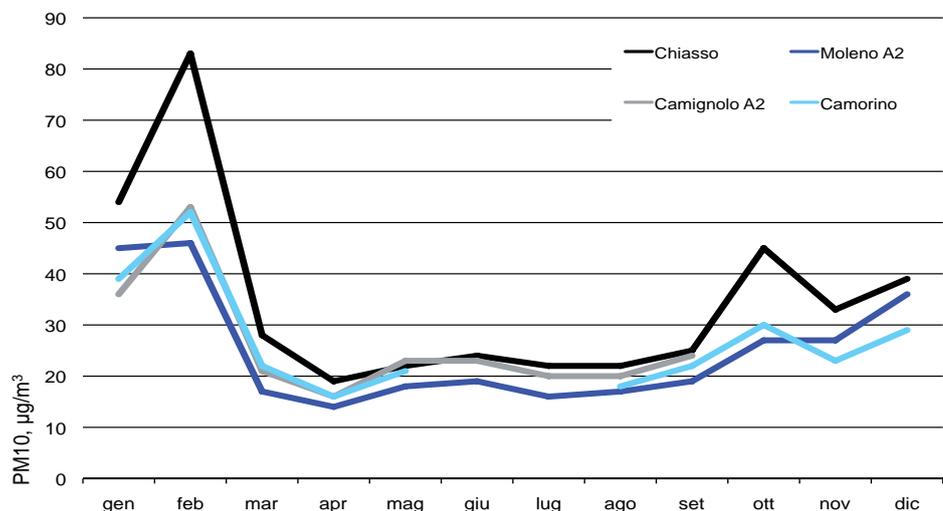


Figura 21: Andamento delle medie mensili delle polveri sottili, PM10, in Ticino, 2008



L'evoluzione

Dal 1997 le concentrazioni medie annue di polveri sottili hanno presentato un lento miglioramento, rimanendo comunque molto al di sopra del limite OIAt come media annua ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

I valori di Chiasso dal 2003 al 2007 sono, rispetto a quelli degli anni precedenti, significativamente più elevati. Ciò può essere ricondotto ai lunghi periodi d'inversione termica e di siccità che hanno caratterizzato i mesi invernali degli ultimi anni in Ticino e in particolare nel Sottoceneri. Dopo il 2007, anche i valori registrati in tutto il Ticino nel 2008 hanno presentato di nuovo un'evoluzione generale favorevole, tanto che il valore medio ponderato è passato in due anni da $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ con una riduzione di oltre il 20%.

In generale, l'evoluzione delle medie annue di PM10 in Ticino attesta un lieve e lento miglioramento. A Lugano negli ultimi 10 anni è stato possibile osservare una riduzione del 35% delle concentrazioni di PM10. Chiasso, dove i fenomeni invernali sono particolarmente accentuati, presenta un chiaro peggioramento – seppure mitigato durante l'ultimo biennio – nel corso degli ultimi 5 anni non riconducibile ad aumenti delle emissioni. Nelle altre località, pur essendo sensibilmente superiori al limite OIAt, i valori registrati sono relativamente costanti e la tendenza al miglioramento appare piuttosto lenta, anche se negli ultimi due anni questa tendenza favorevole sembra essersi consolidata, con appunto una diminuzione di oltre il 20% della media annua ponderata per tutte le stazioni di misura rispetto al 2006.

Figura 22: Evoluzione delle medie annue delle polveri sottili, PM10, in Ticino, 1994-2008

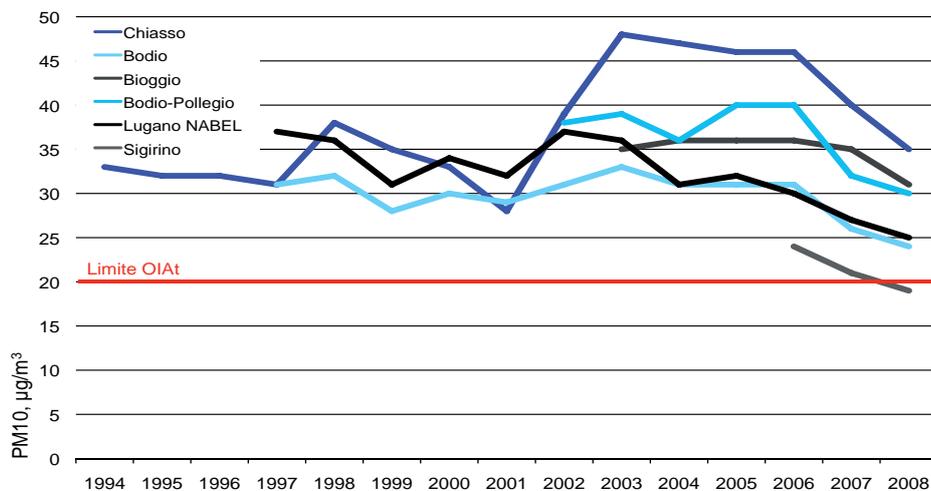
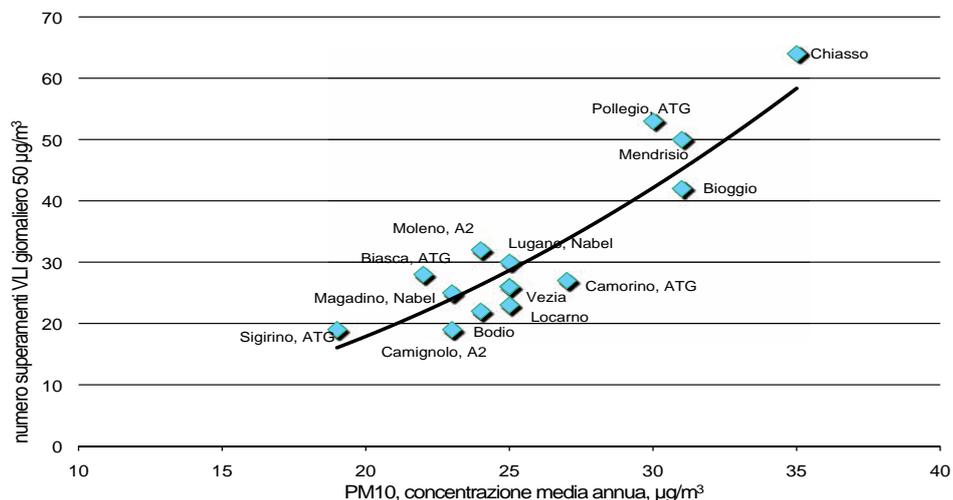


Figura 23: Numero di superamenti del VLI giornaliero in funzione della media annua per le polveri sottili, PM10, in Ticino, 2008



Numero di particelle

2.8.2

L'evoluzione

La sola massa delle particelle -espressa come $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10} - non restituisce tutte le informazioni rilevanti per la salute; in particolare non dà informazioni sul loro numero e grandezza. Le particelle più numerose sono quelle di dimensioni più piccole – le nanoparticelle di diametro aerodinamico inferiore ai 50 nm – provenienti dalla combustione incompleta. Per questo motivo il numero di particelle è un valido indicatore delle emissioni locali, come il traffico o la combustione di biomassa.

A partire dal 2003 a Lugano, e dal 2004 a Moleno e Camignolo, si registra così il numero di particelle che dipende in modo particolare dalle emissioni locali. A Moleno e Camignolo adiacenti all'A2, si sono registrati nel 2008 circa 26'000 e, rispettivamente, 48'000 passaggi veicolari totali giornalieri.

Le figure 24 e 25 riportano l'andamento annuo delle concentrazioni di PM_{10} e il numero di particelle a Moleno e Camignolo. Per attenuare l'effetto settimanale dovuto al maggiore afflusso di traffico di alcuni giorni feriali, il numero di particelle è riportato come media scivolata su 7 giorni. È così possibile osservare come, benché a Moleno e Camignolo la media annua delle concentrazioni di PM_{10} ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sia simile, il numero di particelle diverge fortemente. Infatti il valore medio annuo è stato a Camignolo di quasi 118'000 particelle/ cm^3 , mentre a Moleno di circa 65'000 particelle/ cm^3 . Si tratta di una differenza del 45% che corrisponde alla divergenza nei flussi di traffico nelle due località.

Figura 24: numero di particelle, p/cm^3 : andamento annuo, media scivolata su 7 giorni a Moleno e Camignolo, 2008

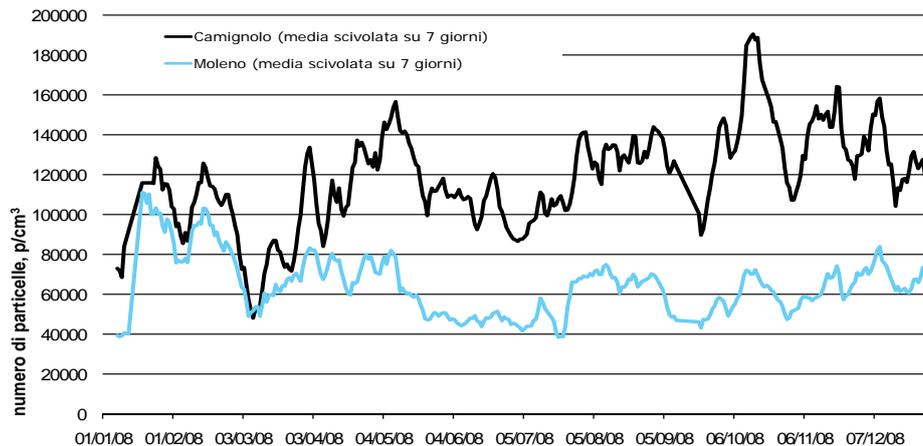
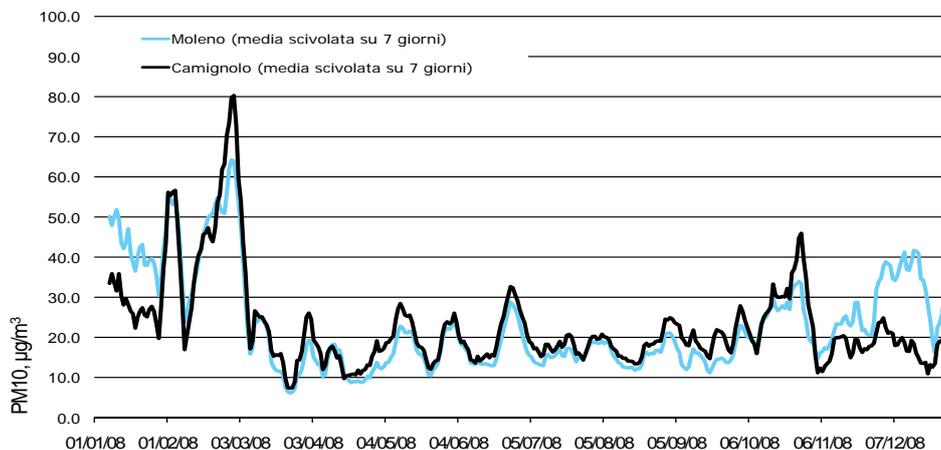


Figura 25: PM_{10} , $\mu\text{g}/\text{m}^3$: andamento annuo, media scivolata su 7 giorni a Moleno e Camignolo, 2008

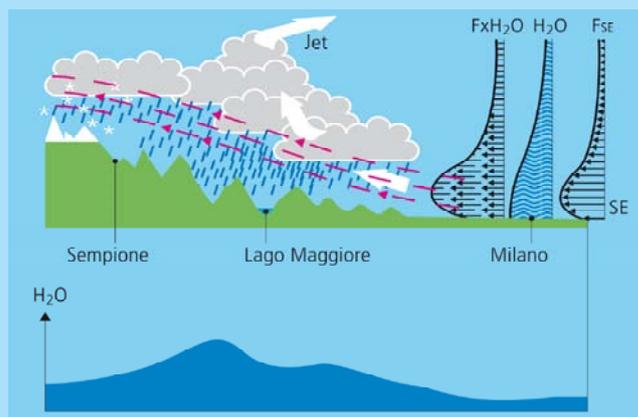


Il 2008 Le concentrazioni e deposizioni medie annue del 2008 sono riportate nella tabella a pagina 32. In generale le concentrazioni dei parametri di origine antropica (solfato, nitrato e ammonio) sono maggiori presso le stazioni caratterizzate da basse latitudini come Lugano, Monte Brè e Stabio e minori a latitudini più elevate come Acquarossa, Bignasco, Piotta, Robiei, Sonogno. La correlazione con la latitudine riflette l'influsso dell'inquinamento atmosferico a lunga distanza che si muove lungo un gradiente da sud verso nord dalla Pianura Padana verso le Alpi. Le deposizioni umide dipendono sia dalla concentrazione dei parametri chimici nelle precipitazioni sia dal volume delle precipitazioni. In Ticino le maggiori precipitazioni si osservano normalmente nella zona nord-occidentale del Cantone. La ragione di questa distribuzione sono la direzione di masse d'aria umide, che si muovono prevalentemente da sud-ovest verso le Alpi, e la particolare orografia del territorio, che causa una ripida ascesa delle masse d'aria verso altitudini maggiori. Nel 2008 i maggiori carichi di solfato, nitrato e ammonio sono stati misurati a Lugano, mentre le deposizioni più basse sono state osservate ad Acquarossa e Piotta.

Per quanto riguarda le concentrazioni e le deposizioni di bicarbonato e acidità, in media le concentrazioni e le deposizioni massime di bicarbonato e minime di acidità sono state osservate a Lugano e a Stabio. Tuttavia i valori più alti sono stati misurati a Robiei, Bignasco e Piotta in maggio/giugno in seguito alla situazione di forte favonio del 26-28 maggio. Durante quei giorni sono state numerose le segnalazioni di deposizioni di polveri sahariane (http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/wetter/wetterereignisse/foehnsturm_27__28.html).

Gli inquinanti emessi nell'atmosfera possono essere eliminati in modi diversi. Un importante meccanismo sono le precipitazioni. Vi è pure la deposizione secca (deposizione di particelle e deposizione di sostanze gassose), anche se quantitativamente meno rilevante. La deposizione di inquinanti dipende dalla meteorologia, dalla topografia, dalla superficie (es: presenza di vegetazione) e dalle reazioni chimiche nell'atmosfera.

Le precipitazioni al sud delle Alpi sono spesso causate da correnti sudoccidentali calde e umide, che passano sopra la Pianura Padana dove si arricchiscono di inquinanti per poi scontrarsi contro le Alpi e rilasciare l'umidità in forma di precipitazione [5]. È per questo che le precipitazioni sono particolarmente influenzate dall'inquinamento atmosferico transfrontaliero.



Profilo qualitativo sud-est (SE) – nord-ovest (NO) delle precipitazioni della zona del bacino idrografico del Lago Maggiore. F: profilo del vento (componente SE perpendicolare alle Alpi); H₂O: profilo del contenuto di acqua; FxH₂O; combinazione, quale flusso d'acqua diretto verso NO [6]

Deposizioni umide

L'evoluzione

Il volume annuo delle precipitazioni è mostrato nella figura 27. Le variazioni delle concentrazioni medie annue e delle relative deposizioni dei principali parametri chimici sono invece riportate nella figura 26. Per alcuni parametri si possono osservare delle tendenze. Le concentrazioni medie annue di solfato sono diminuite dagli anni 1980 in poi, rispondendo così alla riduzione delle emissioni di diossido di zolfo dopo il 1980. Tra il 1988 e il 2008 le concentrazioni medie annue di solfato a Lugano e a Locarno Monti sono diminuite del 60-72%. Per quanto riguarda invece le concentrazioni di nitrato e ammonio, esse sembrano essere leggermente diminuite tra il 1990 e il 1995, ma non negli anni successivi. Al contrario, sembrerebbe che durante anni particolarmente secchi come il 2003 e il 2005 le concentrazioni siano nuovamente aumentate probabilmente per un effetto di concentrazione. Sembrano invece aumentare le concentrazioni e le deposizioni di bicarbonato in particolare negli anni molto piovosi 1999, 2000 e 2002. L'acidità, che corrisponde alla differenza tra gli anioni acidi e i cationi basici più l'ammonio, dopo il 1988 è diminuita da circa 30-40 meq/m³ a valori attorno a 0 meq/m³. Dopo il 2000 nella maggior parte delle stazioni di monitoraggio le concentrazioni medie annue e le relative deposizioni di acidità sono diventate negative. Tuttavia può succedere che un unico evento di pioggia alcalina particolarmente intenso sposti l'acidità media annua verso valori fortemente negativi. Ciò è accaduto per le stazioni di Acquarossa, Locarno Monti e Piotta nel 2000 (piogge alcaline in ottobre) e per le stazioni di Monte Brè, Locarno Monti, Lugano e Stabio nel 2002 (piogge alcaline in novembre). Ricordiamo l'intensità di entrambi gli eventi, che hanno provocato l'esondazione dei laghi Verbano e Ceresio. Ancora non è chiaro quando e perché avvengono eventi di questo genere. Rogora et al. [7] hanno osservato un aumento della frequenza delle piogge alcaline spesso ricche di polveri Sahariane nell'ultimo decennio. È possibile che anni particolarmente piovosi aumentano la probabilità del manifestarsi di questi eventi. Inoltre la riduzione delle concentrazioni di solfato negli ultimi 20 anni ha probabilmente contribuito a diminuire la capacità delle acque piovane di neutralizzare eventi alcalini rendendoli più "osservabili" nella chimica delle piogge. Anche l'influsso del cambiamento climatico sul trasporto a lunga distanza di polveri alcaline potrebbe incidere.

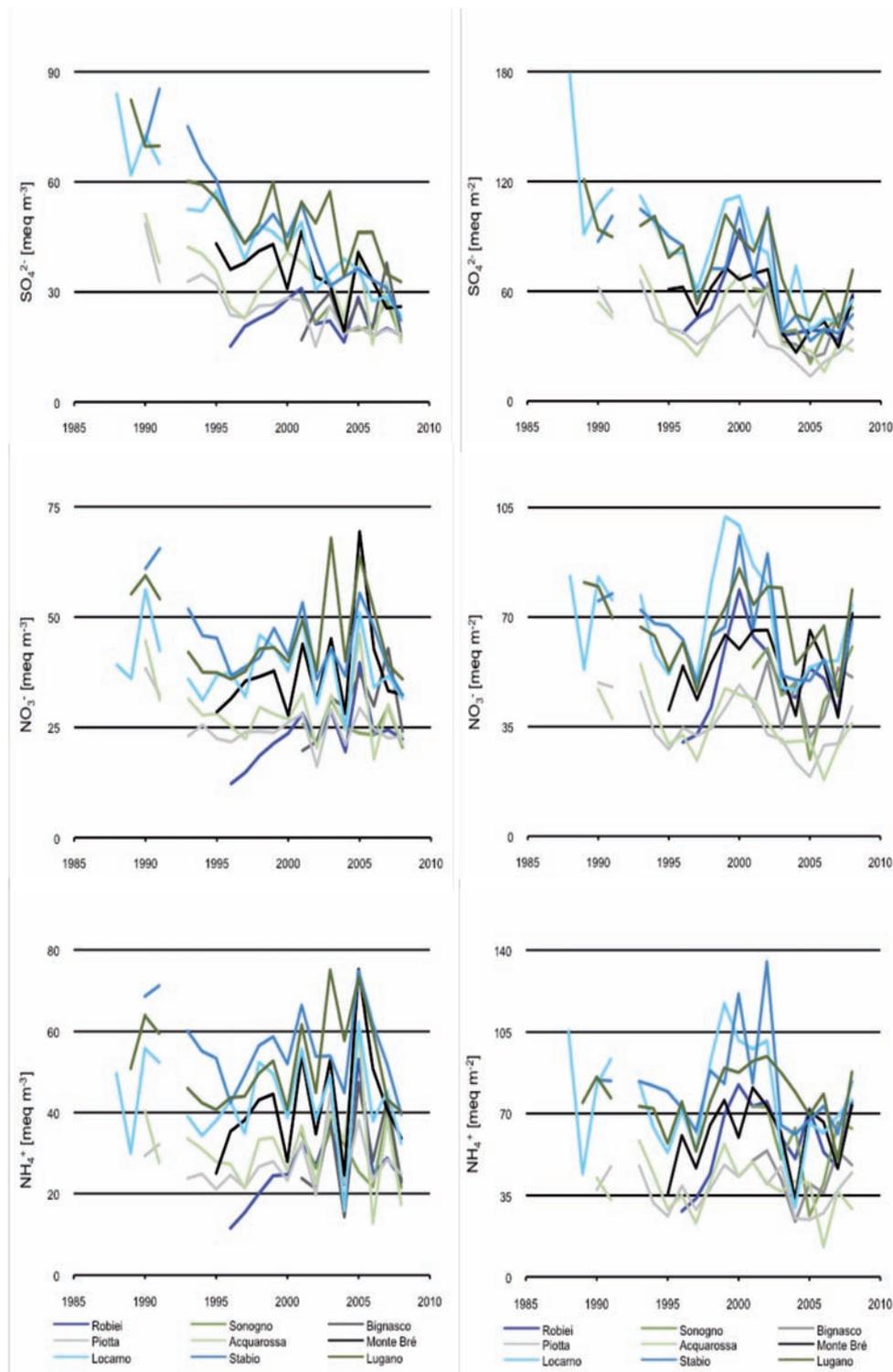
Stazione di campionamento	Precipitazione (mm)		Conducibilità 25°C (µS cm ⁻¹)	pH	Ca ²⁺		Mg ²⁺		Na ⁺		K ⁺		NH ₄ ⁺		HCO ₃ ⁻		SO ₄ ²⁻		NO ₃ ⁻		Cl ⁻		Acidità = H ⁺ - HCO ₃ ⁻	
	effettiva	analizzata			Concentrazione (meq m ⁻³)	Deposizione (meq m ⁻²)	Concentrazione n (meq m ⁻³)	Deposizione (meq m ⁻²)	Concentrazione (meq m ⁻³)	Deposizione (meq m ⁻²)	Concentrazione (meq m ⁻³)	Deposizione (meq m ⁻²)	Concentrazione (meq m ⁻³)	Deposizione (meq m ⁻²)	Concentrazione (meq m ⁻³)	Deposizione (meq m ⁻²)	Concentrazione (meq m ⁻³)	Deposizione (meq m ⁻²)	Concentrazione (meq m ⁻³)	Deposizione (meq m ⁻²)	Concentrazione (meq m ⁻³)	Deposizione (meq m ⁻²)	Concentrazione (meq m ⁻³)	Deposizione (meq m ⁻²)
Acquarossa	1696	1033	8	5.2	16	28	5	9	3	6	1	2	17	29	3	5	16	27	21	36	4	6	3	5
Bignasco	2114	2078	10	5.2	20	43	4	8	8	17	2	4	23	48	8	16	19	39	24	51	8	19	1	2
Locarno Monti	2346	2151	12	5.1	17	41	3	8	7	16	1	3	32	76	5	13	24	55	32	74	7	16	3	7
Lugano	2188	1687	14	5.3	25	54	6	14	10	22	2	5	40	88	9	20	33	72	36	79	8	18	-1	-1
Monte Brè	2188	1935	12	5.2	19	41	5	10	8	18	2	5	34	73	6	13	26	57	32	71	9	21	-4	-9
Piotta	1803	1532	10	5.3	16	28	4	6	11	19	1	3	25	45	9	15	19	33	23	41	10	19	-4	-6
Robiei	3188	3021	9	5.2	19	60	2	8	4	11	1	3	24	75	10	31	18	58	22	71	4	12	-4	-11
Sonogno	2957	2453	8	5.5	17	50	3	10	7	21	2	7	21	64	9	26	17	51	20	60	7	22	-5	-15
Stabio	2121	1966	12	5.3	15	33	4	8	9	19	3	6	40	84	11	23	22	47	32	68	9	20	-6	-13

Deposizioni umide

Figura 26: Variazioni temporali delle concentrazioni medie annue (a sinistra), e delle relative deposizioni (a destra) dei principali parametri chimici

Le concentrazioni dei cationi basici corrispondono alla somma delle concentrazioni dei cationi basici non marini (calcio, magnesio e potassio)

Prima del 1988 i campionatori delle deposizioni non campionavano soltanto la parte umida ma anche quella secca, i risultati di questi due periodi non dovrebbero essere dunque confrontati tra di loro.



Deposizioni umide

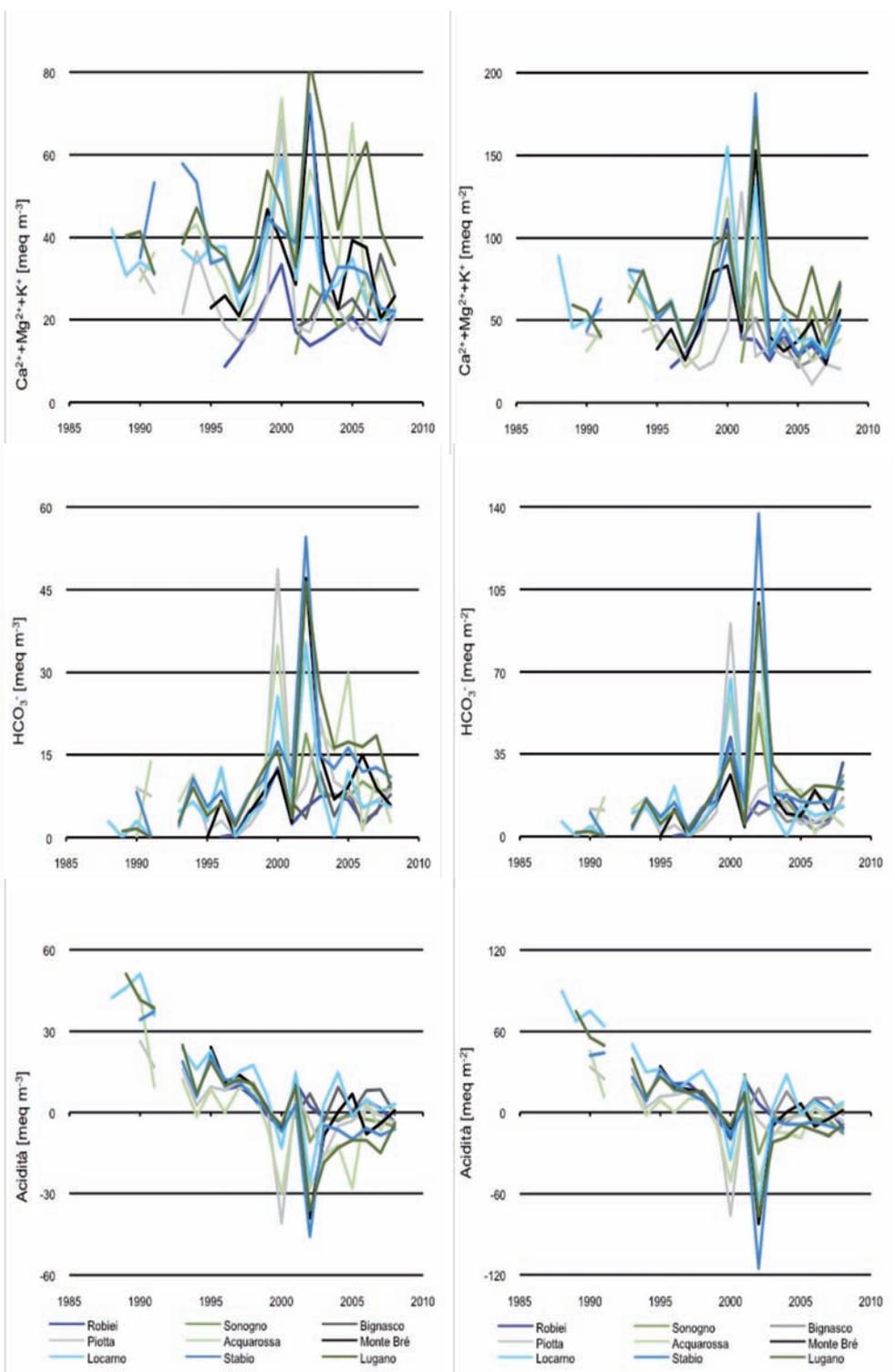
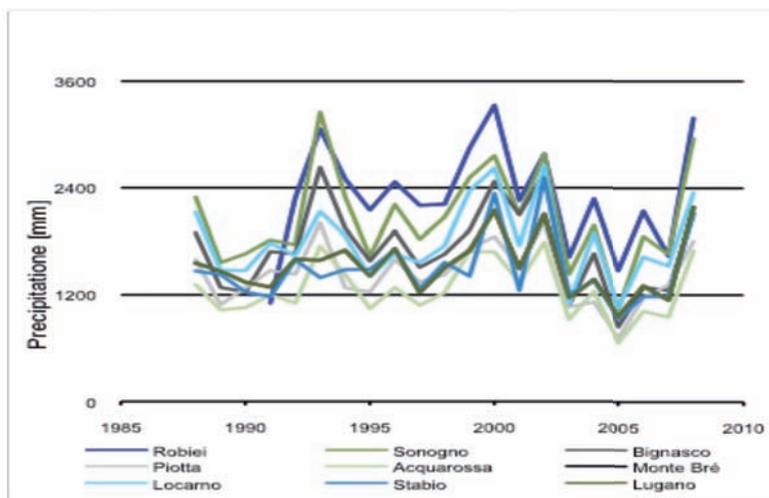


Figura 27: Precipitazione annua;
 Dati MeteoSvizzera

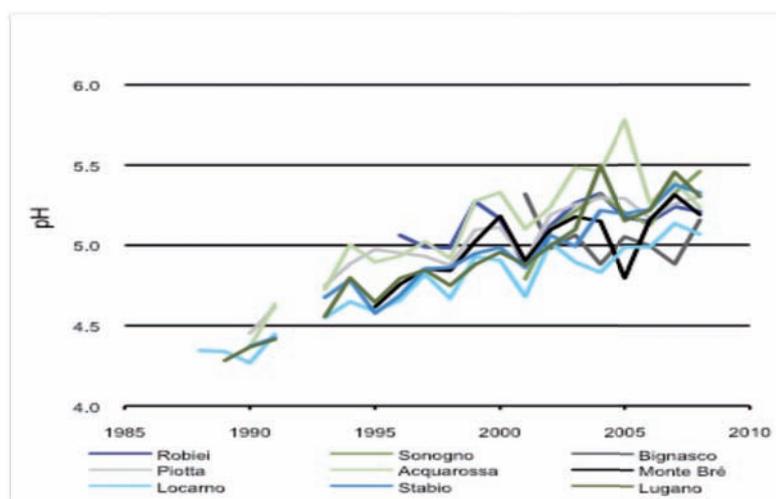


Conclusioni

La diminuzione delle emissioni di solfato insieme all'aumento della frequenza di precipitazioni alcaline hanno generato una diminuzione dell'acidità e un aumento del pH (figura 28). Dalla fine degli anni 1980 all'inizio di questo millennio il pH medio annuo delle deposizioni umide a Locarno Monti e Lugano è aumentato da 4.3 a 5.1/5.3.

Per quanto riguarda le deposizioni, le tendenze temporali di solfato, nitrato, ammonio, cationi basici, bicarbonato e acidità sono simili a quelle appena discusse per le rispettive concentrazioni, con la differenza che le deposizioni sono maggiormente influenzate dai volumi delle precipitazioni. Infatti, l'aumento delle deposizioni osservabile per la maggior parte dei parametri nel 2008 è dovuto ad un aumento delle precipitazioni annue dopo 5 anni piuttosto secchi.

Figura 28: Variazione temporale del pH
 medio annuo



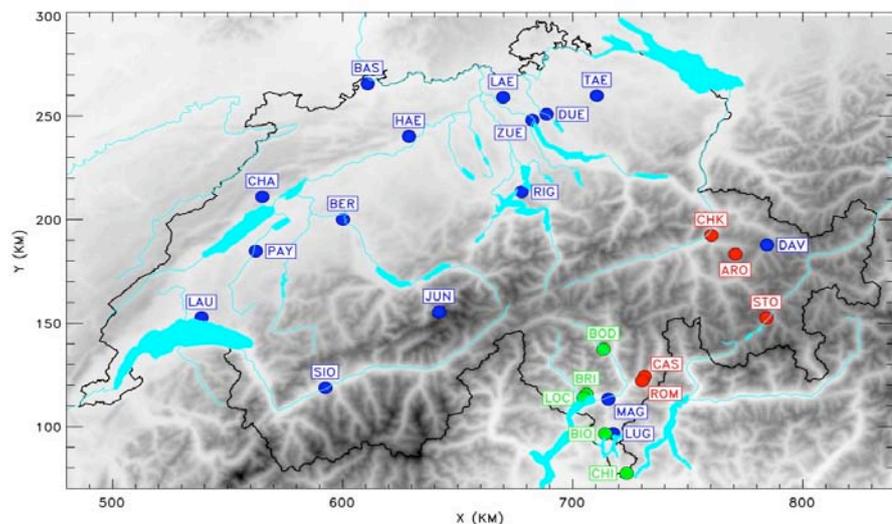
Evoluzione pluriennale delle concentrazioni ozono

I cambiamenti a lungo termine delle concentrazioni d'ozono sono influenzati da numerosi parametri, in modo particolare dalle variabili meteorologiche e dalle emissioni dei precursori dell'ozono. Per valutare in che misura le emissioni regionali e la concentrazione di fondo contribuiscono ai cambiamenti dei livelli di ozono osservati, è necessario rimuovere la variabilità dovuta alla meteorologia. Nel 2005 Ordonez et al. hanno pubblicato uno studio sull'evoluzione tra il 1992 e il 2002 dell'ozono troposferico sopra l'altipiano svizzero, includendo una discussione sulla canicola del 2003. Sono state utilizzate le misurazioni meteorologiche e della qualità dell'aria rilevate alle stazioni delle reti NABEL e OSTLUFT.

Le misurazioni della qualità dell'aria erano state corrette dagli influssi meteorologici sulla base di un modello multilineare. Un risultato importante osservato era che nonostante le diminuzioni di emissioni delle ultime decadi, non sono stati registrati cali significativi dei livelli di ozono. Le stazioni della qualità dell'aria situate al sud delle Alpi, che spesso fungono da barriera per lo scambio di masse d'aria tra il sud e il nord, non erano state inserite in questa ricerca.

Il modello statistico sviluppato per correggere i dati dall'influsso della meteorologia è stato in seguito esteso alle misurazioni fino al 2007 e per tutto il territorio elvetico, quindi anche a quelle registrate in Ticino (stazioni OASI e UPA) e nei Grigioni (stazioni ANU). I risultati sono stati pubblicati nel 2008, qui di seguito sono riportati i risultati principali. Lo studio, intitolato "Le tendenze dell'ozono e di O_x in Svizzera dal 1992 al 2007: osservazioni effettuate su stazioni selezionate dalle reti NABEL, OASI e ANU corrette dalle variabilità meteorologiche" e condotto dal Paul Scherrer Institut, è ordinabile presso l'Ufficio della protezione dell'aria [2].

Figura 29: Ubicazione delle stazioni di misura presso utilizzate per valutare i trend dell'ozono



Metodo di correzione della variabilità meteorologica

Il metodo per correggere l'ozono e O_x (e cioè $O_3 + NO_2$) dalla variabilità meteorologica è basato sull'Analisi della COVarianza (ANCOVA). Questo metodo assume che i rapporti di mescolamento di O_3 e O_x sono funzioni multilinerari di parametri meteorologici selezionati. L'analisi è stata eseguita utilizzando il pacchetto statistico (statistics package) R, che supporta la dipendenza sia da variabili continue (per esempio: la temperatura dell'aria) che da parametri discreti (per esempio: la direzione del vento espressa in termini di discreti settori della direzione del vento). I seguenti valori giornalieri di ogni stazione sono stati presi in considerazione per l'analisi:

Variabili meteorologiche (medie): temperature pomeridiane, irraggiamento solare mattutino, velocità del vento pomeridiano, ecc. Se non sono misurati dati meteorologici sulla stazione, sono state utilizzate le misurazioni della più vicina rete meteorologica svizzera ANETZ.

Parametri della qualità dell'aria: massimi giornalieri di ozono e O_x (se disponibili misurazioni di NO_2 nel medesimo luogo).

L'algoritmo determina i contributi di quei parametri meteorologici che sono responsabili principalmente per la variabilità dei massimi giornalieri di O_3 e O_x . Per ogni stagione questi parametri sono stati adeguati alle condizioni meteorologiche rappresentative per la media stagionale delle concentrazioni dal 1992 al 2007. Le mediane e il 90° percentile di questi dati sono stati calcolati per ogni stagione di ogni anno. Da questi dati deriva infine il trend linearizzato per il periodo esaminato.

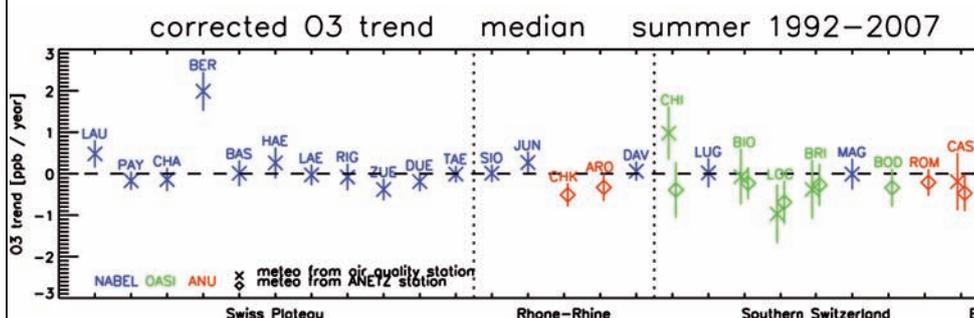
Per la maggior parte delle stazioni, le temperature pomeridiane, l'irraggiamento solare mattutino e l'umidità nell'aria durante la mattina sono le variabili più significative responsabili della formazione di O_3 e O_x in primavera e in estate. In autunno e in inverno sono più significativi l'irraggiamento solare pomeridiano e il gradiente termico verticale.

Risultati

Per mostrare le tendenze sistematiche, i coefficienti del trend sono stati raggruppati in 4 regioni, secondo le ubicazioni delle stazioni: l'Altipiano svizzero, la zona delle sorgenti dei fiumi Rodano e Reno, il sud della Svizzera e l'Engadina (Grigioni). In estate i coefficienti per l'ozono nell'altipiano svizzero sono di solito pressoché vicini allo zero. Nelle stazioni situate nel centro delle città di Berna e Losanna i trend sono di segno positivo, l'ozono è quindi in aumento.

Una possibile causa è la diminuzione delle concentrazioni di NO_2 . Se si considera O_x , i trend sono simili a quelli delle stazioni rurali. Al Sud delle Alpi sono stati trovati trend lievemente negativi (fino a -1 ppb/anno): ciò significa che le concentrazioni di ozono sono diminuite. In inverno i trend delle stazioni settentrionali sono positivi (fino a 0.5 ppb/anno), mentre nelle stazioni ubicate al Sud delle Alpi i trend sono pressoché vicini allo zero o perfino negativi.

Figura 30: Trend corretti delle mediane di ozono in estate, 1992-2007. Le stazioni delle reti NABEL (blu), OASI/UPA (verde) e ANU (rosso) sono classificate secondo le loro regioni geografiche.



Evoluzione dell'ozono in Svizzera 1992-2007

La correzione meteorologica delle concentrazioni misurate causa in molti casi una minore dispersione dei dati, rivela quindi un trend a lungo termine più chiaro. Perfino misurazioni fatte in condizioni estreme, come durante la canicola nel 2003, vengono adeguate correttamente. Il trend lineare per il periodo 1992-2002 trovato da Ordonez et al. (2005) si protrae fino al 2007. Tuttavia, presso qualche stazione risulta che le concentrazioni d'ozono corrette in primavera e in estate 2007 sono inferiori a quelle del 2006.

Le seguenti figure mostrano, come ad esempio a Berna, si registri un trend decisamente positivo in estate, mentre a Zurigo e Tänikon il trend è tendente allo 0 o leggermente negativo, con quindi una leggera riduzione delle concentrazioni di ozono negli anni.

Figura 31: Trend misurati (meas) e corretti (adj) delle concentrazioni massime giornaliere estive (mediane) per le stazioni NABEL di Berna (BER), Zurigo (ZUE) e Tänikon (TAE), 1992 - 2007

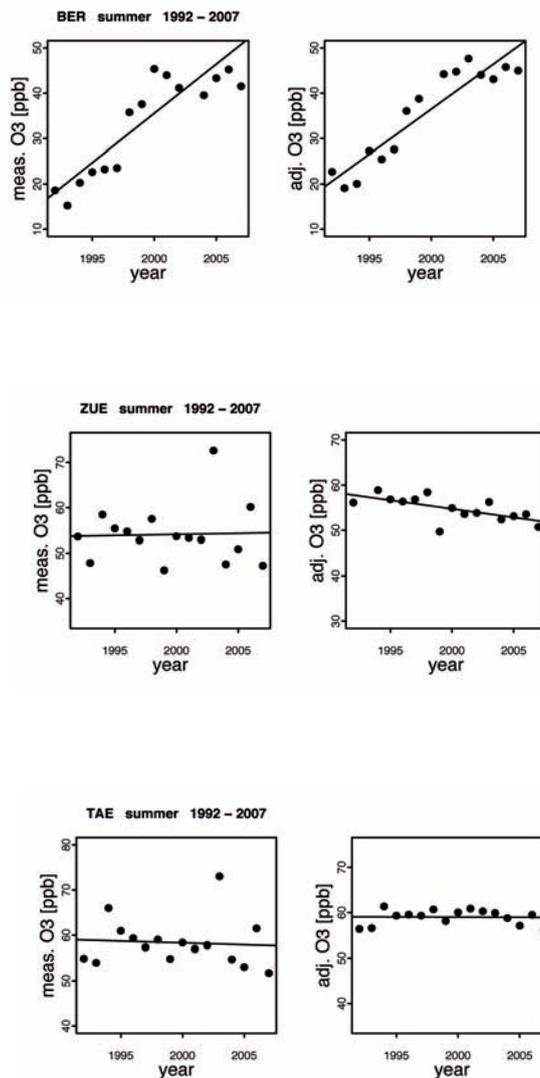
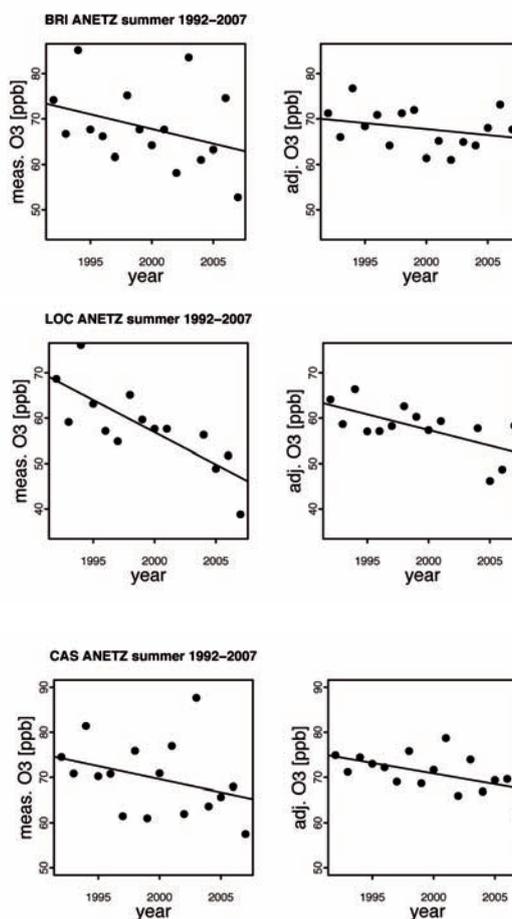


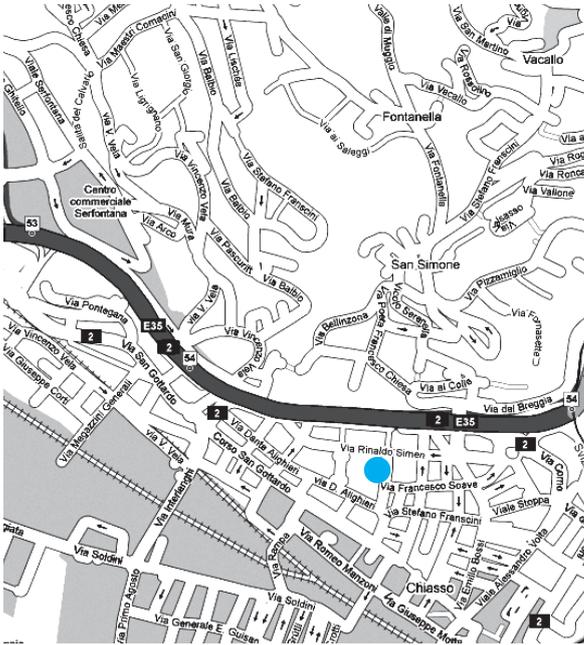
Figura 32: Trend misurati (meas) e corretti (adj) delle concentrazioni massime giornaliere estive (mediane) per le stazioni di Brione s/Minusio, Locarno e Castaneda, 1992 – 2007. I dati meteorologici provengono dalla stazione ANETZ di Locarno - Monti



Le figure relative alla Svizzera settentrionale mostrano come qui vi siano dei trend negativi, ciò significa che le concentrazioni giornaliere massime di ozono sono in diminuzione. Tra le stazioni considerate fanno eccezione Chiasso, dove si osserva un trend ancora positivo, e Lugano e Magadino, dove la tendenza si aggira intorno allo 0 (cfr. figura 30).

Conclusioni

È piuttosto sorprendente che la diminuzione delle emissioni in Europa durante le ultime decadi non risulti in un'altrettanto importante riduzione dell'ozono al nord delle Alpi. Per quanto riguarda il sud delle Alpi, invece, ci sono prove che la qualità dell'aria del nord Italia è migliorata, portando a tendenze più favorevoli (meno ozono) rispetto a quelle osservate nell'Altipiano svizzero. Gli autori dello studio ipotizzano che le mitigazioni delle emissioni sono compensate da un aumento dell'ozono di fondo. Possibili cause per questo effetto sono la forte crescita economica nei paesi in via di sviluppo e il continuo aumento dell'intrusione dell'ozono dalla stratosfera.



Chiasco



Centro città, lungo via fortemente trafficata.

Coordinate (x/y): 723.45 / 77.45
Quota (m s.l.m.): 230

La stazione di analisi si trova sul piazzale delle scuole elementari. Le emissioni della città sono dovute principalmente agli impianti di riscaldamento ed al traffico sia locale che di transito, quest'ultimo composto per buona parte da veicoli esteri e da mezzi pesanti. La città si trova inoltre in una conca che favorisce la formazione d'aria stagnante e che può essere facilmente inglobata nello strato di inversione termica che spesso si forma in inverno sulla Pianura Padana.

Diossido di azoto (NO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	42	↘
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	83	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	80	93	↗
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	6	↘
Ozono (O ₃)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media oraria massima	µg/m ³	120	225	↘
Numero di superamenti del limite orario	ore	1	430	↘
98° percentile massimo delle medie semiorarie di un mese	µg/m ³	100	191	↘
Numero di superamenti del limite statistico	mesi	0	7	↘
Polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	20	35	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	50	177	↘
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	63	↘
Piombo nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	500	n.r.	-
Cadmio nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	ng/m ³	1.5	n.r.	-
Diossido di zolfo (SO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	n.r.	-
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	n.r.	-
Media giornaliera massima	µg/m ³	100	n.r.	-
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	n.r.	-
Monossido di carbonio (CO)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media giornaliera massima	mg/m ³	8	n.r.	-
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	n.r.	-

n.r.: non rilevato



Lugano NABEL



Centro città, nei pressi di una strada trafficata.

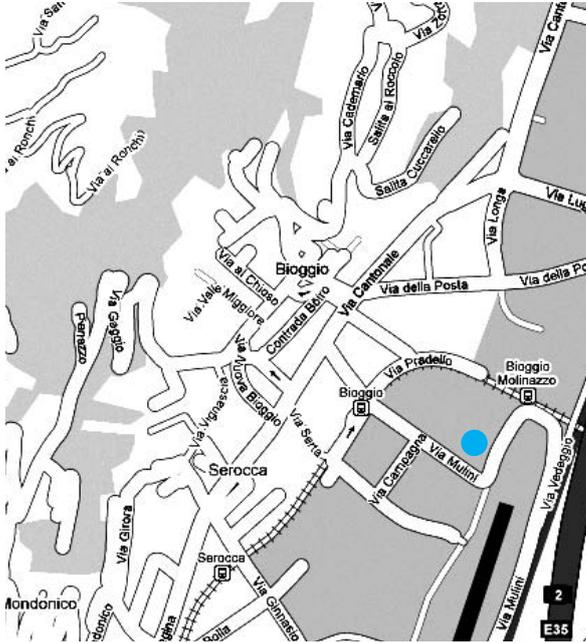
Coordinate (x/y): 717.6 / 96.6

Quota (m s.l.m.): 280

La stazione di analisi si trova sull'areale della Università della Svizzera Italiana, nei pressi di una strada trafficata. Riporta quindi la qualità dell'aria dovuta alle attività cittadine, principalmente gli impianti di riscaldamento e il traffico locale.

	Unità	Limite	2008	vs 2007
Diossido di azoto (NO₂)				
Media annua	µg/m ³	30	34	↘
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	76	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	80	81	↘
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	2	→
Ozono (O₃)				
Media oraria massima	µg/m ³	120	247	↘
Numero di superamenti del limite orario	ore	1	533	↘
98° percentile massimo delle medie semiorarie di un mese	µg/m ³	100	201	↘
Numero di superamenti del limite statistico	mesi	0	7	↘
Polveri sottili (PM10)				
Media annua	µg/m ³	20	25	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	50	127	↘
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	30	↘
Piombo nelle polveri sottili (PM10)				
Media annua	µg/m ³	500	0.008	↘
Cadmio nelle polveri sottili (PM10)				
Media annua	ng/m ³	1.5	0.2	↘
Diossido di zolfo (SO₂)				
Media annua	µg/m ³	30	5	↘
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	17	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	100	18	↘
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	0	→
Monossido di carbonio (CO)				
Media giornaliera massima	mg/m ³	8	1.07	↘
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	0	→
Polveri ultrafini (PM1)				
Media annua	µg/m ³	-	14	
Numero di particelle				
Media annua	p/cm ³	-	17'651	↘

Fonte: UFAM/NABEL
n.r.: non rilevato



Bioggio



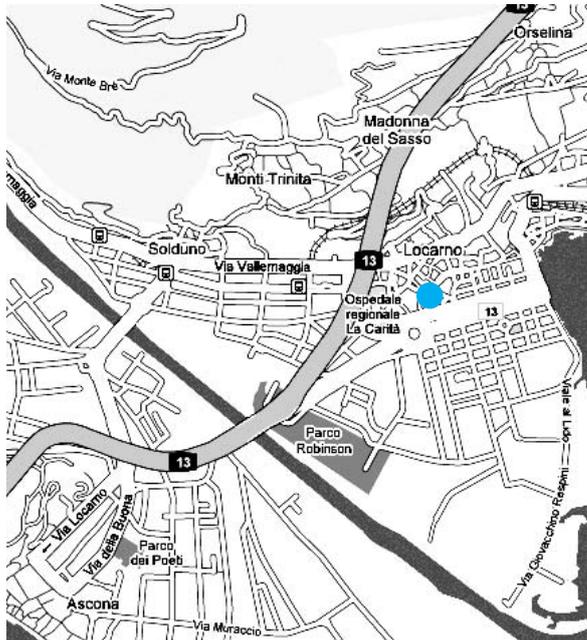
Località mediamente popolata, con considerevole presenza industriale.

Coordinate (x/y): 714.15 / 96.65
Quota (m s.l.m.): 290

La stazione di rilevamento di Bioggio è situata nella zona industriale presso l'aeroporto di Agno. Alle emissioni degli impianti stazionari, si aggiungono quelle del traffico aereo e quelle dell'autostrada (A2) e degli assi stradali tra Lugano a Ponte Tresa.

Diossido di azoto (NO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	35	↘
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	81	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	80	84	↘
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	3	→
Ozono (O ₃)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media oraria massima	µg/m ³	120	218	↘
Numero di superamenti del limite orario	ore	1	218	↘
98° percentile massimo delle medie semiorarie di un mese	µg/m ³	100	172	↘
Numero di superamenti del limite statistico	mesi	0	4	↘
Polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	20	31	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	50	135	↗
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	42	↘
Piombo nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	500	n.r.	-
Cadmio nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	ng/m ³	1.5	n.r.	-
Diossido di zolfo (SO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	n.r.	
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	n.r.	
Media giornaliera massima	µg/m ³	100	n.r.	
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	n.r.	
Monossido di carbonio (CO)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media giornaliera massima	mg/m ³	8	0.8	↘
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	0	→

n.r.: non rilevato



Locarno



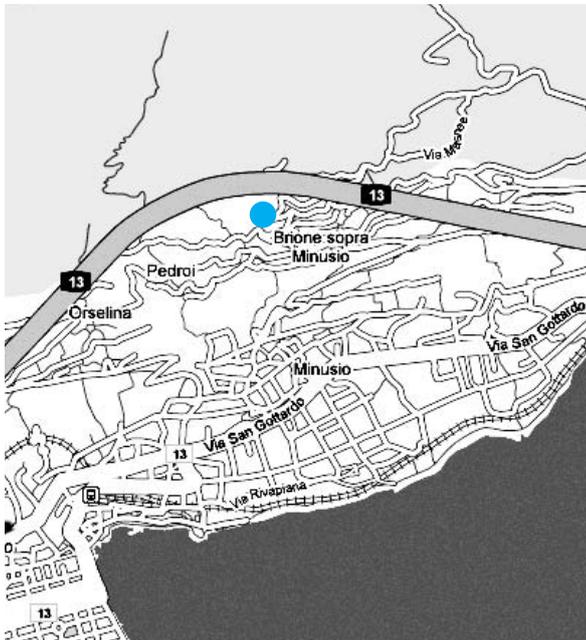
Città mediamente popolata.

Coordinate (x/y): 704.63 / 113.80
Quota (m s.l.m.): 200

La stazione di misura, posta in centro città, è esposta alle emissioni degli impianti di riscaldamento e del traffico. Il Locarnese, ed il pendio destro del Verbano in modo particolare, godono di una buona insolazione che favorisce correnti termiche sui pendii e quindi la dispersione delle sostanze inquinanti. Questa situazione è inoltre accentuata dai fenomeni di brezza tra lago e valli.

Diossido di azoto (NO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	36	↗
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	72	↗
Media giornaliera massima	µg/m ³	80	71	↘
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	0	↘
Ozono (O ₃)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media oraria massima	µg/m ³	120	203	↗
Numero di superamenti del limite orario	ore	1	178	↗
98° percentile massimo delle medie semiorarie di un mese	µg/m ³	100	164	↗
Numero di superamenti del limite statistico	mesi	0	5	↗
Polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	20	25	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	50	117	↗
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	23	↘
Piombo nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	500	n.r.	-
Cadmio nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	ng/m ³	1.5	n.r.	-
Diossido di zolfo (SO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	6	→
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	15	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	100	20	↘
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	0	→
Monossido di carbonio (CO)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media giornaliera massima	mg/m ³	8	n.r.	-
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	n.r.	-

n.r.: non rilevato



Brione s. Minusio



Località rurale e collinare.

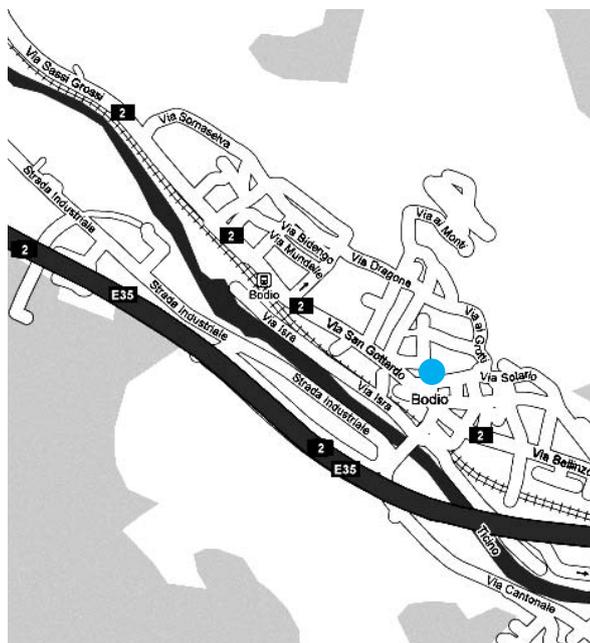
Coordinate (x/y): 706.00 / 115.65
Quota (m s.l.m.): 480

Brione sopra Minusio è situato in collina, circa 300 metri sopra l'agglomerato di Locarno. Le emissioni locali sono molto contenute, ma la località risente delle emissioni dovute al traffico e agli impianti di riscaldamento degli insediamenti sottostanti.

Diossido di azoto (NO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	13	➔
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	37	➔
Media giornaliera massima	µg/m ³	80	56	➔
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	0	➔
Ozono (O ₃)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media oraria massima	µg/m ³	120	224	➔
Numero di superamenti del limite orario	ore	1	302	➔
98° percentile massimo delle medie semiorarie di un mese	µg/m ³	100	178	➔
Numero di superamenti del limite statistico	mesi	0	4	➔
Polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	20	-*	-
Media giornaliera massima	µg/m ³	50	61*	-
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	14*	-
Piombo nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	500	n.r.	-
Cadmio nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	ng/m ³	1.5	n.r.	-
Diossido di zolfo (SO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	n.r.	-
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	n.r.	-
Media giornaliera massima	µg/m ³	100	n.r.	-
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	n.r.	-
Monossido di carbonio (CO)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media giornaliera massima	mg/m ³	8	n.r.	-
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	n.r.	-

n.r.: non rilevato

*: inizio rilevamenti il 1.12.2008



Bodio

Località mediamente popolata, con considerevole presenza industriale.

Coordinate (x/y): 713.35 / 137.30
Quota (m s.l.m.): 320

Le emissioni locali, dovute a due impianti industriali e all'intenso traffico di transito, sono elevate, mentre quelle dovute agli impianti domestici di riscaldamento sono ridotte. Il ricambio d'aria è buono durante i mesi estivi, grazie alle forti brezze stagionali che percorrono longitudinalmente la valle Leventina, ma scarso in quelli invernali, visto che il fondovalle in questo punto è molto stretto e bloccato verso nord dalla Biaschina.

Diossido di azoto (NO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	31	↗
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	72	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	80	75	↘
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	0	→
Ozono (O ₃)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media oraria massima	µg/m ³	120	180	↘
Numero di superamenti del limite orario	ore	1	225	↘
98° percentile massimo delle medie semiorarie di un mese	µg/m ³	100	149	↘
Numero di superamenti del limite statistico	mesi	0	6	↘
Polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	20	24	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	50	107	↗
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	10	↘
Piombo nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	500	n.r.	-
Cadmio nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	ng/m ³	1.5	n.r.	-
Diossido di zolfo (SO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	19	↘
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	66	↗
Media giornaliera massima	µg/m ³	100	77	↗
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	0	→
Monossido di carbonio (CO)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media giornaliera massima	mg/m ³	8	n.r.	-
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	n.r.	-

n.r.: non rilevato



Pregassona



Periferia, nei pressi di una strada poco trafficata.

Coordinate (x/y): 718.38 / 98.30
Quota (m s.l.m.): 305

La stazione di misura si trova alla periferia di Lugano, nei pressi del portale, lato Cassarate, della galleria Vedeggio Cassarate al fine di monitorare l'effetto del cambiamento dei regimi di traffico e l'applicazione delle misure fiancheggiatrici previste dal Piano di risanamento dell'aria (PRAL).

Diossido di azoto (NO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	28	↗
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	67	↗
Media giornaliera massima	µg/m ³	80	80	↗
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	1	↗
Ozono (O ₃)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media oraria massima	µg/m ³	120	241	↘
Numero di superamenti del limite orario	ore	1	515	↘
98° percentile massimo delle medie semiorarie di un mese	µg/m ³	100	191	↘
Numero di superamenti del limite statistico	mesi	0	7	→
Polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	20	25	↘
Media giornaliera massima	µg/m ³	50	123	↗
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	25	↘
Piombo nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	500	n.r.	-
Cadmio nelle polveri sottili (PM10)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	ng/m ³	1.5	n.r.	-
Diossido di zolfo (SO ₂)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media annua	µg/m ³	30	n.r.	-
95° percentile delle medie semiorarie di un anno	µg/m ³	100	n.r.	-
Media giornaliera massima	µg/m ³	100	n.r.	-
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	n.r.	-
Monossido di carbonio (CO)	Unità	Limite	2008	vs 2007
Media giornaliera massima	mg/m ³	8	n.r.	-
Numero di superamenti del limite giornaliero	giorni	1	n.r.	-

n.r.: non rilevato

I dati dei campionatori passivi NO₂

Distretto	Comune	Luogo	Coordinate	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Bellinzonese	Bellinzona	Al Portone	721.9/117.0	-	-	-	-	-	-	-	59	55	51	45	51	51	50	47	48	49	41	
		Cast. Montebello	722.8/116.8	26	30	28	27	23	23	22	21	21	21	18	23	21	17	15	16	16	13	
		Via Vallone	722.7/118.3	45	48	44	43	39	35	36	38	36	34	31*	34	36	29	25	25	25	22	
	Cadenazzo	Stazione FFS	716.2/112.3	64	62	56	57	52	44	47	51	48	46	41	41	45	43	42	40	40	36	
		SFEA	715.4/113.2	31	32	28	27	25	22	23	23	23	22	20	25	22	20	19	19	15	14	
	Moleno	autostrada, D	720.5/125.5	52	54	51	51	47	44	44	46	44	46	38	42	42	32	35	32	32	28	
V. di Blenio	Olivone	Olivone paese	715.1/154.3	14	13	13	13	12	10	11	11	11	11	9	10	11	10	8	5	7		
Leventina	Airolo	Airolo paese	690.1/153.7	36	36	34	33	35	31	31	30	33	32	27*	30	28	24	24	25	23	23	
		Bodio	Casa comunale	713.4/137.3	42	44	41	42	37	33	33	34	32	35	-	32	31	22	26	27	24	24
		Parco	AET	713.1/137.7	33	34	33	33	32	26	27	29	27	28	24	28	28	22	22	22	19	18
	Dalpe	Municipio	702.6/147.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	8	8	7	9	6	5	5	
Locarnese	Ascona	Via Locarno	703.1/113.4	32	32	30	30	27	26	25	25	25	25	22*	23	20	20	18	18	16	15	
		Gordola	Scuola media	710.1/114.5	36	37	29	32	29	27	27	28	27	25	23*	26	28	24	24	24	20	19
		Anacquaria		709.2/115.5	-	-	-	-	31	26	25	26	24	23	21	25	22	20	21	19	17	15
	Locarno	Casa comunale	704.8/114.1	47	48	45	45	38	36	36	38	36	32	28	34	29	27	28	25	23	21	
		ISM Monti	704.1/114.4	28	29	26	28	27	21	20	23	20	20	19*	22	18	18	19	17	14	15	
	Minusio	Via Bastoria	703.3/113.8	-	-	-	-	30	25	26	28	26	26	23	25	22	21	21	20	18	18	
		Via S. Gottardo	706.1/114.8	69	68	63	63	55	50	47	52	47	48	40	45	45	41	38	41	36	34	
		Polizia	706.2/114.7	-	-	-	-	37	29	28	30	27	28	25	26	29	23	26	24	20	17	
		Via R. Simen	706.2/114.6	-	-	-	-	49	38	34	37	32	33	31	33	33	26	27	29	31	27	
Luganese	Agnò	Casa comunale	713.1/95.0	70	66	61	61	59	50	49	55	49	50	41	49	46	38	39	44	36	31	
		Stazione FLP	713.3/94.9	49	49	45	45	43	38	40	41	37	43*	31	32	38	22	29	25	23	21	
		Bedigliora	Scuola media	708.7/95.5	16	17	15	16	15	13	13	14	12	13	10*	15	13	11	13	10	9	9
	Bioggio	Casa comunale	713.8/97.0	36	37	32	32	31	29	27	29	25	26	24*	27	25	20	21	23	17	18	
	Bosco L.	Parco giochi	713.9/98.3	25	26	23	20	20	20	16	19	16	18	15	19	18	17	21	14	12	-	
	Canobbio	Stabile PTT	718.2/99.3	37	37	34	36	32	28	26	29	28	27	23	28	23	22	23	20	17	15	
	Canobbio	Ex-Jumbo	718.4/98.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	26	30	30	
	Lugano	Brè	720.5/96.5	18	17	13	15	13	14	12	12	11	11	10	12	12	9	19	9	8	7	
		Lab. cant. igiene	717.8/96.4	45	48	43	45	42	37	37	39	35	36	33	36	32	23	34	31	27	25	
		Polizia comun.	717.1/95.8	63	67	60	61	57	51	52	54	48	47	41	47	41	35	40	41	34	32	
		PTT Besso	716.8/96.0	80	80	71	73	68	61	61	64	58	56	53	58	50	40	44	46	42	38	
		Stadio	717.9/98.1	45	46	40	44	39	34	34	40	36	35	32*	36	32	26	31	32	26	27	
		UTC	717.2/95.8	77	73	66	68	64	56	57	35	57	57	51	52	47	34	45	47	42	38	
	Manno	Azienda elettr.	714.9/98.5	58	52	49	44	38	42	43	45	40	41	34*	41	45	32	36	36	33	29	
		Cairello	714.4/98.3	37	27	29	27	23	22	24	30	23	22	18	25	23	22	20	18	16	15	
	Massagno	Chiesa S. Lucia	716.5/96.8	53	54	49	49	46	39	40	41	38	37	32	37	34	29	31	31	27	23	
	Paradiso	Scuole elemen.	716.85/94.3	62	60	53	57	52	43	47	47	44	44	38	45	40	31	34	34	34	30	
	Ponte Tr.	FLP/Municipio	710.3/92.0	44	45	38	38	43	38	40	38	35	34	32	33	33	28	27	27	23	22	
		Dogana	710.1/91.6	60	61	54	54	52	46	45	45	43	40	32	40	38	32	33	35	29	37	
		Campo sport.	710.0/91.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	27	26	20	21	21	19	16
	Sorengo	Casa comunale	716.1/95.2	43	51	40	41	38	35	34	34	32	30	27	32	28	23	25	25	21	19	
	Taverne	Torricella	715.5/102.6	44	47	43	43	41	35	35	36	34	36	31	34	32	24	27	29	24	23	
	Vezia	Afer	715.7/98.1	50	52	46	46	42	39	39	41	37	35	28	37	36	30	32	35	28	29	
		Campagnora	715.2/98.2	51	44	43	44	38	34	36	38	33	43*	-	36	34	28	31	30	28	22	
		San Martino	716.3/97.9	33	34	29	31	28	-	25	25	22	24	22*	25	23	20	29	19	17	13	

RETE STANDARD

*: dati incompleti

I dati dei campionatori passivi NO₂

Allegati

Distretto	Comune	Luogo	Coordinate	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Mendrisiotto	Balerna	Casa comunale	721.9/78.6	54	55	49	48	47	39	39	38	40	37	33	40	34	26	31	35	29	27	
	Bissone	Via Collina 15	718.4/89.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	29	24	24
Via Arogno 2		718.4/90.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	24	21	19	
Via Collina P		718.3/90.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	32	30	27	
	Capolago	Casa comunale	719.6/84.3	71	67	61	61	60	51	55	51	51	47	41*	51	45	32	39	39	37	31	
	Chiasso	Polizia canton.	723.9/76.9	67	67	56	57	54	48	49	49	52	44	37	48	43	36	40	44	38	36	
		S. Stefano	721.6/76.6	30	36	30	30	27	24	23	25	23	23	23	25	22	20	21	18	16	13	
		Stadio	722.5/77.0	42	43	37	39	35	37	30	30	28	28	28*	30	29	24	26	24	21	20	
		Viale Galli	723.4/77.6	98	89	83	87	80	72	70	68	69	63	59*	53	47	40	42	45	37	35	
	Coldrerio	V. S. Apollonia	720.3/79.5	69	66	58	58	55	47	50	48	48	46	39	45	43	34	34	38	36	30	
	Ligornetto	Quadretto	718.4/80.6	42	43	36	33	34	32	29	34	35	34	32	36	32	27	29	28	24	20	
	Mendrisio	Brech	719.6/81.4	55	56	49	46	49	41	42	43	41	43	34*	44	38	32	35	33	30	28	
		Stazione FFS	719.7/80.9	65	66	57	58	48	46	49	48	47	46	42*	45	43	33	37	43	35	31	
		Scuole	720.0/80.5	39	45	41	39	38	32	31	30	32	31	29*	33	28	23	26	28	22	22	
	Morbio Inf.	Via Cereghetti	722.7/79.2	38	41	35	34	32	28	30	28	27	26	25	30	29	22	24	25	19	19	
	Novazzano	Casa comunale	719.9/77.9	44	47	41	41	39	33	33	35	32	32	29	34	29	25	30	27	19	20	
	Riva S. Vit.	Scuole	719.0/84.6	46	44	40	39	36	31	31	29	29	31	26	35	31	24	29	28	19	23	
	Sagno	Zona Villette	724.6/79.5	21	21	17	17	17	15	13	15	14	13	12	15	16	12	13	11	8	9	
	Stabio	Via Monticello	716.1/79.3	34	34	34	25*	26	23	25	25	23	23	19	23	23	20	18	17	13	14	
		PTT	716.4/78.8	43	41	38	35*	37	32	32	35	29	32	28	30	29	24	26	28	18	18	
		Via Falcette	716.9/78.9	44	45	43	36*	30*	31	33	33	34	32	26	29	31	15	23	30	18	19	
Riviera	Biasca	Casa comunale	717.9/135.5	49	47	43	42	37	35	36	34	30	30	26	33	30	23	24	27	19	18	
		Industrie	717.8/134.3	47	47	40	44	41	36	37	38	35	37	30*	35	35	25	27	33	21	19	

RETE STANDARD (CONTINUAZIONE)

*: dati incompleti

Comune	Luogo	Coordinate	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Brione S. Minusio	SPAAS	706.0/115.6	-	-	18	19	18	19	15	16	15	15	13	15	14	12	10	11	10	9	
Locarno	P. Castello	704.6/113.9	-	-	52	52	47	43	42	45	40	39	33	39	34	29	32	32	28	25	
Bioggio	AGOM	714.1/96.7	-	-	42	42	40	35	37	38	34	34	30	39	38	29	34	33	30	28	
Camignolo	OASI A2	715.4/106.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	45	50	56	54	49	
Moleno	OASI A2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	48	38	42	37	39	36	
Chiasso	Scuole	723.5/77.5	-	-	53	52	51	44	44	41	39	37	32	40	39	34	39	39	35	28	
Pregassona	SPAAS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	24	22	
Bodio	Scuole		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	27	27	24	24	

CONFRONTO «STAZIONI DI MISURA – CAMPIONATORI PASSIVI»

Comune	Luogo	Coordinate	03	04	05	06	07	08	09
Chiasso	V. Comacini	724.0/77.1	61	46	46	45	44	36	
	Corso S. Gottardo 23	723.8/76.9	42	34	38	37	31	29	
	Piazza Indipendenza	723.7/77.0	57	50	45	42	44	34	
	Corso S. Gottardo 32	723.6/77.1	53	46	40	37	34	29	
	Piazza Col. Bernasconi	723.5/77.2	46	48	35	40	37	30	

CAMPAGNA «CHIASO MDT»

I dati dei campionatori passivi NO₂

Comune	Luogo	Coordinate	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Lugano, FFS	Loreto	716.7/95.4	39	38	36	38	37	29	34	32	28	27	
	V. Montarina	716.8/95.8	37	38	34	39	37	29	32	30	28	26	
	V. S. Gottardo	716.8/96.3	47	48	46	43	40	33	39	39	39	38	

CAMPAGNA «LUGANO STAZIONE FFS»

Comune	Luogo	Coordinate	02	03	04	05	06	07	08	09
Comano	v. Ca da Ronco	717.3/99.5	28	23	25	-	-	-	16	
	v. Cureglia	717.1/99.1	40	36	30	29	26	28	26	
	Compostaggio	717.0/99.0	30	27	30	-	-	-	17	
	v. Centro TV	717.3/99.2	31	27	29	-	-	-	18	
	v. Nasora	717.7/99.0	38	36	29	31	-	-	24	
	Cureglia	V. Cantonale A	716.5/99.0	46	43	36	37	36	30	33
	v. Carivée	716.7/99.4	31	26	30	-	-	-	18	
	v. Ronchetto	716.8/99.6	29	22	25	-	-	-	15	
	V. Cantonale B	716.7/99.9	34	30	24	26	24	21	20	
	Posteggio Comunale	716.5/99.5	30	24	28	-	-	-	18	
	v. Quadrela	716.3/99.2	33	31	30	-	-	-	22	
	v. Prée	716.8/99.1	31	26	29	-	-	-	20	
Porza	V. Prée 10	716.8/99.0		25	19	23	19	16	20	
	Parco Giochi	717.3/98.4	32	27	31	-	-	-	-	
	V. Cantonale	717.6/98.8	38	33	25	27	27	23	21	
	V. alla Monda	716.9/98.8	25	20	16	18	16	13	12	

CAMPAGNA «GALLERIA VEDEGGIO – CASSARATE; PIANO DEI TRASPORTI DEL LUGANESE»

Comune	Luogo	04	05	06	07	08	09
Giornico	Campagna A	31	36	35	35	32	
	Campagna B	22	24	26	24	22	
	Campagna C	23	25	23	21	21	
	Campagna D	17	23	20	20	19	
	S. Maria di Castello 1	25	26	21	19	-	
	Orell N2 Nord	39	43	42	43	42	
	Orell N2 Sud 3	24	24	26	23	24	
	Caradenca 2	12	11	13	11	-	
	Municipio 11	19	23	20	20	19	

CAMPAGNA «BASSA LEVENTINA»

Comune	Luogo	05	06	07	08	09
Airolo	Valle	16	15	15	-	
	Madrano	14	15	13	-	
	Contagocce A	28	28	24	24	
	Contagocce B	28	26	23	-	
	Contagocce C	27	28	28	-	
	Contagocce D	34	34	35	32	

CAMPAGNA «SISTEMA CONTAGOCCE AIROLO»

I dati dei campionatori passivi NO₂

Allegati

Distretto	Comune	Luogo	Coordinate	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	
Bellinzonese	Arbedo-Castione	Rot. COOP	724.1/120.2										26	28		
		La Fabrique	723.7/120.3										24	24		
		Migros	723.8/120.5										23	27		
	Cadenazzo	Via al Pian	716.5/112.6										21	23		
		Brico	717.2/112.3										31	30		
	Lumino	Via alla Torre	724.6/120.6										19	20		
	S.Antonino	Jowa	717.7/112.6										29	31		
	S.Antonino	Lati	718.3/112.9										25	27		
	S.Antonino	Manor	718.0/112.7										33	35		
	S.Antonino	Via Stazione	718.6/113.0										25	28		
	Contone	Modultech	715.1/112.2										21	23		
	Locarnese	Lavertezzo	Riazzino Cir	712.0/115.0										20	22	
			Riazzino-Drago	712.5/114.7										30	30	
Riazzino-Tamoil			711.5/114.9										31	31		
Locarno		Centro funerario	711.4/114.6										18	20		
Locarno		Riazzino via Campagna	712.6/114.5										16	18		
Tenero		Coop-Cartiera	709.2/114.6										27	27		
Tenero		Scuole	708.9/114.8										20	22		
Luganese	Agnò	Via Lugano-Migros	713.6/95.1										40	40		
		Cadepiano-Comedil	715.1/91.6										32	35		
	Bioggio	Rotonda-parcheggio	714.1/97.2										50	54		
	Cadro	Carcere alla Stampa	718.9/100.5										13	15		
		Via alla Stampa-PC	718.8/100.0										15	17		
	Gravesano	Via S.Pietro	714.8/100.0										24	26		
	Montagnola	Ronchirolo	715.1/92.4	48*	26	26	23	27	27	20	24	22	18	18		
		IKEA	715.2/92.4	29	28	29	25	30	27	22	24	23	20	19		
	Grancia	Garage Peugeot	715.4/92.6	41	42	43	35	43	40	30	41	44	36	36		
		Mag. Garzoni	715.5/92.4	71	63	63	54	63	61	52	55	54	50	48		
	Lugano	Cant. Noranco-Esso	715.4/93.2										28	31		
	Manno	Rot. UBS	714.8/98.8										37	37		
	Porza	Ressiga	718.1/98.3										19	22		
	Rivera	Caslaccio	714.6/109.4											23	23	
		Denner	714.8/109.2											33	32	
Vezia	Centro studi bancari	715.9/98.5											23	26		
	Manor	716.0/98.3											25	28		
	Via S.Gottardo	716.3/97.6											33	37		
	Via Selva	716.1/98.5											16	19		
Mendrisiotto	Mendrisio	Borromini-Coronado	719.4/81.1										35	36		
		Fox-Town	719.6/81.4										46	46		
	Mendrisio	Rex	719.2/80.7										33	32		
	Mendrisio	Via Laveggio-Solis	719.6/82.0										31	31		
	Mendrisio	Vignalunga-Perseo	719.9/82.1										42	43		

CAMPAGNA «GRANDI GENERATORI DI TRAFFICO»

*: dati incompleti

Stazioni di misura in continuo

Le analisi della qualità dell'aria vengono effettuate conformemente alle direttive federali ed alle raccomandazioni dell'Ufficio federale dell'ambiente, UFAM [8].

Le stazioni di analisi sono provviste di apparecchi automatici, che misurano in maniera continua le concentrazioni di diversi inquinanti atmosferici, come pure alcuni parametri meteorologici. I relativi dati sono inviati telematicamente ogni giorno all'unità centrale di elaborazione dati della Sezione protezione aria, acqua e suolo, SPAAS, a Bellinzona. La dotazione delle diverse stazioni d'analisi è riportata nella tabella seguente.

Parametri analizzati nelle rispettive stazioni di rilevamento della rete cantonale

Parametri	Chiasso	Pregassona	Bioggio	Camignolo	Locarno	Brione	Moleno	Bodio	Comano	Giubiasco
Diossido di zolfo (SO ₂)			•		•			•		
Ossidi d'azoto (NO _x , NO, NO ₂)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Ozono (O ₃)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Polveri sottili (PM10)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Polveri ultrafini (PM1)				•			•			
Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)									•	
Benzene, Toluene, Xileni (BTX)	•									
Numero di particelle				•			•			
Fuliggine									•	
Temperatura	•		•	•	•	•	•		•	
Umidità		•	•	•	•	•	•		•	
Irraggiamento solare	•		•	•	•	•	•		•	
Vento (velocità e direzione)	•		•	•			•		•	
Precipitazioni			•	•			•			
Pressione				•			•		•	

Se da un lato questo metodo è molto pratico e comodo, e permette un'analisi approfondita e continua della situazione dell'inquinamento, dall'altro canto le apparecchiature richiedono una manutenzione costante ed onerosa.

Metodica dei controlli e precisione delle misure

Il sistema di acquisizione elettronico dei dati effettua giornalmente vari controlli automatici delle calibrazioni. I risultati di queste verifiche sono trasmessi, assieme ai dati rilevati, al server centrale a Bellinzona. Essi permettono di accertare ogni giorno il buono stato delle apparecchiature delle stazioni d'analisi.

Ad intervalli regolari, normalmente ogni due settimane, si realizzano inoltre la taratura ed i controlli delle apparecchiature secondo le direttive dell'Ufficio federale dell'ambiente, UFAM; queste calibrazioni vengono svolte dal personale dell'Ufficio della protezione dell'aria.

Annualmente le apparecchiature vengono calibrate da organismi di certificazione esterni. Le calibrazioni si concentrano in particolare sugli strumenti di misura dei parametri più sensibili e cioè, ozono, O_3 , ossidi di azoto, NO_x , e polveri sottili, PM10. Per quanto riguarda l'ozono annualmente un generatore d'ozono di riferimento viene inviato all'Ufficio federale di metrologia e accreditamento, METAS, per la sua calibrazione nell'intervallo di misura tra 0 e 200 ppb. A sua volta questo apparecchio permette poi di tarare e verificare gli strumenti della rete cantonale. L'ultima calibrazione è stata svolta nel novembre 2007 e questa metodica di controlli consente di garantire un errore di misura inferiore al 2%.

Gli apparecchi di misura degli NO_x sono stati sottoposti ad una calibrazione nell'ambito del monitoraggio delle misure fiancheggiatrici, settore ambiente, MfM-U, dell'Ufficio federale dell'ambiente, UFAM, condotta da InNet, la rete di rilevamento dei dati della qualità dell'aria dei Cantoni della Svizzera centrale.

In questo caso le verifiche si sono svolte direttamente presso la stazione di misura grazie ad un sistema di calibrazione portatile. Anche in questo caso le verifiche incrociate permettono di affermare che l'errore di misura è inferiore al 3.5% nell'intervallo tra 0 e 80 ppb.

Sulla base delle risultanze di queste verifiche che vengono svolte ormai da diversi anni si può quindi affermare, che gli analizzatori elettronici per gli inquinanti gassosi garantiscono misure molto affidabili e precise, con errori di misura variabili tra il 2% e il 4%.

I parametri relativi alle polveri come PM10, PM2.5, fuliggine e numero di particelle vengono per contro misurati sistematicamente presso diverse stazioni di misura solo da alcuni anni per cui le procedure di validazione di apparecchi e strumenti non sono ancora state codificate completamente.

Per ovviare a questo problema, le misurazioni delle polveri sottili PM10 sono effettuate parallelamente con due apparecchiature diverse, vale a dire Digitel e Betameter.

Il primo apparecchio è un campionatore ad alto flusso, Digitel. In questi apparecchi le polveri sottili – dopo essere state aspirate ad alta velocità (500 l/min) con l'ausilio di una speciale sonda – si depositano su un filtro che viene sostituito giornalmente. Le concentrazioni di PM10 sono poi determinate gravimetricamente nel laboratorio della SPAAS. Questo metodo è considerato come il sistema di riferimento secondo EN 12341, ma presenta lo svantaggio di dovere sostituire i filtri giornalmente e procedere alla sua analisi in laboratorio con la conseguenza di avere a disposizione i risultati dopo circa 3 – 4 settimane.

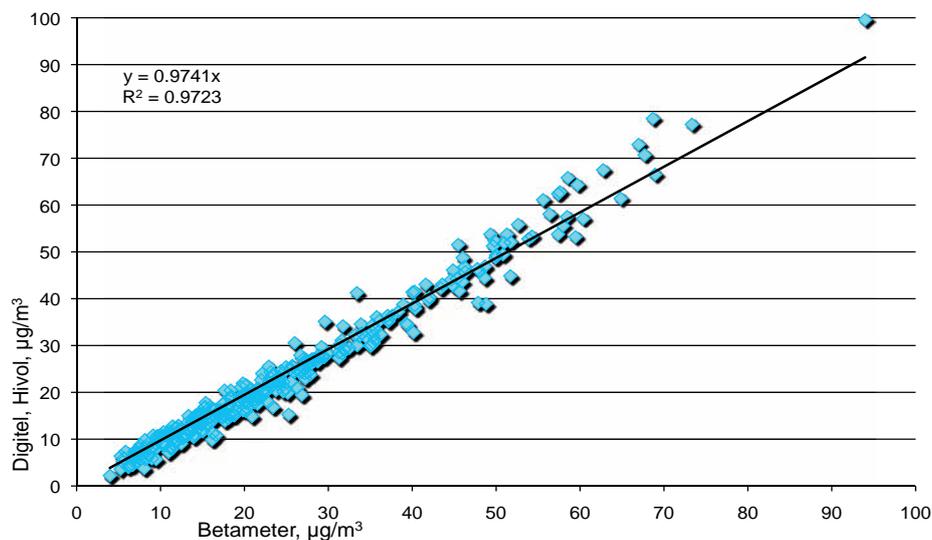
Il secondo sistema analitico aspira l'aria (16 l/min) con l'ausilio di una speciale sonda ed elimina le polveri più grandi grazie ad un sistema di separazione; l'aria così trattata raggiunge poi un filtro, dove le quantità di polveri sottili sono determinate istantaneamente, esponendole ai raggi β . Questo sistema di monitoraggio ha il grande vantaggio di avere i dati immediatamente a disposizione con una risoluzione temporale oraria e non giornaliera.

Fino alla fine del 2008, nella stazione di Camignolo e Moleno sono stati in funzione simultaneamente sia un Digitel che un Betameter. La figura seguente riporta il confronto dei dati ottenuti con i due metodi. L'elevato coefficiente di correlazione tra le due serie di dati –0.95– e l'uniforme distribuzione dei punti rispetto alla bisettrice, confermano la validità dei due sistemi di misura per la media annua.

Per quanto riguarda le polveri si può così affermare che l'errore di misura del metodo di monitoraggio in generale oscilla al di sotto del 5% per la media annua.

Fino al 2004 annualmente venivano poi eseguiti dei test di calibrazione da parte dell'UPA con la consulenza e l'assistenza di un ufficio esterno specializzato. A partire

Figura 33: Concentrazioni medie giornaliere di PM10 (periodo gennaio-dicembre 2008) registrate a Camignolo con due metodi di misura diversi (Betameter e Digitel). La linea rappresenta la curva di regressione lineare.



dal 2007 l'UPA si è dotato di un mezzo mobile su cui sono montati gli apparecchi e le dotazioni necessarie ad eseguire le calibrazioni, come bombole con concentrazioni di gas certificate dal fabbricante, il generatore d'ozono, un generatore d'aria zero con cui eseguire regolarmente le calibrazioni tramite diluizione dei gas certificati.



Controllo qualità dei dati

A partire dal 2007 è stato adottato un sistema di controllo della qualità dei dati in grado di identificare in maniera automatica eventuali valori anomali [9]. Le procedure per il controllo sono state sviluppate sulle serie di dati misurati in diversi luoghi per i gas (monossido di azoto, NO, diossido di azoto, NO₂, e ossidi di azoto, NO_x=NO + NO₂, monossido di carbonio, CO, ozono, O₃, e diossido di zolfo, SO₂, e le polveri, PM10, PM2.5, numero di particelle e indice di fuliggine).

Il sistema elaborato si basa su una serie di controlli, come ad esempio dapprima la disponibilità, l'intervallo, i salti o la persistenza dei dati, AQC1, Automatic Quality Control 1, in seguito la loro consistenza tra differenti parametri e tra diversi luoghi, AQC2, Automatic Quality Control 2, non ancora implementato completamente, ed infine un controllo finale della loro validità eseguito dagli operatori stessi, HQC, Human Quality Control, ai quali corrispondono poi diversi livelli di qualità degli stessi.

Campionatura passiva

I campionatori passivi di diossido d'azoto sono forniti da un laboratorio in collaborazione con la Scuola Politecnica federale di Zurigo e vengono esposti in ogni punto di misura per circa un mese. L'analisi dell'NO₂ assorbito durante tale periodo viene determinata analiticamente dal laboratorio della SPAAS.

Questo metodo è meno preciso e agevole di quelli elettronici visti in precedenza, ma è economicamente più vantaggioso e permette, allargando notevolmente l'area d'indagine, di avere una visione più globale del carico inquinante a livello regionale.

La precisione dei campionatori passivi è verificata ponendone alcuni vicino alle stazioni d'analisi. Dal confronto dei dati ottenuti con le due tecniche di misura (continuo e passivo), si osserva, che per concentrazioni medie annue superiori ai 20 µg/m³ le differenze tra gli stessi sono inferiori all'8%. Nel corso degli ultimi anni si è però notato un incremento di questo valore per cui nel 2007 è stato dato avvio ad un progetto di intercalibrazione con i Cantoni della Svizzera romanda allo scopo di individuare cause e possibili soluzioni a questo problema.

Contemporaneamente e allo scopo di aumentare l'affidabilità delle misure vengono esposti per punto di misura tre campionatori passivi. Questo provvedimento permette di mantenere la differenza tra le misure effettuate in continuo e tramite campionatori passivi al di sotto del 10%.

La tabella seguente mostra e descrive a grandi linee la rete di campionatori passivi presente sul territorio ticinese a partire dal 1989.

Rete dei campionatori passivi su territorio ticinese

Denominazione	Ubicazione	Scopo	Numero
Rete standard	In diversi comuni del Ticino	Completare i dati forniti dalle stazioni di misura fisse	68
Confronto «Stazioni di misura – campionatori passivi»	Nelle vicinanze di alcune stazioni di misura fisse	Accertare precisione e attendibilità delle misure	8
Campagna «Inceneritore Giubiasco»	Nei dintorni dell'ICTR a Giubiasco, nel paino di Magadino e Sementina	Monitorare le immissioni prima e durante la messa in esercizio del nuovo impianto di termovalorizzazione a Giubiasco.	20
Campagna «Lugano FFS»	Nelle vicinanze della stazione FFS di Lugano	Valutare eventuali cambiamenti delle immissioni a seguito della prevista realizzazione della nuova stazione di Lugano	3
Campagna «Chiasso MT»	Chiasso	Valutare le misure di moderazione del traffico adottate in centro a Chiasso	5
Campagna «Galleria Veduggio – Cassarate, PTL»	Nelle vicinanze dei futuri portali della galleria Veduggio – Cassarate a Vezia e Lugano – Cassarate	Monitorare il carico inquinante di fondo in previsione dell'apertura della galleria Veduggio – Cassarate, prevista dal PTL	15
Campagna «Bassa Leventina»	Nelle vicinanze del previsto posteggio per i TIR in Bassa Leventina	Monitoraggio nella regione dove sorgerà il previsto posteggio per i TIR	9
Campagna «Sistema Contagocce Airolo»	Ad Airolo all'ingresso del portale della galleria autostradale A2 del S. Gottardo	Monitoraggio del sistema di dosaggio a contagocce	2
Campagna «Grandi generatori di traffico»	Nelle vicinanze dei principali centri commerciali del Cantone Ticino	Valutare le immissioni provocate dal traffico veicolare generato per recarsi ai grandi centri commerciali	38

I rilevamenti tramite campionatura passiva sono più approssimativi e laboriosi dal punto di vista organizzativo, ma molto meno onerosi. La copertura dell'area d'indagine è più completa ed omogenea e fornisce una visione d'insieme del carico inquinante.

Deposizioni umide: stazioni e metodi di campionamento

Le precipitazioni vengono raccolte in nove stazioni: Acquarossa, Bignasco, Monte Brè, Locarno, Lugano, Piotta, Robiei, Sonogno e Stabio. Esse sono state scelte in modo da rappresentare differenti latitudini, longitudini, altitudini e tipo di inquinamento atmosferico locale (urbano, rurale, alpino).

Le deposizioni umide sono campionate settimanalmente e spedite in laboratorio dove vengono filtrate e analizzate. Le concentrazioni medie mensili e annuali sono ponderate con il volume della precipitazione. Per calcolare le deposizioni mensili e annuali le concentrazioni medie vengono poi moltiplicate con il volume della precipitazione.

Parametri e metodi analitici

L'analisi dei principali anioni e cationi nelle precipitazioni permette di quantificare una parte degli inquinanti che vengono trasportati dall'atmosfera, attraverso il suolo, nelle acque superficiali e sotterranee. Particolarmente importante è la deposizione di solfato, nitrato e ammonio. I primi due sono infatti anioni dell'acido solforico e nitrico, prodotti dal diossido di zolfo e dagli ossidi di azoto e contribuiscono all'acidificazione diretta degli ecosistemi. L'ammonio invece, prodotto dall'ammoniaca, che di per sé è una base, acidifica gli ecosistemi indirettamente, in quanto, se assimilato dalla vegetazione, rilascia ioni H^+ . Nitrato e ammonio insieme contribuiscono inoltre all'eutrofizzazione di ecosistemi particolarmente sensibili. Un altro parametro molto importante che viene misurato è l'acidità, che è definita come la capacità di una soluzione acquosa di neutralizzare basi.

Il pH, che è il logaritmo negativo delle concentrazioni di ioni di idrogeno (=protoni), dell'acqua distillata in equilibrio con l'anidride carbonica dell'atmosfera è pari a 5.65. A questo pH le concentrazioni di protoni e bicarbonato si equivalgono. Si parla di «piogge acide» quando il pH scende al di sotto di questa soglia. Il pH delle precipitazioni risulta dalla concomitanza di acidi e basi presenti in soluzione.

Per completare il bilancio ionico si misurano pure i cationi calcio, magnesio, potassio e sodio. La qualità dei dati è controllata tramite bilanci ionici, il confronto della conducibilità misurata e calcolata e da esercizi di intercalibrazione annuali con altri laboratori.

Definizione di acidità

L'acidità è definita dalle seguenti formule:

$$[Aci] = [H^+] - [HCO_3^{2-}] - 2*[CO_3^{2-}] - [OH^-]$$

e dal bilancio ionico risulta che:

$$[Aci] = 2*[SO_4^{2-}] + [NO_3^-] + [Cl^-] - 2*[Ca^{2+}] - 2*[Mg^{2+}] - [Na^+] - [K^+] - [NH_4^+]$$

a $pH < 8.2$ la prima equazione può essere semplificata a:

$$[Aci] = [H^+] - [HCO_3^-]$$

Parametri analizzati e la loro origine

Parametro	Origine
Ca^{2+}	soprattutto naturale, particelle di suolo
Mg^{2+}	soprattutto naturale, particelle di suolo
Na^+	utilizzo di sale sulle strade, ma soprattutto di origine marina
K^+	in gran parte da emissioni di potassio (combustione a legna)
NH_4^+	emissioni di ammoniaca (agricoltura)
SO_4^{2-}	emissioni di diossido di zolfo (impianti di combustione)
NO_3^-	emissioni di ossidi di azoto (traffico)
Cl^-	emissioni di acido cloridrico, utilizzo di sale sulle strade, ma soprattutto di origine marina
pH	
conducibilità	
acidità	

Unità di misura e concetti statistici

Unità	Significato	Osservazioni
mg	milligrammo	1 mg = 0.001 g
µg	microgrammo	1 µg = 0.001 mg
ng	nanogrammo	1 ng = 0.001 µg
mg/m ³	milligrammo/metrocubo	1 mg/m ³ = 10 ⁻³ g/m ³ = 1000 µg/m ³
µg/m ³	microgrammo/metrocubo	1 µg/m ³ = 10 ⁻⁶ g/m ³ = 1000 ng/m ³
ng/m ³	nanogrammo/metrocubo	1 ng/m ³ = 10 ⁻⁹ g/m ³
µg/m ² x d	microgrammo/metroquadrato al giorno	
mg/m ² x d	milligrammo/metroquadrato al giorno	1 mg/m ² x d = 1000 µg/m ² x d
ppb	parti per miliardo	
meq/m ²	milliequivalenti per metroquadrato	
meq/m ³	milliequivalenti per metrocubo	
µS/cm	microsiemens per centimetro	

Concetto OIAt	Concetto statistico	Spiegazione
Valore medio su ½ h	Media semioraria	Concentrazione media di una sostanza misurata durante 30 minuti. È la grandezza base per il calcolo di tutti gli altri valori.
Valore medio su 24 h	Media giornaliera	Media aritmetica delle medie semiorarie di una giornata; le procedure usate nelle stazioni di misura ticinesi prevedono che, se in una giornata sono disponibili meno di 36 valori semiorari, si rinuncia al calcolo della media giornaliera.
Valore annuo medio	Media annua	Media aritmetica di tutte le medie semiorarie di 1 anno.
95% dei valori medi su ½ h di un anno	95° percentile delle medie semiorarie di un anno	Secondo l'OIAt il 95% di tutti i valori semiorari misurati in una località durante 1 anno devono essere inferiori, e di conseguenza il 5% degli stessi può essere superiore, al limite indicato. Essendoci in 1 anno 17520 semiore; il 5% corrisponde a 876 semiore.
98% dei valori medi su ½ h di un mese	98° percentile delle medie semiorarie di un mese	Secondo l'OIAt il 98% di tutti i valori semiorari misurati in una località durante 1 mese devono essere inferiori, e di conseguenza il 2% degli stessi può essere superiore, al limite indicato. Essendoci in 1 mese 1440 semiore; il 2% corrisponde a 29 semiore.

Simboli ed abbreviazioni

≤	Minore o uguale
BTX	Benzene, Toluene e Xileni
Cd	Cadmio
CFC	Clorofluorocarburi
CO	Monossido di carbonio
COV	Composti organici volatili (chiamati anche VOC)
DA	Divisione Ambiente
DT	Dipartimento del Territorio
IPA	Idrocarburi policiclici aromatici (chiamati anche PAK o PAH)
LPAmb	Legge federale sulla Protezione dell'Ambiente del 7 ottobre 1983
NH ₃	Ammoniaca
NO	Monossido d'azoto
NO ₂	Diossido d'azoto
NO _x	Ossidi d'azoto (NO + NO ₂)
O ₃	Ozono
OASI	Osservatorio Ambientale della Svizzera Italiana
OIAt	Ordinanza contro l'Inquinamento Atmosferico del 16 dicembre 1985 (Stato 1 gennaio 2009)
Pb	Piombo
PM10	Polveri sottili con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm (0.01 mm)
PM2.5	Polveri ultrafini con diametro aerodinamico inferiore a 2.5 µm (0.0025 mm)
SO ₂	Diossido di zolfo (anidride solforosa)
SPAAS	Sezione della Protezione dell'Aria, dell'Acqua e del Suolo
UFAM	Ufficio federale dell'ambiente
UPA	Ufficio della Protezione dell'Aria
VLI	Valore limite d'immissione
Zn	Zinco

Bibliografia

- [1] Colombo L. e al. 2008: 20 anni di misurazione della qualità dell'aria in Ticino. Dati, statistiche e società 4. Ufficio di statistica. Canton Ticino.
- [2] Keller J., Prévôt A. S. H., Béguin A. F., Jutzi V., Ordonez C. 2008. Trends of ozone and Ox in Switzerland from 1992 to 2007: Observations at selected stations of the NABEL, OASI (Ticino) and ANU (Graubünden) networks corrected for meteorological Variability. PSI Bericht Nr. 08-03.
- [3] Bernasconi G., Andretta M., Beffa C., Schuhmacher K. e Colombo L. 2008: Introduzione delle misure d'urgenza in caso di inquinamento atmosferico acuto - Bilancio degli effetti della limitazione della velocità a 80 km/h sulla A2 dal 25.2.2008 al 2.3.2008. Dipartimento del Territorio. <http://www.ti.ch/dt/da/spaa/uffpa/temi/divulg/divulgazione.asp>
- [4] Dipartimento del Territorio. 2009. Scheda R8 "GGT" Revisione Piano Direttore. Canton Ticino.
- [5] Spinedi F. e F. Isotta. 2004. Il clima del Ticino. Dati, statistiche e società 2. Ufficio di statistica. Canton Ticino.
- [6] Barbieri A. e Pozzi S. 2001. Environmental documentation n. 134, Acidifying Deposition, Southern Switzerland, Ufficio federale dell'ambiente, UFAM.
- [7] Rogora M., R. Mosello, A. Marchetto and R. Mosello. 2004. Long-term trends in the chemistry of atmospheric deposition in northwestern Italy: the role of increasing Saharan dust deposition. *Tellus*. 56B(5): 426-434.
- [8] UFAM, 2004: Raccomandazioni sulle misure degli inquinanti atmosferici, 1. gennaio 2004.
- [9] Andretta M., Bernasconi A., Bernasconi G., Cereghetti N., Colombo L., Realini A. 2006: La qualità dei dati OASI: applicazione nel campo del monitoraggio dell'inquinamento dell'aria. Dati, statistiche e società 2. Ufficio di statistica. Canton Ticino.

Chi siamo e ringraziamenti



Ufficio della protezione dell'aria (UPA)

Sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo (SPAAS)
Divisione Ambiente (DA)
Dipartimento del territorio (DT)

Via C. Salvioni 2a
6501 Bellinzona

Tel. 091 814 37 34
Homepage: www.ti.ch/aria

Collaboratori: Gianni Agostini
Alejandra Almada
Corinna Beffa
Valerio Fumagalli
Walter Hoehle
Ivan Maffioli
Michele Politta
Christian Poncini
Dario Rezzonico
Mattia Rusconi
Katharina Schuhmacher
Sandra Steingruber
Ornella Bianchi-Tamò

Capoufficio: Luca Colombo

Ringraziamenti

Si ringraziano Rudolf Weber e Dominik Eggli dell'UFAM per la messa a disposizione dei dati della stazione di misura NABEL di Magadino e Lugano.