



# Inquinamento dell'aria in inverno

Rapporto delle misurazioni in otto città della Svizzera  
in gennaio/febbraio 2012

Con il sostegno dei



Associazione  
Traffico e Ambiente



Per una mobilità più sostenibile

#### **Impressum**

© ATA, giugno 2012

Testi: Fabio Guarneri, Jacques Schiltknecht, Agnes Richard; grafica/illustrazioni: Agnes Richard, Fabio Guarneri; realizzazione: Susanne Troxler; foto: Corinna Stich, Fabio Guarneri; foto frontespizio: © ATA, Berna, Waisenhausplatz, visto verso Bollwerk

# Indice

Percorsi-test di misurazione dell'inquinamento dell'aria causato dalle polveri fini in otto città della Svizzera.....	4
Presentazione della campagna.....	6
Cosa sono le polveri fini?.....	7
Misurazioni, strumenti e analisi.....	8
Risultati e rappresentazioni grafiche.....	9
Lucerna – i risultati.....	10
Basilea – i risultati.....	12
Bienne – i risultati.....	15
Berna – i risultati.....	17
Ginevra – i risultati.....	19
Lugano – i risultati.....	21
Chiasso – i risultati.....	24
Losanna – i risultati.....	26
Misurazione della concentrazione delle polveri fini PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>1</sub> .....	28
Misurazione delle polveri ultrafini PN <300–10 nm.....	30
Effetti sulla salute.....	32
Chi paga le conseguenze?.....	32
Effetti sul clima.....	33
Discussione.....	33
Le nostre proposte.....	34
Letteratura.....	35



## Percorsi-test di misurazione dell'inquinamento dell'aria causato dalle polveri fini in otto città della Svizzera

**Campagna realizzata dall'ATA in collaborazione con l'Associazione dei Medici per l'Ambiente**

Le polveri fini e gli ossidi d'azoto (NO<sub>x</sub>) sono tra gli inquinanti presenti in atmosfera più pericolosi per la salute. Le frazioni respirabili delle polveri ultrafini in sospensione (nanoparticelle) possono attraversare le pareti alveolari dei polmoni e giungere, attraverso la circolazione sanguigna, nei vari organi. Questa frazione delle polveri respirabili provengono soprattutto dai motori diesel. I filtri antiparticolato e i catalizzatori possono eliminare alla fonte questi inquinanti. L'efficacia dei due sistemi è stata testata durante la realizzazione della NTFA.

Numerosi studi scientifici, ai quali la Svizzera ha apportato un contributo importante, non lasciano dubbi sul fatto che l'inquinamento atmosferico possa e debba essere ridotto. L'obiettivo è raggiungibile grazie all'impiego di moderni sistemi logistici già ampiamente diffusi nel mondo, ma soprattutto con l'applicazione di misure volte a ridurre e moderare il traffico, alle nuove tecnologie per la realizzazione dei motori (motori ibridi, elettrici) e alla tecnologia dei filtri antiparticolato sviluppata anche nel nostro paese.

Da più di dieci anni, i medici specializzati in medicina preventiva mettono in guardia sulle conseguenze nocive dell'inquinamento atmosferico. I rischi per la salute provocati dalle polveri fini – soprattutto dalle polveri al di sotto dei 2,5 µm e in particolare dalle nanoparticelle inferiori a 0,1 µm, definite anche <100 nm – aumentano proporzionalmente alle concentrazioni alle quali gli individui sono esposti.

Le stazioni di misurazione della Rete nazionale d'osservazione degli inquinanti atmosferici (NABEL) e le stazioni di misurazione cantonali dell'inquinamento dell'aria misurano le particelle fini le cui dimensioni sono inferiori ai 10 µm (particulate matter, PM<sub>10</sub>) e, dall'1° gennaio 2011, alcune di esse anche le PM<sub>2,5</sub>. Per completare questa importante raccolta d'informazioni, vorremmo sollecitare le autorità preposte a misurare anche **l'inquinamento al quale sono esposte le persone durante le loro attività quotidiane**, ad esempio quando si recano al lavoro, vanno a fare la spesa, passeggiano o portano i bambini a scuola. Per queste ragioni, abbiamo indagato sull'inquinamento da polveri fini al quale è sottoposto ogni individuo. Queste analisi sono state rese possibili grazie ai recenti sviluppi degli strumenti di misurazione portatili, sia per la misurazione della massa sia del numero delle particelle.

Quest'inverno, in otto città della Svizzera sono stati quindi realizzati dei percorsi-test per misurare in contemporanea, con intervalli di un minuto, le PM<sub>10</sub>, le PM<sub>2,5</sub> e le PM<sub>1</sub> e, con intervalli di un secondo, il numero di particelle ultrafini con dimensioni inferiori ai 300 nm.\* Le misurazioni delle nanoparticelle sono state trasmesse direttamente, assieme ai dati GPS, al laboratorio dell'Alta Scuola specialistica del nord-ovest della Svizzera che ne ha analizzato i dati. In questo studio pilota non sono stati presi in considerazione gli NO<sub>x</sub>, il rumore e i rischi legati agli incidenti.

I grafici mostrano le concentrazioni di polveri fini alle quali sono state esposte le persone durante il percorso test in un determinato istante «t». Durante queste prove, si è potuto

\* Il miniDISC è stato ideato dal Dr. Martin Fierz presso l'Alta Scuola specialistica del nord-ovest della Svizzera e sviluppato per la commercializzazione del Dr. Markus Kasper della Matter Aerosol AG.

constatare che i valori limite di  $PM_{10}$  sono stati superati diverse volte, ma soprattutto, che le misure delle polveri ultrafini particolarmente pericolose raggiungono in alcuni luoghi dei valori elevati. Inoltre, si sono riscontrati dei valori medi per le polveri ultrafini nel complesso preoccupanti. I dati ottenuti nelle diverse città sono delle semplici fotografie, per ottenere dei risultati approfondibili scientificamente sarebbe invece opportuno elaborare uno studio sul lungo periodo con un'analisi finale dei dati a seguito di ripetute misurazioni.

**Questi dati non vogliono quindi essere dei valori di riferimento normativi**, ma mostrare semplicemente la composizione dell'aria in un giorno settimanale qualunque, lungo una strada con presenza di traffico o in una zona pedonale.

Sebbene i costi per equipaggiare l'intero parco veicoli e i motori stazionari dotati di motore diesel con dei filtri antiparticolato, così come la realizzazione di un sistema di «logistica globale» sostenibile, siano molto elevati, numerosi studi scientifici dimostrano che l'investimento risulterebbe estremamente redditizio. Potrebbe (in base a stime prudenziali) avere una resa di almeno dieci volte superiore al costo.

I danni causati all'economia dall'inquinamento dell'aria sono infatti ingenti: da un lato vi sono costi legati alla salute, alla perdita di giornate lavorative o a capacità lavorative ridotte e decessi prematuri e, dall'altra, vi sono perdite agricole sia nelle produzioni animali sia vegetali. Questi danni sono ripartiti però in modo generale sulla collettività e non appaiono in nessuna statistica. Si consideri solo il dolore umano che è difficilmente quantificabile con delle statistiche e quindi non espresso.

Infine, per l'UNEP, le polveri fini sono il secondo fattore più importante alla base del cambiamento climatico!

Il presente studio è stato realizzato dall'ATA Associazione traffico e ambiente e da alcune sue sezioni, in collaborazione con l'Associazione dei Medici per l'Ambiente e con il supporto scientifico e tecnico dell'Istituto per gli aerosol e la tecnologia dei sensori dell'Alta Scuola specialistica del nord-ovest della Svizzera (Institut für Aerosol und Sensortechnologie der FHNW). I nostri ringraziamenti vanno ai volontari delle diverse sezioni dell'ATA per il loro impegno nonostante il tempo freddo e ventoso e, in particolare, alla signora Agnes Richard per l'analisi e la presentazione grafica dei dati sulle nanoparticelle. Infine, si ringrazia anche la FHNW per averci messo a disposizione gratuitamente il suo strumento miniDISC per la misurazione delle polveri ultrafini.

## Presentazione della campagna

Tra i diversi inquinanti atmosferici, le polveri fini di minori dimensioni sono le più insidiose. Le polveri con dimensioni inferiori ai  $2,5\text{ }\mu\text{m}$  penetrano infatti all'interno degli alveoli polmonari dove possono depositare delle sostanze nocive e cancerogene. Le particelle di dimensioni ancora più piccole (chiamate anche particelle ultrafini o nanoparticelle) passano invece le pareti alveolari, superando quindi la barriera aria-sangue, per propagarsi in seguito nei vari organi, penetrando addirittura nelle varie cellule fino ai loro nuclei. Queste sostanze cancerogene possono poi depositarsi sulla superficie dei polmoni. Anche se le quantità giornaliere sono relativamente basse, non bisogna dimenticare che possono accumularsi e che il loro effetto varia in funzione della durata all'esposizione, dell'età, della predisposizione genetica e dell'importanza del carico dell'inquinante. Per valutare i rischi sulla salute legati all'inquinamento atmosferico è quindi fondamentale disporre delle informazioni che permettano di determinare il **carico quotidiano effettivo**. I percorsi-test dimostrano che è possibile disporre di questi dati. Attualmente però disponiamo unicamente di «fotografie», ovvero di valori misurati in determinati momenti. Risulta quindi importante invitare le autorità a completare e migliorare il monitoraggio e a adottare ulteriori misure concrete per tutelare la nostra salute.

Il presente studio è stato condotto in otto città della Svizzera: Lucerna, Basilea, Berna, Bienne, Losanna, Ginevra, Lugano e Chiasso. Le città sono rappresentative delle diverse regioni linguistiche e dei differenti contesti urbani.

Le misurazioni sono state realizzate nel corso dei mesi di gennaio e febbraio 2012, mesi durante i quali spesso l'inquinamento da polveri fini è più importante a causa dei fenomeni d'inversione termica. Con la presente indagine non si è voluto monitorare delle condizioni estreme, ma «fotografare» differenti situazioni in giorni diversi della settimana. Per questo motivo, le misurazioni sono state condotte in giornate soleggiate, con precipitazioni nevose e con freddo intenso. I giorni in cui effettuare le misurazioni sono stati fissati nelle prime fasi del progetto senza considerare le condizioni atmosferiche o d'inquinamento dell'aria previsti. Non sono quindi volutamente state scelte giornate con valori d'inquinamento atmosferico elevato.

Le condizioni in cui sono state realizzate le misurazioni non consentono di effettuare dei confronti fra le differenti città, obiettivo, questo, non previsto dallo studio. Le misurazioni sono state condotte sia lungo strade con traffico intenso sia in zone pedonali, selezionate in base ai tragitti percorsi quotidianamente dalle persone per recarsi al lavoro o per passeggiare. Le diverse misurazioni sono state ripartite sull'arco dell'intera giornata in modo da non rappresentare situazioni corrispondenti a momenti in cui la circolazione è particolarmente intensa a causa del traffico pendolare.

## Cosa sono le polveri fini?

### La definizione

Con il termine polveri fini (o sottili) si definiscono le particelle sospese nell'aria il cui diametro è inferiore a 10  $\mu\text{m}$ . Le particelle di dimensioni maggiori vengono filtrate dal naso. Le polveri fini vengono distinte in base alle dimensioni, ad esempio polveri fini inalabili che penetrano nei polmoni (particulate matter <10  $\mu\text{g}$  definite come  $\text{PM}_{10}$ ), polveri fini in grado di penetrare negli alveoli polmonari (<2,5  $\mu\text{m}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ) e particelle ultrafini (o nanoparticelle, con diametro <100 nm,  $\text{PM}_{0,1}$ ). Normalmente, si misurano le grandezze  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2,5}$  che vengono valutate quantitativamente in base alla loro concentrazione ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Per le  $\text{PM}_{10}$  vi è un valore limite medio giornaliero di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (valore limite di emissione per la Svizzera). Per le  $\text{PM}_{2,5}$ , invece, fino ad oggi, nel nostro paese, non è stato per contro fissato alcun valore limite. Nell'Unione europea vi è un valore limite medio annuo di 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . L'OMS propone a sua volta un valore limite annuale corrispondente a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e un valore massimo giornaliero pari a 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .\*

Il numero di particelle ultrafini, come già precedentemente spiegato, è un'altra grandezza importante e significativa per la salute che, tuttavia, fino ad oggi non è stata ancora regolamentata.

Le particelle costituenti le polveri fini provengono da differenti fonti, sia di origine naturale, sia antropiche (es. fuliggine, polveri dovute all'abrasione, materiali geologici e biologici, ecc.) e variano molto nella loro composizione.

Le polveri più grossolane provengono principalmente dalla polvere in sospensione, dall'abrasione causata dal traffico, dall'agricoltura, dai riscaldamenti domestici, da tempeste e da eruzioni vulcaniche. Le particelle più fini hanno in massima parte origine da processi di combustione dell'industria e soprattutto dal traffico, oltre che dall'abrasione. Le nanoparticelle (10–80 nanometri) presenti nel particolato del gas di scarico dei motori diesel possono trasportare, adsorbiti sulla loro superficie, degli ossidi metallici provenienti dall'abrasione dei motori, degli additivi e delle sostanze cancerogene. Questa caratteristica le rende particolarmente pericolose.

Contrariamente alla concentrazione delle  $\text{PM}_{10}$ , che è sovente relativamente uniforme in un vasto settore, la concentrazione in numero delle particelle ultrafini può cambiare rapidamente. I percorsi-test realizzati nelle differenti città danno la possibilità di avere una fotografia della situazione limitata ad un determinato istante. Per ottenere un quadro caratteristico che rappresenti un valore medio rappresentativo di un determinato periodo di tempo, sono necessarie delle misurazioni prolungate e regolari.

\* «Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide», OMS, 2006.

## Misurazioni, strumenti e analisi

Nei diversi percorsi-test condotti nelle città di Basilea, Berna, Bienne, Chiasso, Ginevra, Losanna, Lugano e Lucerna sono stati impiegati due strumenti di misurazione portatili, uno per misurare il numero per unità di volume delle polveri ultrafini e l'altro per misurare la concentrazione in peso delle  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_1$ . Entrambi gli apparecchi misurano in modo continuo i valori delle particelle in sospensione nell'aria e registrano i risultati delle misure effettuate. In aggiunta alle misurazioni sono state annotate diverse informazioni importanti quali la situazione generale del traffico, la tipologia della strada, la presenza di colonne, alcune tipologie significative di veicoli incontrati (es. moto, bus, spazzaneve) e il contatto con fumatori.

Le polveri ultrafini sono state misurate con lo strumento di misurazione miniDISC che è stato sviluppato dall'Istituto per l'aerosol e la tecnologia dei sensori dalla FHNW. Esso misura il numero di particelle, con diametro medio fra 10 e 300 nm, per unità di volume. L'apparecchio misura in un intervallo di concentrazione compreso fra  $10^3$  e  $10^6$  particelle/cm<sup>3</sup> e la frequenza temporale delle misurazioni è un secondo.\*

Contemporaneamente, per misurare le concentrazioni in massa delle  $PM_{10}$ , delle  $PM_{2,5}$  e delle  $PM_1$  è stato impiegato uno strumento denominato Personal Dust Monit. Si tratta di uno strumento per la misurazione e la registrazione in continuo delle particelle presenti nell'aria. La metodologia utilizzata dal Personal Dust Monit, per misurare le particelle costituenti il particolato atmosferico e classificarle in base alla loro dimensioni, è quella del laser scattering. La concentrazione misurabile è compresa fra 1 e 1000 µg/m<sup>3</sup>. La metodologia di misura (laser scattering) consente una misurazione immediata e continua (ogni minuto) delle particelle fini presenti nell'aria sia rispetto al loro numero, sia alle loro dimensioni, sia alla loro concentrazione in µg/m<sup>3</sup>.\*\* (Si noti che le misure basate su metodi ottici sono soggette a imprecisioni e quindi difficile il confronto con i dati delle stazioni di misurazione NABEL che si basano su metodi più sicuri.)

Le misurazioni in tempo reale della concentrazione delle polveri fini è effettuata secondo la classificazione «OCCUPATIONAL» (UNI-EN 481).

\* [www.fierz.ch/minidisc/](http://www.fierz.ch/minidisc/)

\*\* [www.conteng.it/Bollettini/PersonalDustMonit\\_En.pdf](http://www.conteng.it/Bollettini/PersonalDustMonit_En.pdf)



I risultati ottenuti dai differenti percorsi-test sono delle «fotografie» dei diversi luoghi in un determinato giorno di una determinata stagione. Le concentrazioni di polveri fini possono variare in modo considerevole in base alla stagione, alle condizioni meteorologiche (precipitazioni, velocità del vento, temperature), l'ora (ore di punta o ore con traffico ridotto) e il giorno della settimana (giornate lavorative o fine settimana).

Le misurazioni sono state effettuate durante il periodo freddo verificatosi ad inizio febbraio che ha interrotto le temperature piuttosto miti del mese di gennaio. Dalla metà febbraio, le temperature sono nuovamente aumentate tanto che, a partire dal 24 febbraio, sono stati addirittura raggiunti 20°C nel sud del Ticino. A febbraio e inizio marzo, il tempo è stato molto soleggiato, caldo e estremamente secco. Il livello delle precipitazioni non ha superato in nessuna stazione di misurazione il 50 % della quantità abituale per quel periodo. Con tali condizioni meteorologiche, era lecito attendersi degli accumuli locali di polveri fini nell'atmosfera.\*

Le fotografie ottenute con questo studio mostrano, nonostante le differenti condizioni meteorologiche, delle tendenze generali: lungo le strade principali e in particolare agli incroci, gli utenti della strada sono esposti a delle concentrazioni di polveri fini molto più elevate; degli avvenimenti isolati come il passaggio di una singola motocicletta sono in grado di far salire rapidamente e a valori molto alti la concentrazione in numero delle particelle ultrafini (si veda la figura 11). Per rendere più leggibili i dati delle polveri ultrafini, è stata realizzata una linea rossa posta su un'immagine satellitare tratta da Google Earth che rappresenta la proiezione delle concentrazioni in numero delle nanoparticelle (le linee grigie della griglia consentono una migliore lettura del grafico).

Le misurazioni della concentrazione in numero delle particelle ultrafini effettuate con il miniDISC nelle otto città della Svizzera analizzate hanno permesso di calcolare un valore medio di 25 000 particelle/cm<sup>3</sup> (con una dimensione media delle particelle pari a 34,64 nm). Valori elevati sono stati misurati la sera, mentre quelli più bassi a inizio pomeriggio, ciò coincide con le fluttuazioni del volume del traffico.

\* Fonte bollettino meteorologico Meteo Svizzera

## Lucerna – i risultati

A Lucerna le misurazioni sono state effettuate il 1° febbraio 2012. I percorsi realizzati sono stati 2, uno al mattino ed uno al pomeriggio, e hanno interessato la parte centrale della città. Sono state percorse sia strade principali soggette a traffico, ma normalmente percorse anche da pedoni (ad esempio la Pilatusstrasse), sia strade di quartiere, sia l'ampia area pedonale centrale.

La giornata era nuvolosa, con alcune isolate leggere precipitazioni nevose e temperatura media attorno a  $-3^{\circ}\text{C}$ . La stazione di misurazione di Luzern-Moostrasse ha registrato un valore medio, durante le ore in cui sono state condotte le misurazioni, pari a  $44,1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  al mattino e  $44,2\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$  nel primo pomeriggio. Il valore medio giornaliero di  $\text{PM}_{10}$  era di  $47,2\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



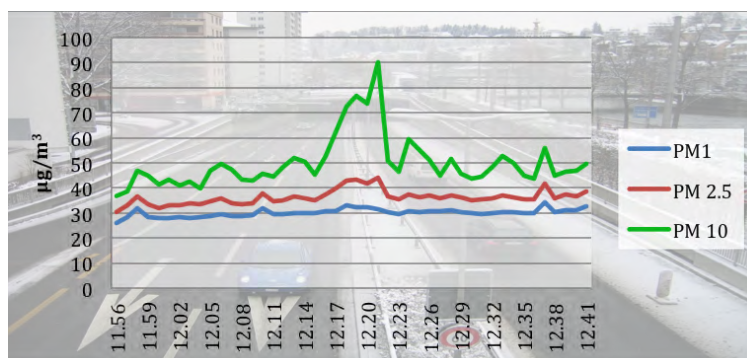
**Immagine 1: percorsi realizzati a Lucerna**

In rosso il percorso effettuato al mattino, in blu quello realizzato nel pomeriggio

Carta: Google Map

### Misurazione della concentrazione delle polveri fini $\text{PM}_{10}$ , $\text{PM}_{2,5}$ e $\text{PM}_1$

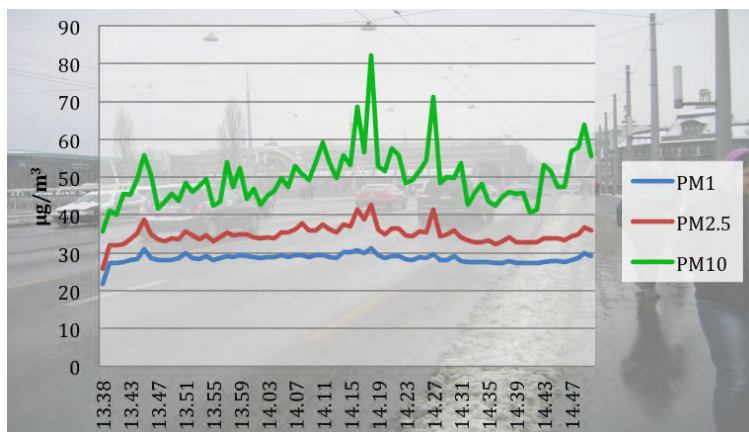
I due grafici della misurazione delle polveri fini mostrano dei valori di fondo importanti di  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{PM}_1$ , che presentano un valore medio, per entrambe le tipologie di polveri fini, superiore ai  $30\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Anche i valori di  $\text{PM}_{10}$  sono abbastanza elevati, soprattutto lungo le strade in cui vi è la presenza di traffico. I valori più alti (intorno agli  $80\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sono stati riscontrati lungo la Hirschengraben, nei pressi dell'imbocco del tunnel che conduce verso l'autostrada e lungo lo Schweizerhofquai. Nella vasta area pedonale, così come nelle strade di quartiere della collina, i valori di  $\text{PM}_{10}$  sono compresi fra i 40 e i  $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Immagine 2: valori di  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{PM}_1$**

Percorso effettuato al mattino

Foto di fondo: ATA



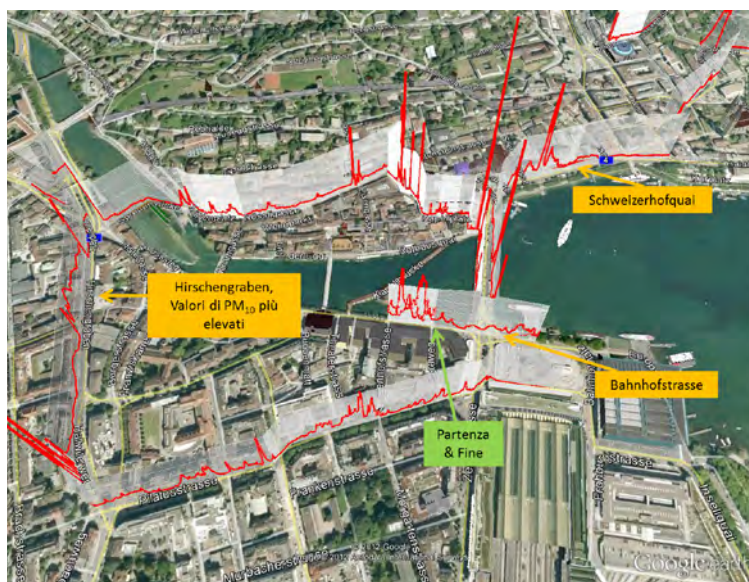
**Immagine 3: valori di  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  e  $PM_1$**

Percorso effettuato  
nel pomeriggio

Foto di fondo: ATA

### Misurazione delle polveri ultrafini $PN < 300-10 \text{ nm}$

La concentrazione in numero delle particelle ultrafini è stata maggiore sulla Pilatusplatz. Si sono inoltre registrati alcuni picchi momentanei e una concentrazione elevata costante lungo la Hirschengraben. Le rapide fluttuazioni nel tempo delle concentrazioni provano la presenza di elevati carichi temporanei dovuti al traffico, in particolare da incolonnamenti agli incroci e ai semafori. Un'ulteriore causa delle fluttuazioni è dovuta al passaggio di singoli veicoli con elevate emissioni inquinanti. Le elevate concentrazioni registrate lungo tutta la Hirschengraben si spiegano invece con il costante traffico presente all'entrata della galleria. Inoltre, nelle vicinanze della stazione, sul ponte Seebrücke, così come lungo lo Schweizerhofquai, sono state misurate delle concentrazioni in numero di particelle ben più elevate rispetto a quelle delle strade di quartiere monitorate in seguito.



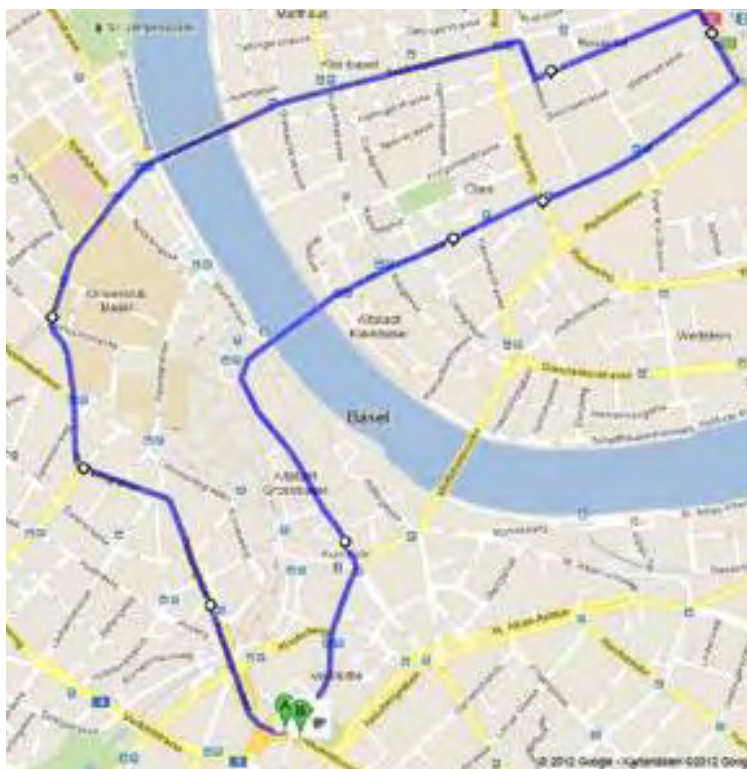
**Immagine 4: misurazioni PN (concentrazione in numero), Lucerna, 1° febbraio 2012**

Concentrazione in numero delle particelle (curva rossa) e serie temporale (griglia grigia)

Foto di fondo: Google Earth

## Basilea – i risultati

Nella città di Basilea le misurazioni sono state condotte il 2 febbraio 2012. Il percorso-test è stato fatto tra le 11h30 e le 14h00 nel centro cittadino e ha incluso sia vie principali con traffico da moderato a intenso, sia strade di quartiere, sia la zona pedonale. Il tempo era brutto, con lievi nevicate e, a tratti, leggermente ventoso. La temperatura era attorno ai  $-5^{\circ}\text{C}$ . La stazione di misurazione della rete NABEL di Basel-Binnigen ha registrato, nelle ore in cui è stato effettuato il percorso test, un valore medio di  $\text{PM}_{10}$  pari a  $39,9\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore medio giornaliero di  $\text{PM}_{10}$  è stato di  $41,1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La stazione di misurazione cantonale di Basel St. Johannplatz invece ha misurato un valore medio giornaliero di  $40,9\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



**Immagine 5:**  
percorso realizzato  
a Basilea

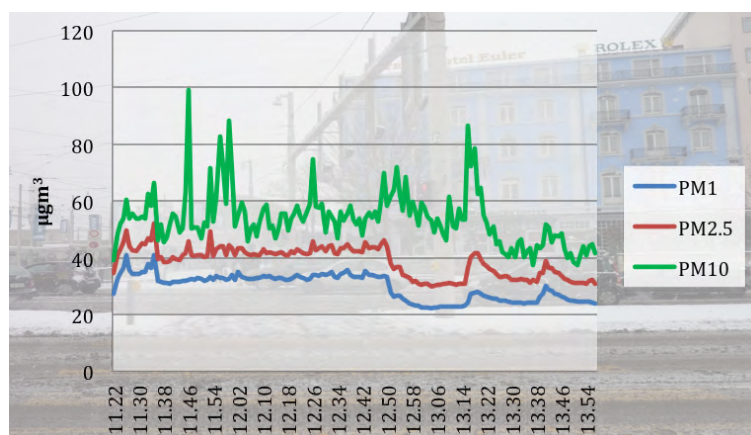
Carta: Google Map



### Misurazione della concentrazione delle polveri fini $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ e $PM_1$

I dati delle polveri fini ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_1$ ) da noi rilevati durante il percorso-test condotto per le vie cittadine mostrano dei valori piuttosto sostenuti di  $PM_1$  e  $PM_{2,5}$ , con valori medi che si attestano sui  $28,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per le  $PM_1$  e  $38,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per le  $PM_{2,5}$ . Le concentrazioni di entrambe le categorie di polveri non sono mai scese al di sotto dei  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Le  $PM_{10}$  presentano una concentrazione media pari a  $53,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con valore massimo di  $99,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e minimo di  $37,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I valori più elevati sono stati misurati nei pressi della Heuwaage e all'incrocio di strade a traffico intenso, mentre quelli minori in quartieri a traffico ridotto.



**Immagine 6: valori di  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_1$**

Foto di fondo: ATA

### Misurazione delle polveri ultrafini $PN < 300-10 \text{ nm}$

Valori molto alti di concentrazione in numero di particelle ultrafini sono stati registrati lungo la Heuwaage. Eventi isolati, dovuti ad esempio al passaggio di uno spazzaneve, di un bus o di un fumatore, hanno provocato delle forti fluttuazioni. Anche nella città di Basilea sono state registrate delle concentrazioni molto più basse lungo le strade residenziali, mentre valori più elevati sono stati riscontrati in prossimità della stazione Badischer Bahnhof.

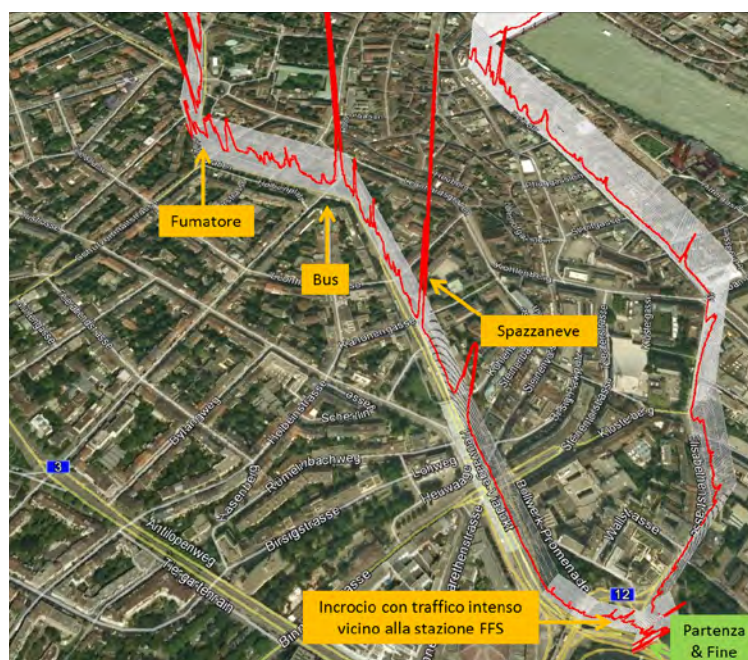


**Immagine 7: misurazioni PN (concentrazione in numero), Basilea, 2 febbraio 2012**

Concentrazione in numero delle particelle (curva rossa) e serie temporale (griglia grigia)

Foto di fondo: Google Earth





**Immagine 8:**  
**dettaglio**  
**del percorso-test**  
**di Basilea**

Partenza: stazione  
FFS; con osserva-  
zioni ricavate  
dal protocollo.

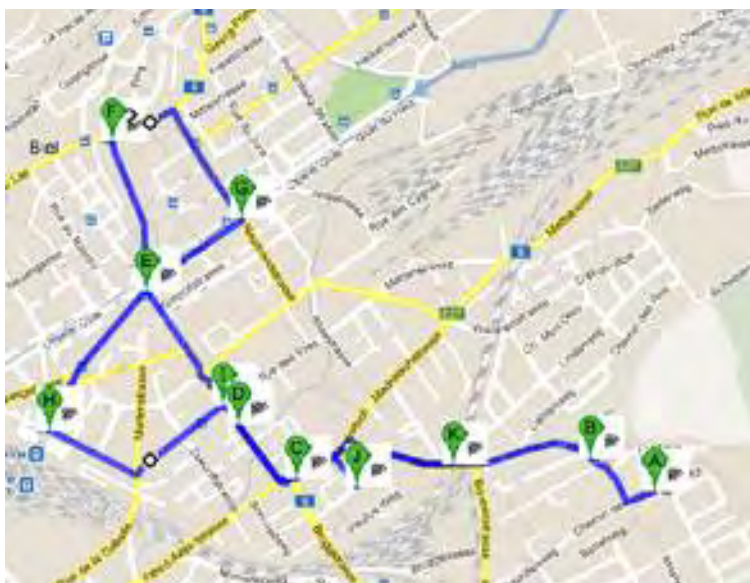
Foto di fondo: Google Earth

## Bienne – i risultati

Nella città di Bienne le misurazioni sono state realizzate il 3 febbraio 2012 sul mezzogiorno. La giornata era soleggiata, ventosa e la temperatura attorno ai  $-7^{\circ}\text{C}$ .

Anche a Bienne il percorso-test è stato effettuato nella zona centrale della città. Il valore medio di  $\text{PM}_{2,5}$  misurato durante il percorso è stato di  $25,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un massimo di  $49,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Per le  $\text{PM}_1$  il valore medio è stato di  $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre per le  $\text{PM}_{10}$  è stato misurato un valore medio di  $73,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I valori più elevati di  $\text{PM}_{10}$  sono stati misurati agli incroci con traffico intenso e con passaggio di camion, ad esempio presso la rotonda vicino alla Zukunftstrasse.

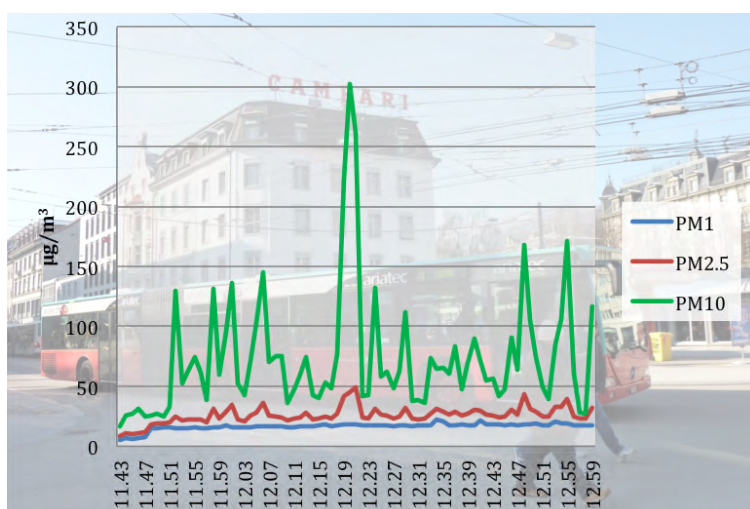
Analisi  
delle misurazioni  
nelle otto città



**Immagine 9:**  
percorso realizzato  
a Bienne

Carta: Google Map

### Misurazione della concentrazione delle polveri fini $\text{PM}_{10}$ , $\text{PM}_{2,5}$ e $\text{PM}_1$

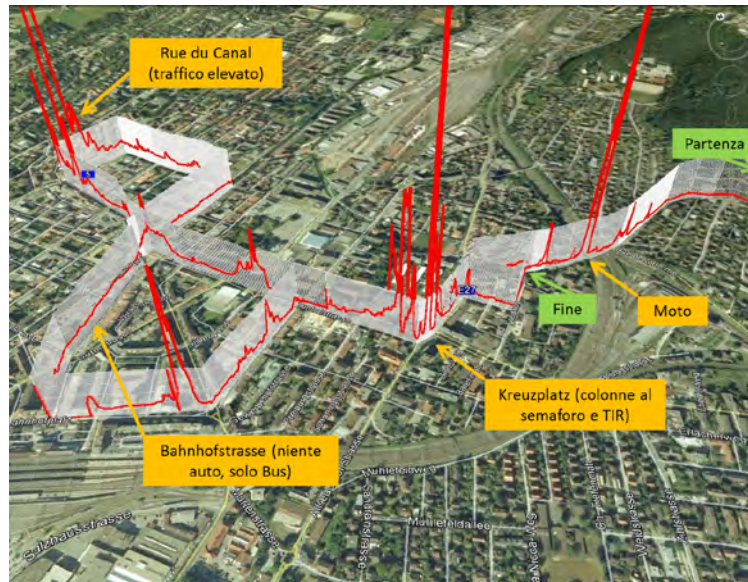


**Immagine 10: valori  
di  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{PM}_1$**

Foto di fondo: ATA

### Misurazione delle polveri ultrafini PN <300–10 nm

L'immagine 11 mostra la concentrazione in numero delle particelle ultrafini. Il percorso ha avuto inizio voltando a destra lungo delle strade residenziali con poco traffico (Beundenweg, Mösligquartier). Dopo l'attraversamento dei binari, è ben visibile nel grafico il passaggio di una motocicletta. Agli incroci, presso le rotonde, lungo vie a traffico intenso, sono stati registrati degli aumenti significativi delle concentrazioni.



**Immagine 11:**  
misurazioni PN  
(concentrazione  
in numero), Biel, 3 febbraio 2012

Concentrazione in  
numero delle  
particelle (curva  
rossa) e serie  
temporale (griglia  
grigia)

Foto di fondo: Google Earth

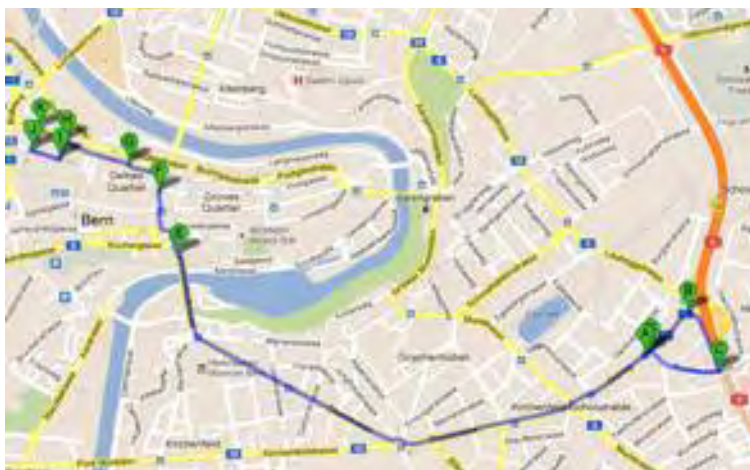


## Berna – i risultati

Analisi  
delle misurazioni  
nelle otto città

Le misurazioni nella città di Berna sono state eseguite il 15 febbraio 2012 fra le 9h45 e le 11h00. Il tempo era variabile, in parte soleggiato con alternanza di lievi nevicate e ventoso. La temperatura media era di poco al di sotto lo zero.

La stazione di misurazione della rete NABEL di Bern-Bollwerk\* ha registrato, durante il periodo in cui è stato fatto il percorso-test, un valore medio di  $PM_{10}$  di  $15,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La media giornaliera era di  $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

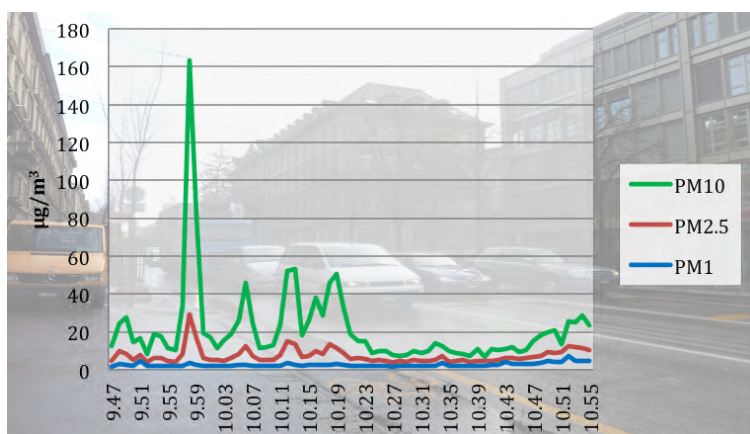


**Immagine 12:**  
percorso realizzato  
a Berna

Carta: Google Map

### Misurazione della concentrazione delle polveri fini $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ e $PM_1$

Il valore medio di  $PM_{2,5}$  misurato durante il percorso-test è stato di  $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre quello delle  $PM_1$  di  $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le  $PM_{10}$  presentavano un valore medio di  $21,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con un minimo di  $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e un massimo di  $276,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  registrato lungo la Sonnenhofweg, da Ostring verso la Buchserstrasse nel tratto che costeggia l'autostrada.



**Immagine 13:** valori  
di  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_1$

Foto di fondo: ATA

\* La stazione si trova nelle immediate vicinanze della stazione (Bollwerk).

### Misurazione delle polveri ultrafini PN <300–10 nm

Sulla Thunplatz è stata registrata la più alta concentrazione in numero di particelle ultrafini. Il dato si spiega con le emissioni dei veicoli in coda in attesa del semaforo verde. Valori elevati sono stati misurati anche lungo la Sonnenhofweg. Gli altri valori registrati a Berna risultano invece relativamente bassi.



**Immagine 14:**  
**misurazioni PN**  
**(concentrazione**  
**in numero), Berna,**  
**15 febbraio 2012**

Concentrazione in  
numero delle  
particelle (curva  
rossa) e serie  
temporale (griglia  
grigia)

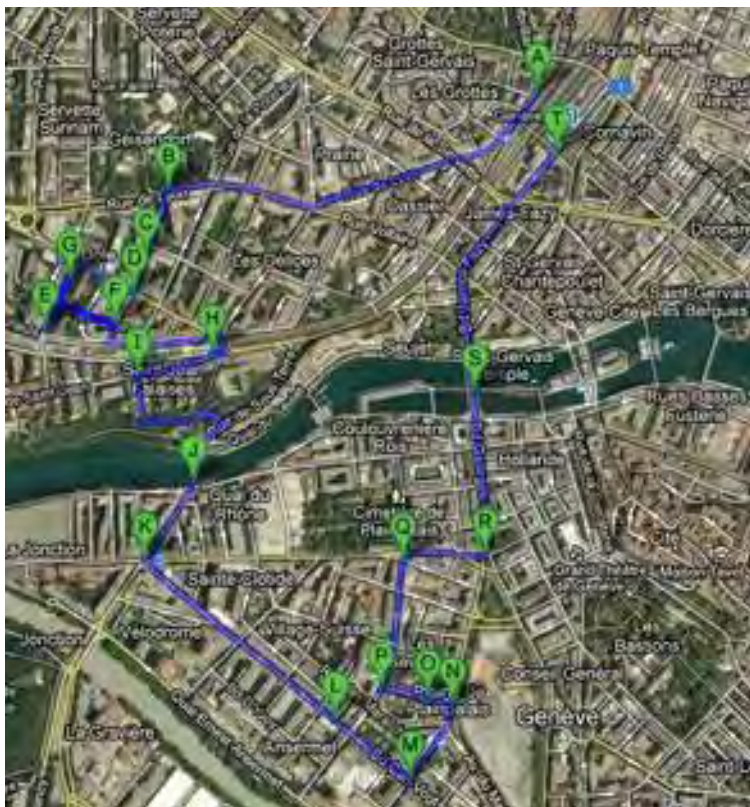
Foto di fondo: Google Earth



## Ginevra – i risultati

Nella città di Ginevra le misurazioni sono state effettuate il 6 febbraio 2012 fra le 9h30 e le 12h30. Il tempo era bello, freddo, con presenza di vento moderato. Le stazioni di misurazione delle polveri fini del Canton Ginevra situate in ambiente urbano (Ste-Clotilde e Wilson) hanno misurato un valore medio giornaliero di  $PM_{10}$  rispettivamente di  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Analisi  
delle misurazioni  
nelle otto città

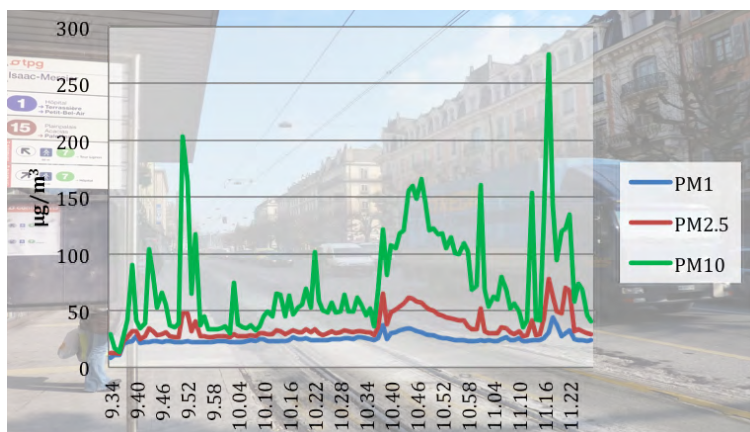


**Immagine 15:**  
percorso realizzato  
a Ginevra

Foto di fondo: Google Earth

### Misurazione della concentrazione delle polveri fini $PM_{10}$ , $PM_{2.5}$ e $PM_1$

Il valore medio di  $PM_{2.5}$  da noi riscontrato ammonta a  $35,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre quelle di  $PM_1$  a  $24,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore medio di  $PM_{10}$  registrato durante il percorso-test è stato di  $74,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con valore più basso di  $13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e massimo di  $276,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ottenuto in corrispondenza di Rue du Temple, strada con traffico abbastanza intenso.

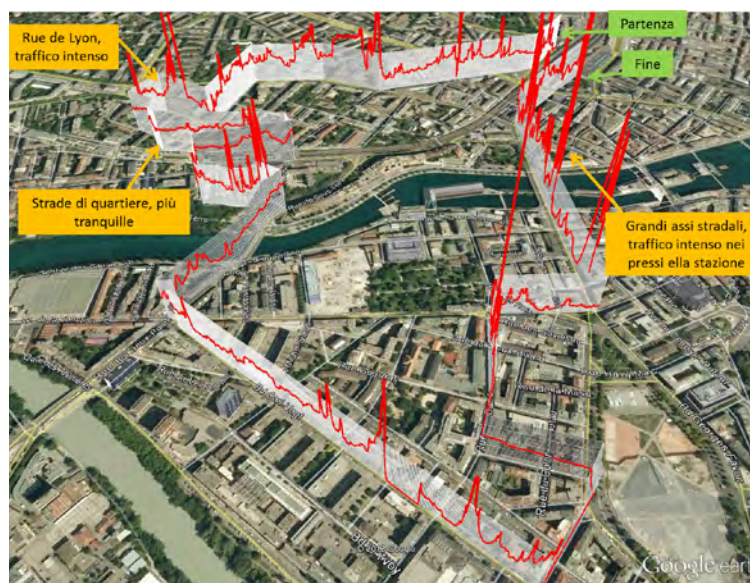


**Immagine 16: valori  
di  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  e  $PM_1$**

Foto di fondo: ATA

### Misurazione delle polveri ultrafini PN <300–10 nm

Le maggiori concentrazioni di particelle ultrafini sono state misurate lungo i boulevard George-Favon e James-Fazy, nel cammino di ritorno verso la stazione di Cornavin. Elevate concentrazioni sono state registrate anche all'inizio del percorso-test lungo via Lyon, in particolare in Piazza des Charmilles. I valori più bassi sono stati misurati lungo le strade residenziali e lungo il boulevard Carl-Vogt.



**Immagine 17: misurazioni PN (concentrazione in numero), Ginevra, 26 febbraio 2012**

Concentrazione in numero delle particelle (curva rossa) e serie temporale (griglia grigia)

Foto di fondo: Google Earth

## Lugano – i risultati

Analisi  
delle misurazioni  
nelle otto città

Nella città di Lugano i percorsi-test sono stati effettuati sull'arco di 3 giorni. Lugano è stata infatti, per praticità, la città in cui sono stati testati gli apparecchi di misurazione. Questa situazione, ha permesso di avere diverse fotografie della città e quindi maggiori informazioni sull'esposizione delle persone durante i loro spostamenti quotidiani. Le giornate in cui sono state effettuati i percorsi-test sono state il 26 gennaio e il 27 e 28 febbraio 2012. Di seguito riportiamo le misurazioni effettuate il 27 febbraio 2012.

La giornata del 27 febbraio 2012 era soleggiata, con poco vento e una temperatura superiore ai 10° C. Nel corso della giornata sono stati realizzati tre percorsi con caratteristiche diverse. Il percorso-test realizzato al mattino ha avuto come punto di partenza piazza Molino Nuovo, ha percorso strade principali con presenza di traffico, per poi continuare lungo strade di quartiere e terminare in pieno centro, sul lungolago davanti al Municipio di Lugano. La centralina NABEL, nelle ore in cui è stato effettuato il percorso, ha registrato un valore medio di  $PM_{10}$  pari a  $26,7 \mu g/m^3$  mentre la media giornaliera è stata di  $10 \mu g/m^3$ . Si trattava quindi di una giornata con bassi valori d'inquinamento dell'aria.



**Immagine 18:**  
percorso realizzato a  
Lugano il 27 febbraio

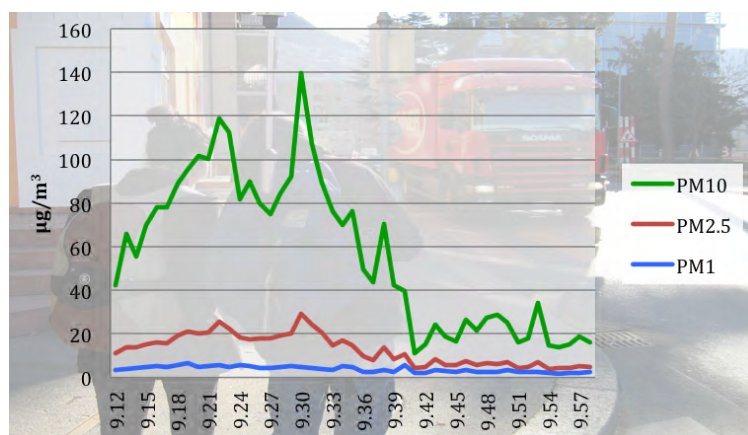
Al mattino (blu),  
il pomeriggio (verde)  
e la sera (rosso)

Carta: Google Map



### Misurazione della concentrazione delle polveri fini $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ e $PM_1$

Durante il percorso, il valore medio di  $PM_{2,5}$  è stato di  $12,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre quello delle  $PM_1$  di  $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Per le  $PM_{10}$  è stata misurata una media di  $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$  con valori sopra il  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  riscontrati con una certa periodicità lungo Via Madonnetta, fino a Via alla Chiesa, strade che presentavano un maggiore carico di traffico.

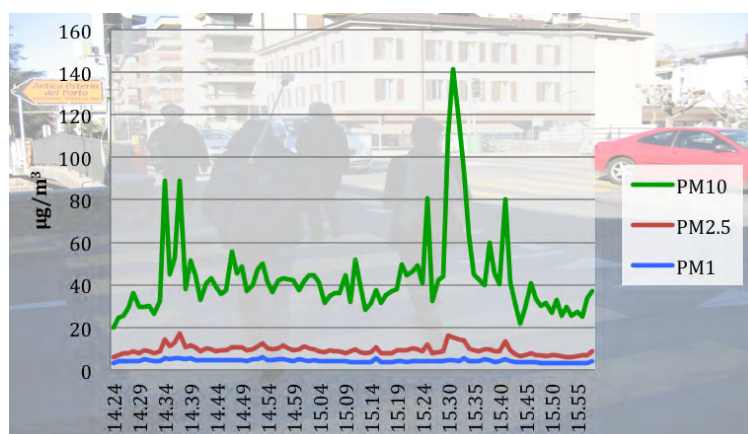


**Immagine 19: valori di  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_1$  a Lugano, percorso-test del mattino**

Foto di fondo: ATA

Il punto di partenza del percorso-test del primo pomeriggio è stato dal Parco dell'università. Il tracciato si è poi sviluppato verso Viganello, Pregassona Bassa, zona stadio, per poi terminare in Piazza Molino Nuovo. Sono stati attraversati quartieri densamente abitati, con scuole, case anziani e attraversati da strade soggette a traffico intenso. La centralina NABEL, durante le ore del percorso-test, ha registrato un valore medio di  $PM_{10}$  pari a  $10,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

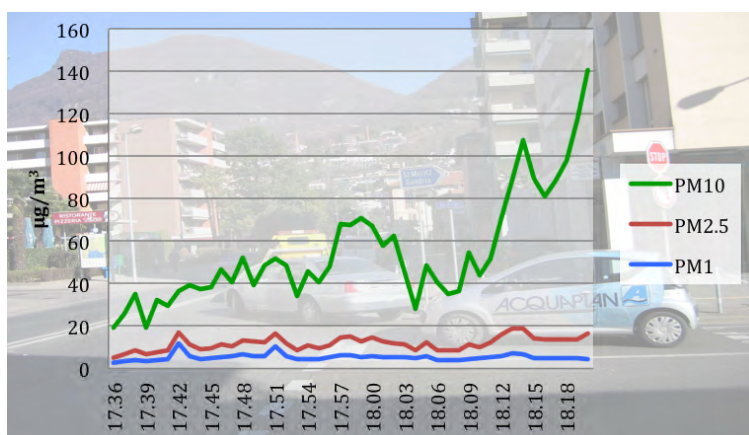
Il valore medio di  $PM_{2,5}$  misurato è stato di  $9,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre quello delle  $PM_1$  di  $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore medio di  $PM_{10}$  riscontrato è stato invece di  $43,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I valori più elevati di  $PM_{10}$ , intorno ai  $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sono stati misurati nei pressi di un cantiere stradale, sono quindi presumibilmente legati alle attività presenti in esso. I due picchi iniziali di  $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sono stati misurati lungo via la Santa, strada con traffico da medio e intenso e contornata, lungo i due lati, da una serie di palazzi.



**Immagine 20: valori di  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_1$  a Lugano, percorso-test del primo pomeriggio**

Foto di fondo: ATA

Il percorso test serale ha invece interessato il quartiere di Molino nuovo con Via Bagutti e Via Trevano, principale via d'accesso da Nord, per terminare in zona Stadio. Durante il periodo in cui sono state realizzate le misurazioni, la centralina NABEL ha misurato il valore medio di  $PM_{10}$  pari a  $10,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore medio di  $PM_{2,5}$  misurate ammonta a  $11,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mentre quello delle  $PM_1$  a  $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il valore medio di  $PM_{10}$  registrato è stato di  $54,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I valori più elevati di  $PM_{10}$  sono stati misurati in zona Stadio, lungo via Sonvico e attendendo il bus alla fermata Resega. I valori sono dovuti al traffico intenso di veicoli e camion che si riscontrano durante l'ora di punta.



**Immagine 21: valori di  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $PM_1$  a Lugano, percorso-test del tardo pomeriggio**

Foto di fondo: ATA

#### Misurazione delle polveri ultrafini $PN < 300-10 \text{ nm}$

A Lugano, il 27 febbraio 2012, durante il percorso-test del mattino si è misurata una maggiore concentrazione in numero di particelle ultrafini lungo Via Madonnetta e, soprattutto, lungo via Bottogno. Le concentrazioni si presentavano invece più basse lungo Via alla Chiesa e Viale Castagnola. La spiegazione più probabile di questi valori più bassi va ricercata con ogni probabilità nel passaggio solo sporadico di singoli veicoli.



**Immagine 22: misurazioni PN (concentrazione in numero), Lugano, 27 febbraio 2012**

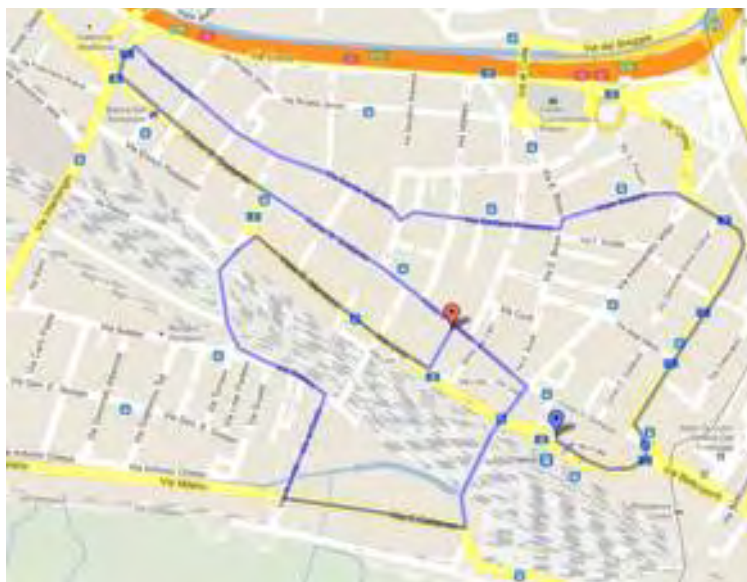
Concentrazione in numero delle particelle (curva rossa) e serie temporale (griglia grigia)

Foto di fondo: Google Earth



## Chiasso – i risultati

Il 28 febbraio 2012, al mattino, è stato effettuato il percorso-test nella cittadina di confine di Chiasso. Il tragitto ha compreso, sia aree soggette a traffico, sia la zona pedonale, sia l'area densamente abitata di Via Soldini.



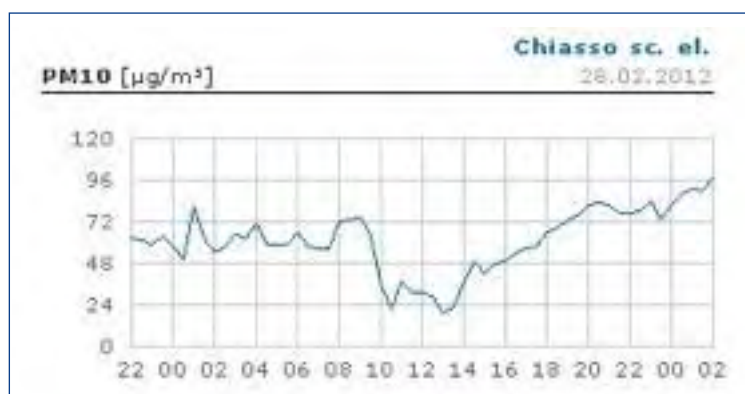
**Immagine 23:**  
percorso realizzato  
a Chiasso

Carta: Google Map

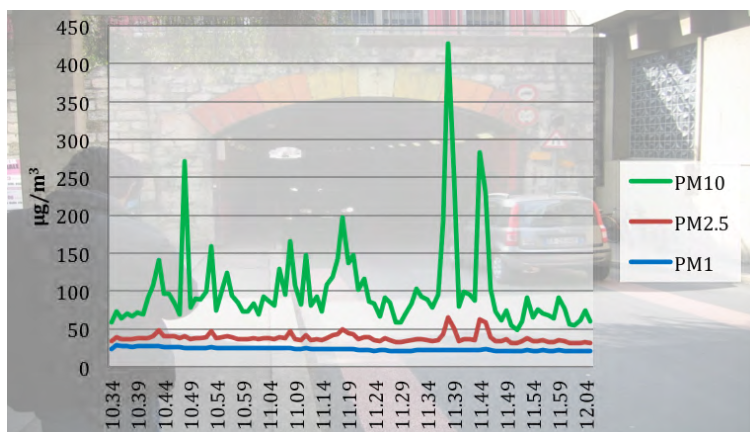
### Misurazione della concentrazione delle polveri fini $PM_{10}$ , $PM_{2,5}$ e $PM_1$

A Chiasso, il 28 febbraio 2012, la stazione di misurazione del Cantone, posta sul Piazzale delle Scuole, in una via soggetta a traffico intenso, ha misurato i valori riportati nell'immagine 24. Fra le 9h00 e le 12h00, orario nel quale è stato effettuato il percorso-test, i valori medi di  $PM_{10}$  erano al di sotto dei  $70 \mu g/m^3$ .

Il valore medio di  $PM_{2,5}$  misurato ammonta a  $37,9 \mu g/m^3$  mentre per le  $PM_1$  il valore medio è stato di  $23,1 \mu g/m^3$ . Per le  $PM_{10}$  è stata registrata una media di  $100,8 \mu g/m^3$  con un massimo di  $426,5 \mu g/m^3$  raggiunto nel tunnel stradale e pedonale di Via Luigi Favre che viene percorso abitualmente anche a piedi per passare dai quartieri oltre la ferrovia verso la stazione e il centro del comune.



**Immagine 24:** valori  
di polveri fini  
misurati dalla  
stazione cantonale  
di misurazione  
di Chiasso ( $PM_{10}$ )



**Immagine 25: valori di  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  e  $\text{PM}_1$**

Foto di fondo: ATA

### Misurazione delle polveri ultrafini $\text{PN} < 300-10 \text{ nm}$

A Chiasso la concentrazione in numero di particelle ultrafini più elevata è stata osservata lungo Viale Ten. Col. Giuseppe Galli. Elevate concentrazioni sono state misurate anche nel sottopassaggio di Via Rampa, che attraversa i binari ferroviari. Nelle zone pedonali e nelle strade a traffico ridotto le concentrazioni sono risultate invece molto meno elevate.



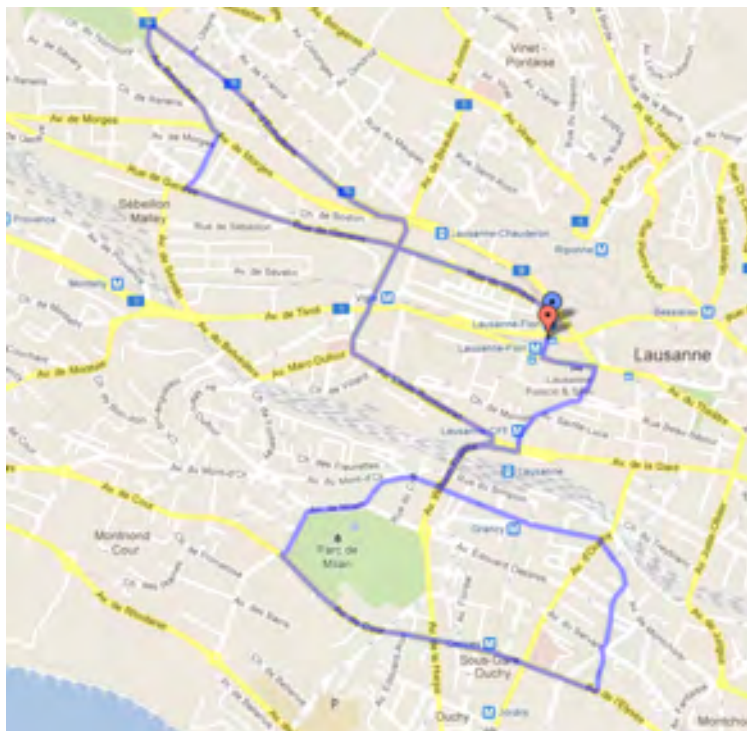
**Immagine 26: misurazioni PN (concentrazione in numero), Chiasso, 28 febbraio 2012**

Concentrazione in numero delle particelle (curva rossa) e serie temporale (griglia grigia)

Foto di fondo: Google Earth

## Losanna – i risultati

Il 29 febbraio 2012, tra le 12h30 e le 15h00, è stato eseguito l'ultimo percorso-test che ha interessato le vie del centro di Losanna. La giornata era soleggiata, priva di vento e la temperatura era attorno ai 12°C. Il percorso-test ha compreso sia strade soggette a traffico sia la zona pedonale centrale. Durante le misurazioni, il traffico, anche nelle vie principali, non era particolarmente intenso. La stazione di misurazione della rete NABEL di Lausanne-César-Roux\* ha registrato un valore medio giornaliero di  $PM_{10}$  pari a  $36 \mu g/m^3$  e un valore medio di  $PM_{10}$  fra le 12h00 e le 15h00 pari a  $36,6 \mu g/m^3$ .



**Immagine 27:**  
percorso realizzato a  
Losanna

Carta: Google Map

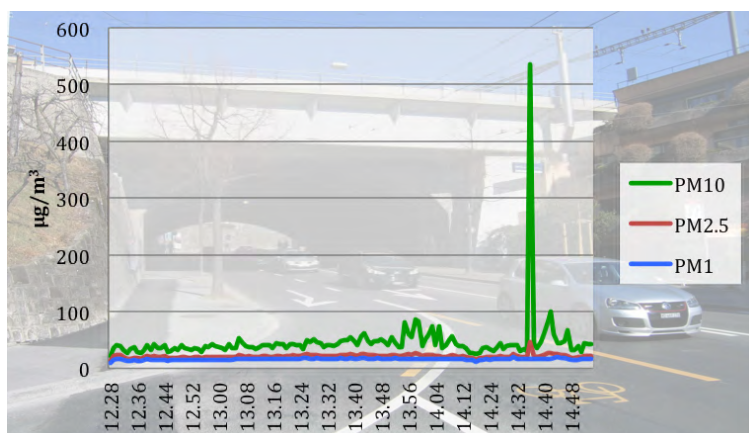
\* La stazione di misurazione Lausanne-César-Roux si trova nel cuore di Losanna presso il centro Bibliomedia Suisse situato nelle immediate vicinanze di una strada di transito locale (ca. 30 000 veicoli al giorno).



### Misurazione della concentrazione delle polveri fini $PM_{10}$ , $PM_{2.5}$ e $PM_1$

I valori misurati mostrano una media di  $PM_{2.5}$  pari a  $21,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e di  $PM_1$  pari a  $16,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le  $PM_{10}$  presentano un valore medio di  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un massimo di  $545 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dovuto al sollevamento di polvere causato dalla pulizia delle strade avvenuta mentre venivano effettuate le misurazioni. I valori attorno agli  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  riscontrati su Avenue du Cour sono invece riconducibili ai lavori legati ad un cantiere posto in vicinanza della strada.

Analisi  
delle misurazioni  
nelle otto città

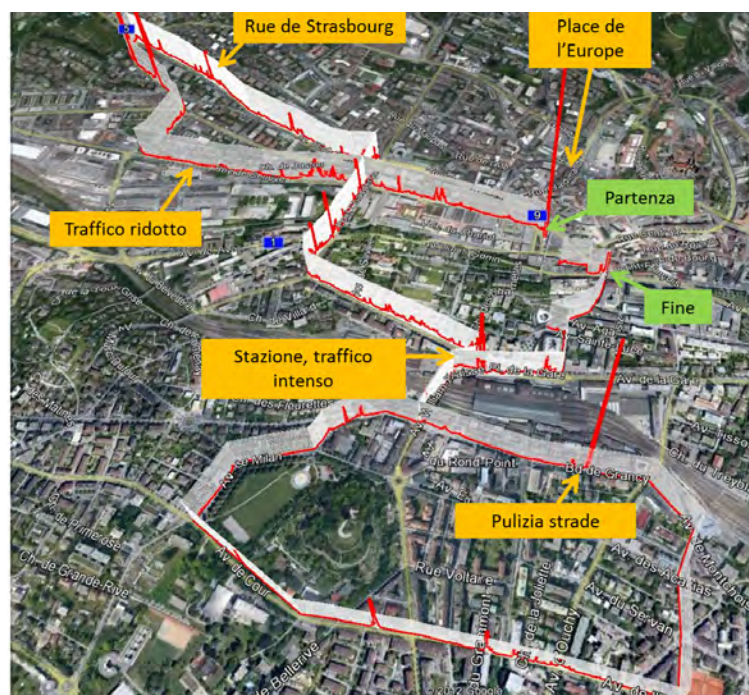


**Immagine 28: valori di  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  e  $PM_1$**

Foto di fondo: ATA

### Misurazione delle polveri ultrafini $PN < 300-10 \text{ nm}$

I dati raccolti sulle polveri ultrafini indicano che la variazione più importante si è avuta all'inizio del percorso in Place de l'Europe. Un solo veicolo è probabilmente all'origine di questa variazione molto limitata nel tempo. Il percorso ha compreso inizialmente delle strade in cui vi era poco traffico, mentre in seguito si è registrata una maggiore presenza di veicoli e code ai semafori all'incrocio con Rue de Strasbourg. Una maggiore intensità del traffico è stata registrata anche nei pressi della stazione. Infine, nell'ultimo tratto del percorso-test, i valori delle polveri ultrafini sono stati influenzati dalle operazioni di pulizia delle strade.



**Immagine 29: misurazioni PN (concentrazione in numero), Losanna, 29 febbraio 2012**

Concentrazione in numero delle particelle (curva rossa) e serie temporale (griglia grigia)

Foto di fondo: Google Earth

## Misurazione della concentrazione delle polveri fini PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>1</sub>

In linea generale, dalle analisi condotte emerge che i valori di PM<sub>10</sub> misurati durante i percorsi-test risultano più elevati rispetto ai valori medi registrati dalle stazioni di misurazione fisse. Anche in giornate con valori medi giornalieri di PM<sub>10</sub> entro i limiti, vi possono essere differenti picchi di PM<sub>10</sub> e valori medi significativamente più elevati lungo strade con traffico intenso. Questo conferma che l'esposizione delle persone nei tragitti a piedi, può variare molto e essere elevata a seconda del tipo di tragitto che viene percorso quotidianamente. È interessante notare che i picchi di PM<sub>10</sub> riscontrati durante i percorsi-test possono essere dovuti anche alla presenza di polveri sollevate da cantieri o da pulizia delle strade (polveri quindi meno pericolose) e non solo dalle emissioni dei veicoli.

Inoltre, dalle «fotografie» scattate si può osservare come, in generale, nelle nostre città siano state misurate delle concentrazioni medie di PM<sub>2,5</sub> piuttosto elevate, con valori spesso superiori a 20 µg/m³. Ricordiamo che l'OMS, consiglia, come media giornaliera, un valore medio pari a 25 µg/m³.

È importante segnalare che il tipo di misurazioni effettuate in questo contesto e con queste tecniche di misurazione della concentrazione del numero e della massa (PM<sub>10</sub>) è soggetto a delle forti variazioni limitate nel tempo e nello spazio.

Il numero di particelle può ad esempio raggiungere dei valori molto elevati al passaggio dei veicoli con importanti emissioni di particolato. Inoltre, dei forti aumenti locali di PM<sub>10</sub> corrispondono essenzialmente a delle nuvole di polvere sollevate dal traffico o da dei cantieri stradali.

Questi importanti aumenti non possono quindi essere confrontati con i dati delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> misurati ad un'altezza maggiore e risultanti da una media di misurazioni prese sul lungo periodo.

**Tabella 1: Concentrazione media, minima e massima delle PM<sub>10</sub> nelle diverse città**

<b>Luogo</b>	<b>Data</b>	<b>Ora</b>	<b>Media (µg/m³)</b>	<b>Minimo (µg/m³)</b>	<b>Massimo (µg/m³)</b>
Lugano	26. 1. 2012	Primo pomeriggio	55,0	23,8	203,4
Lucerna 1	1. 2. 2012	Tarda mattinata	49,9	36,8	90,3
Lucerna 2	1. 2. 2012	Mezzogiorno	49,9	35,6	82,2
Lucerna 3	1. 2. 2012	Tardo pomeriggio	50,2	38,1	99,1
Basilea	2. 2. 2012	Tarda mattinata	53,8	37,3	99,1
Bienne	3. 2. 2012	Tarda mattinata	73,5	16,5	301,7
Ginevra	6. 2. 2012	Mattino	74,4	13,6	276,1
Berna	15. 2. 2012	Mattino	21,5	6,6	163,5
Lugano 1	27. 2. 2012	Mattino	57,0	11,1	139,8
Lugano 2	27. 2. 2012	Primo pomeriggio	43,4	19,7	141,7
Lugano 3	27. 2. 2012	Tardo pomeriggio	54,9	19,2	140,5
Chiasso	28. 2. 2012	Tarda mattinata	100,8	48,5	426,7
Lugano 1	28. 2. 2012	Primo pomeriggio	76,8	45,3	221,4
Lugano 2	28. 2. 2012	Tardo pomeriggio	113,1	50,8	232,9
Losanna	29. 2. 2012	Mezzogiorno	46,0	21,9	535



**Tabella 2: Concentrazione media, minima e massima delle PM<sub>2,5</sub> nelle diverse città**

Luogo	Data	Ora	Media (µg/m³)	Minimo (µg/m³)	Massimo (µg/m³)
Lugano	26. 1. 2012	Primo pomeriggio	22,0	12,9	34,0
Lucerna 1	1. 2. 2012	Tarda mattinata	36,2	30,4	44,1
Lucerna 2	1. 2. 2012	Mezzogiorno	34,8	25,8	42,6
Lucerna 3	1. 2. 2012	Tardo pomeriggio	38,0	32,9	65,5
Basilea	2. 2. 2012	Tarda mattinata	38,6	29,9	43,2
Bienne	3. 2. 2012	Tarda mattinata	25,9	8,1	49,3
Ginevra	6. 2. 2012	Mattino	35,6	12,1	77,6
Berna	15. 2. 2012	Mattino	7,3	3,8	29,0
Lugano 1	27. 2. 2012	Mattino	12,7	3,8	29,2
Lugano 2	27. 2. 2012	Primo pomeriggio	9,3	5,9	16,9
Lugano 3	27. 2. 2012	Tardo pomeriggio	11,8	5,1	18,8
Chiasso	28. 2. 2012	Tarda mattinata	37,9	31,2	64,5
Lugano 1	28. 2. 2012	Primo pomeriggio	34,8	26,3	43,5
Lugano 2	28. 2. 2012	Tardo pomeriggio	43,4	29,8	64,5
Losanna	29. 2. 2012	Mezzogiorno	21,5	13,3	46,5

**Tabella 3: Concentrazione media, minima e massima delle PM<sub>1</sub> nelle diverse città**

Luogo	Data	Ora	Media (µg/m³)	Minimo (µg/m³)	Massimo (µg/m³)
Lugano	26. 1. 2012	Primo pomeriggio	13,5	9,6	18,5
Lucerna 1	1. 2. 2012	Tarda mattinata	30,1	26,0	34,3
Lucerna 2	1. 2. 2012	Mezzogiorno	28,5	21,8	31,1
Lucerna 3	1. 2. 2012	Tardo pomeriggio	29,1	18,4	31,9
Basilea	2. 2. 2012	Tarda mattinata	29,7	22,2	41,1
Bienne	3. 2. 2012	Tarda mattinata	16,5	5,2	22,3
Ginevra	6. 2. 2012	Mattino	24,8	8,4	24,8
Berna	15. 2. 2012	Mattino	2,6	1,6	7,3
Lugano 1	27. 2. 2012	Mattino	3,8	1,7	6,4
Lugano 2	27. 2. 2012	Primo pomeriggio	4,2	3,1	5,8
Lugano 3	27. 2. 2012	Tardo pomeriggio	5,3	2,7	11,8
Chiasso	28. 2. 2012	Tarda mattinata	23,1	20,3	28,7
Lugano 1	28. 2. 2012	Primo pomeriggio	22,9	17,8	27,7
Lugano 2	28. 2. 2012	Tardo pomeriggio	26,1	20,4	32,0
Losanna	29. 2. 2012	Mezzogiorno	16,1	9,7	19,9

## Misurazione delle polveri ultrafini PN <300–10 nm

**Tabella 4: concentrazione in numero (particelle/cm<sup>3</sup>) media, minima e massima misurata con il miniDISC**

Luogo	Data	Ora	Media (µg/m <sup>3</sup> )	Minimo (µg/m <sup>3</sup> )	Massimo (µg/m <sup>3</sup> )
Lugano 4	26. 1. 2012	Primo pomeriggio	19384	6971	966 500
Lucerna 1	1. 2. 2012	Tarda mattinata	18244	1298	615 463
Lucerna 2	1. 2. 2012	Mezzogiorno	20135	1 181	372 970
Basilea	2. 2. 2012	Tarda mattinata	30 102	602	933 822
Bienne	3. 2. 2012	Tarda mattinata	25 398	1 376	978 634
Ginevra	6. 2. 2012	Mattino	62 969	703	930 338
Berna	15. 2. 2012	Mattino	7 894	251	785 500
Lugano 1	27. 2. 2012	Mattino	38 066	4 102	991 732
Lugano 2	27. 2. 2012	Primo pomeriggio	13 515	7 413	927 946
Lugano 3	27. 2. 2012	Tardo pomeriggio	17 591	11 670	297 226
Chiasso	28. 2. 2012	Tarda mattinata	20 106	7 472	951 790
Lugano 1	28. 2. 2012	Primo pomeriggio	24 308	9 087	970 787
Lugano 2	28. 2. 2012	Tardo pomeriggio	42 924	15 193	970 375
Losanna	29. 2. 2012	Mezzogiorno	13 479	1 300	778 741

Per ogni misurazione è stato calcolato un valore mediano poiché (com'è possibile riscontrarlo nelle colonne valore minimo e massimo) valori molto bassi ed alti possono riscontrarsi in tempi di misurazioni molto brevi che potrebbero portare a falsare il valore medio. In rosso vi sono le misure più elevate, mentre in azzurro quelle più basse.

Il valore medio della concentrazione in numero delle particelle misurato con il miniDISC è di 25 000 particelle/cm<sup>3</sup> (14 valori mediani). I valori più elevati sono stati misurati nel tardo pomeriggio, mentre quelli più bassi a inizio pomeriggio. Tra le otto città monitorate, i valori più bassi sono stati registrati a Berna, Losanna e Lugano. A Ginevra, città per la quale è disponibile un solo valore mediano, è stata misurata la concentrazione più alta pari a 63 000 particelle/cm<sup>3</sup>, ciò dipende probabilmente dal fatto che le misure sono state prese al mattino quando si risentivano ancora gli effetti dell'ora di punta dei pendolari. Come per le misurazioni delle PM, sono stati registrati in determinati luoghi dei picchi molto elevati di polveri ultrafini che si spiegano con la presenza di veicoli isolati e la situazione locale del traffico (incolonnamenti, semafori rossi). Sono inoltre visibili gli effetti causati dal traffico delle ore di punta.

La dimensione media delle particelle si situa fra 34 e 64 nm, il diametro maggiore è stato misurato a Lugano e il più piccolo a Ginevra (probabilmente a causa delle piccole particelle derivanti dai processi di combustione più numerosi).

**Tabella 5: dimensioni medie, minime e massime delle particelle in nm misurate con il miniDISC**

Analisi generale  
dei dati

Luogo	Data	Ora	Mediano ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Minimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Massimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Lugano 4	26. 1. 2012	Primo pomeriggio	54,1	17,5	106,9
Lucerna 1	1. 2. 2012	Tarda mattinata	55	11,8	198,9
Lucerna 2	1. 2. 2012	Mezzogiorno	51,1	10	175,3
Basilea	2. 2. 2012	Tarda mattinata	50,6	10	298,5
Bienne	3. 2. 2012	Tarda mattinata	45,6	15,5	165,2
Ginevra	6. 2. 2012	Mattino	34,5	10	154,5
Berna	15. 2. 2012	Mattino	37,5	10	294
Lugano 1	27. 2. 2012	Mattino	36,9	12,4	97,6
Lugano 2	27. 2. 2012	Primo pomeriggio	45,1	10,1	97,3
Lugano 3	27. 2. 2012	Tardo pomeriggio	41,9	28,3	60,3
Chiasso	28. 2. 2012	Tarda mattinata	55,8	15,4	133,5
Lugano 1	28. 2. 2012	Primo pomeriggio	49,7	13,2	235,5
Lugano 2	28. 2. 2012	Tardo pomeriggio	44,4	13,4	81,2
Losanna	29. 2. 2012	Mezzogiorno	54,8	10	200,5

Per ogni misurazione è stato calcolato il valore mediano, poiché (come è possibile riscontrarlo nelle colonne valore minimo e massimo) valori molto bassi ed alti possono essere misurati in tempi di misurazioni molto brevi che potrebbero portare a falsare il valore medio. In rosso vi sono le misure più elevate, mentre in azzurro quelle più basse.



## Effetti sulla salute

Ormai da decenni numerosi studi epidemiologici e sperimentali hanno dimostrato che le immissioni provenienti dal traffico stradale possono avere effetti negativi sulla salute, in particolare per le persone che si trovano in prossimità di strade a traffico intenso. I bambini, gli anziani, i malati cronici, come ad esempio i diabetici, o coloro che presentano malattie cardiache o polmonari sono i più toccati. Anche le polveri più grossolane ( $PM_{2,5}$ ) provenienti dai gas di scarico e da altri processi di combustione possono provocare infiammazioni, asma e il cancro, potendo quindi nuocere a tutto l'organismo.

Negli ultimi anni sono diventati una fonte sempre più importante di preoccupazione gli effetti sul cuore e la circolazione sanguigna causati dalle emissioni dei motori diesel. Responsabili di questi danni così «profondi» sono invece le particelle ultrafini, con dimensioni inferiori ai 100 nm, e che risultano essere da 10 a 1000 volte più pericolose. Queste particelle penetrano infatti negli alveoli polmonari – circa 500 milioni su una superficie di circa 150 m<sup>2</sup> – e attraversano la sottile barriera aria-sangue, che ha spessore di soli 100 nm, per poi raggiungere la circolazione sanguigna e diffondersi nei diversi organi dove possono provocare delle micro-infiammazioni croniche. Questi piccoli focolai d'infiammazione provocano delle «reazioni a catena» che favoriscono gli infarti, il diabete e altri disturbi. Possono inoltre causare il cancro in diversi organi o creare le condizioni ideali per lo sviluppo della malattia. Le particelle ultrafini hanno una superficie tale da consentire l'introduzione nell'organismo di ioni metallici o di sostanze cancerogene, ciò che non fa che accrescere il loro effetto dannoso.

L'Istituto di Anatomia dell'Università di Berna (con il prof. Gehr) ha condotto delle ricerche innovative che hanno dimostrato, analizzando i meccanismi biologici, che le polveri ultrafini possono influire sul materiale genetico contenuto nel nucleo della cellula.

**Da un punto di vista legale, le sostanze cancerogene devono essere eliminate in funzione dello stato più attuale della tecnologia.** Constatiamo che, per le polveri, questo obiettivo è già realizzabile: le particelle di particolato (ad esempio le particelle di metallo derivanti da fenomeni di abrasione, dagli additivi o dai rivestimenti del catalizzatore, che sono altamente tossici) possono essere infatti ridotte dai moderni filtri antiparticolato in percentuali pari al 99 %, indipendentemente dalle dimensioni delle particelle! La sofferenza che questa tecnologia potrebbe alleviare è perciò incalcolabile.

## Chi paga le conseguenze?

Vale comunque la pena di fare qualche calcolo: gli investimenti necessari per mettere a norma e sostituire i veicoli vetusti rappresentano una frazione (secondo stime prudenti circa da  $\frac{1}{10}$  a  $\frac{1}{20}$ ) dei costi economici attualmente sprecati, poiché i moderni filtri antiparticolato hanno costi abbordabili e non necessitano praticamente di manutenzione. Inoltre, spesso, non si considerano le perdite causate dalle polveri fini agli allevamenti e ai raccolti, così come gli effetti sul clima.

Viste le sue competenze, la tecnologia per la realizzazione dei filtri antiparticolato è un'opportunità importante per la Svizzera per essere competitiva a livello mondiale sia nel campo della ricerca, sia in quello della produzione. Diversi posti di lavoro sono già stati creati in questo settore. Infine, visto il ritardo nell'attuazione di quanto previsto per legge, è in gioco anche l'immagine del nostro Paese quale modello per le politiche ambientali. Tutti ne trarrebbero un vantaggio, allora cosa si attende?

Il contributo economicamente più conveniente per promuovere la salute e frenare il riscaldamento climatico è la riduzione delle emissioni di polveri fini derivanti dai processi di combustione. Le particelle di particolato, che assorbono il calore del sole, accelerano la fusione delle calotte polari e dei ghiacciai. Ridurre le emissioni di particolato avrebbe quindi degli effetti positivi già dopo alcuni mesi.

## Discussione

Da decenni in Svizzera si conducono studi scientifici con l'obiettivo di ridurre alla fonte l'emissione in atmosfera di sostanze inquinanti. La tecnologia dei filtri antiparticolato e i metodi di misurazione sono stati sviluppati dall'ETH di Zurigo e dalle alte scuole specializzate di Bienne e del nord-ovest della Svizzera. Queste tecnologie sono state testate in numerose situazioni e messe alla prova durante i lavori di costruzione della NTFA: i filtri si sono dimostrati efficaci in una percentuale maggiore al 99%! Nelle nostre università sono stati inoltre realizzati diversi studi pionieristici che hanno esaminato, da un punto di vista epidemiologico e sperimentale, gli effetti sulla salute delle polveri fini con lo scopo di comprenderne i meccanismi biologici. L'acquisizione di conoscenza in quest'ambito la si deve a diversi attori quali la rete NABEL, lo studio SAPALDIA, i ricercatori dell'Istituto d'Anatomia dell'Università di Berna, l'Istituto Adolphe Merkle dell'Università di Friburgo e l'EMPA.

Oggi, la tecnologia da noi sviluppata è esportata in altri paesi, recentemente, anche in Cina. La politica condotta dalla Svizzera in materia di protezione dell'aria è stata a lungo considerata all'estero come un esempio, ma la Svizzera rischia ora di perdere il suo primato. Abbiamo effettivamente perso, a livello politico, terreno nella sua applicazione!

Fra tutti i paesi europei, la Svizzera è in ottima posizione per imporre misure severe ed efficaci. I responsabili politici sono anch'essi dei genitori e per questo sono personalmente colpiti dal problema dell'inquinamento dell'aria. Comprendiamo quindi con sempre maggiore difficoltà il comportamento esitante attualmente dominante; sovente vengono ignorati i legami di causa ed effetto e vengono proposte senza convinzione delle soluzioni solo parziali. Di conseguenza, si spreca del denaro pubblico, poiché i costi complessivi dovuti all'inquinamento dell'aria sono maggiori di quanto si pensi! Inoltre, si accetta che la piazza economica svizzera sia indebolita e la sua immagine ne patisca. Nel 2006 il Consiglio federale aveva adottato un piano d'azione contro le polveri fini e definito quattro misure: filtri antiparticolato per tutti i motori diesel, norme specifiche per i riscaldamenti a legna, un valore limite più severo per le sostanze inquinanti sul posto di lavoro (valori MAK) nell'industria e nel commercio, maggiore impegno a livello internazionale. A che punto siamo oggi?

## Le nostre proposte

Sulla base dei dati raccolti con questa campagna d'informazione e di sensibilizzazione e sulla base dei numerosi studi e delle analisi scientifiche disponibili, riteniamo opportuno inoltrare le seguenti proposte alle autorità cantonali e federali competenti:

1. Realizzare ulteriori indagini e approfondimenti per misurare la reale esposizione delle persone agli inquinanti, soprattutto nelle città e nei luoghi più sensibili. Questi dati dovrebbero aggiungersi alle misurazioni effettuate dalle stazioni di misurazione fisse. Si tratterebbe quindi di effettuare delle misurazioni differenziate e stabilire una cartografia dell'inquinamento atmosferico per zone pertinenti che vada ad aggiungersi ai dati registrati dalle stazioni di misurazione.
2. Pubblicare regolarmente i costi sanitari e quelli causati all'economia (fino ad ora externalizzati)
3. Misurare sistematicamente la concentrazione di  $PM_{2,5}$  fissandone, per legge, un valore limite.
4. Misurare il carico delle particelle ultrafini e fissare un valore limite d'esposizione delle persone.
5. Rendere obbligatori i filtri antiparticolato per tutti i veicoli diesel, i motori che emettono nanoparticelle e le altre apparecchiature fisse. Un costante monitoraggio risulta necessario.
6. Prendere come esempio i paesi europei dove le zone ambientali si sono dimostrate efficaci nella lotta contro l'inquinamento delle polveri fini (come dimostrano le esperienze positive di Berlino e di diverse altre città tedesche e l'esempio della Gran Bretagna).



- Brandt, S., Perez, L., Kunzli, N., Lurmann, F., and McConnell, R.: Costs of childhood asthma due to traffic-related pollution in two California communities, *EurRespir J* erj01578-2011; published ahead of print, doi: 10.1183/09031936.00157811, 2012.
- Breitner, S., Liu, L., Cyrus, J., Bruske, I., Franck, U., Schlink, U., Leitte, A. M., Herbarth, O., Wiedensohler, A., Wehner, B., Hu, M., Pan, X.-C., Wichmann, H.-E., and Peters, A.: Submicrometer particulate air pollution and cardiovascular mortality in Beijing, China, *Science of the Total Environment* 409, 5196–5204, 2011.
- Drew Shindell et al.: Simultaneous Mitigating Near-Term Climate change and Improving Human Health and Food Security, *Science* Vol. 335, 183–189, 2012.
- Fierz, M., Houle, C., Steigmeier, P., and Bertscher, H.: Design, Calibration and Field Performance of Miniature Diffusion Size Classifier, *Aerosol Science and Technology*, 45, 1–10, 2010.
- Fierz, M., Keller, A., and Bertscher, H.: Charge-based personal aerosol samplers, *Inhalation Toxicology*, 21 (S1), 30–34, 2009.
- Franck, U., Odeh, S., Wiedensohler, A., Wehner, B., and Herbarth, O.: The effect of particle size on cardiovascular disorders—The smaller the worse, *Science of the Total Environment* 409, 4217–4221, 2011.
- Franck, U., Herbarth, O., et al.: Respiratory effects of indoor Particles in young children are size dependent *Science of the Total Environment* 409, 1621–1631, 2011.
- Gehr, P., Bachofen, M., and Weibel, E. R.: The normal human lung: ultrastructure and morphometric estimation of diffusion capacity. *Respir. Physiol.* 32. 121–140, 1978.
- Geiser, M., Rothen-Rutishauser, B. M., Kapp, N., Schurch, S., Kreyling, W., Schulz, H., Semmler, M., Im Hof, V., Heyder, J., and Gehr, P.: Ultrafine particles cross cellular membranes by non-phagocytic mechanisms in lungs and in cultured cells. *Environ. Health Perspect.* 113: 1555–1560, 2005.
- Nel, A., Xia, T., Madler, L., and Li, N.: Toxic Potential of Materials at the Nanolevel, *Science* 3 February, 311, 5761, 622–627, 2006.
- Oberdorster, G., Oberdorster, E., Oberdorster, J.: Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles, *Environ Health Perspect.* 113 (7): 823–839, 2005.
- Rothen-Rutishauser, B., Schurch, S., and Gehr, P.: Interaction of particles with membranes. In: *The toxicology of particles*. Eds. Ken Donaldson and Paul Borm. Taylor & Francis Group, LLC, CRC Press, Boca Raton, pp. 139–160, 2007.
- Schwartz, J., and Neas, L.: Fine particles are more strongly associated than coarse particles with acute respiratory health effects in schoolchildren, *Epidemiology*; 11 (1): 6–10, 2000.
- Semmler, M., Seitz, J., Erbe, F., Mayere, P., Heyder, J., Oberdorster, G., and Kreyling, W. G.: Long-term clearance kinetics of inhaled ultrafine insoluble iridium particles from the rat lung, including transient translocation into secondary organs. *Inhal. Toxicol.* 16: 453–459, 2004.

**Editore**

ATA Associazione traffico e ambiente

Aarberggasse 61

Casella postale 8676

3001 Berna

Tel. 0848 611 612 (tariffa normale)

[www.ata.ch](http://www.ata.ch)

[www.pm10.ch](http://www.pm10.ch)