

# Le polveri fini fanno ammalare

In Svizzera tre milioni di persone respirano troppe polveri fini

No al diesel senza filtro

Meno fuliggine diesel = meno decessi per cancro



Ufficio federale  
dell'ambiente,  
delle foreste e  
del paesaggio  
UFAFP



## Troppe polveri fini nelle città e negli agglomerati

*Negli ultimi 20 anni la Svizzera ha compiuto numerosi passi per ridurre il carico di inquinanti atmosferici nocivi per la salute. Nel nostro Paese, quindi, la qualità dell'aria è andata progressivamente migliorando. Le concentrazioni di sostanze proble-*

*matiche come il biossido di zolfo, il monossido di carbonio, il piombo o il cadmio nell'aria che respiriamo sono diminuite in modo significativo.*

*Nonostante tutti questi successi, tuttavia, è ancora presto per tirare un sospiro di sollievo. I valori limite fissati nell'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico per le polveri fini, il biossido di azoto e l'ozono vengono superati regolarmente in vaste aree del Paese. I più colpiti sono i tre milioni di persone che abitano nelle città e negli agglomerati o lungo le strade molto trafficate, dove l'aria presenta un carico eccessivo di polveri fini respirabili.*

*Le particelle microscopiche di queste polveri, come ad esempio la cancerogena fuliggine diesel, non solo si depositano nei polmoni ma possono addirittura raggiungere i vasi sanguigni, favorendo numerose malattie in parte molto gravi. Ogni anno soltanto in Svizzera si registrano più di 3'700 morti premature dovute all'inquinamento atmosferico. Inoltre, poiché le aspettative di vita delle persone colpite si riducono, vanno persi annualmente 40'000 anni di vita.*

*Il carico di polveri fini presente nell'aria che respiriamo è perciò uno dei problemi ambientali più gravi, soprattutto nelle regioni densamente popolate. Per proteggere la nostra salute, nei prossimi anni sarà necessario dimezzare le emissioni odierne di questo inquinante e ridurre il più possibile la fuliggine prodotta dai motori diesel. La politica, l'economia e la società sono quindi invitate a sfruttare al più presto tutte le possibili misure tecniche ed organizzative per ridurre le emissioni di polveri fini, come ad esempio l'installazione di filtri antiparticolato nei motori diesel.*

*Nelle aree urbane, dove si registra il maggior numero di persone colpite, queste misure si rivelano particolarmente efficaci. Costano, ma vale la pena adottarle. Oggi, infatti, le polveri fini non solo sono una causa di sofferenza ma comportano anche costi sanitari per circa 4,2 miliardi di franchi all'anno.*

**Philippe Roch**  
Direttore dell'UFAFP



### 3 Le polveri fini fanno ammalare

In Svizzera ogni anno si registrano più di 3'700 morti premature dovute all'inquinamento atmosferico. Le polveri fini sono la causa principale.

### 6 Tre milioni di persone respirano troppe polveri fini

Un buon 40 per cento della popolazione svizzera è esposto ad un carico di polveri fini eccessivo, soprattutto nelle città.

### 8 Non tutte le polveri sono ugualmente pericolose

Le polveri fini provengono da numerose fonti. Le più pericolose sono le particelle di fuliggine.

### 10 Combattere il cancro ai polmoni con i filtri antiparticolato

Dei filtri antiparticolato adeguati riducono i rischi per la salute legati ai motori diesel. Trattengono infatti oltre il 99% delle particelle di fuliggine.



### 12 No al diesel senza filtro

Gli autocarri e le automobili diesel sono i maggiori responsabili del rischio di cancro nelle città. I filtri antiparticolato possono essere un valido rimedio.

### 14 Chi inquina deve contribuire

La varietà delle fonti di emissione richiede un ampio spettro di misure per la riduzione delle polveri fini. Anche i riscaldamenti a legna sono sotto accusa.

### 16 Suggerimenti

Consigli per ridurre le polveri fini nella vita di tutti i giorni  
Nota editoriale

# Le polveri fini nuocciono alla salute

Oggi le polveri fini presenti nell'aria sono uno dei problemi ambientali più gravi per quanto riguarda la salute. Ogni anno soltanto in Svizzera si registrano più di 3'700 morti premature dovute all'inquinamento atmosferico.

Ogni volta che respiriamo, forniamo ossigeno al nostro organismo. Senza questo apporto di aria pulita la nostra vita si spegnerebbe nel giro di pochi minuti. L'aria altamente inquinata compromette numerose funzioni dell'organismo, favorisce l'insorgere di molte patologie e, nel peggiore dei casi, provoca la morte prematura.

Al fine di proteggere la salute e l'ambiente, per alcune sostanze il Consiglio federale ha fissato nell'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico dei valori limite che non devono essere superati. La definizione di tali limiti si è basata sui risultati scientifici di numerosi studi relativi alle conseguenze degli inquinanti atmosferici. Nonostante i notevoli progressi compiuti negli ultimi due decenni, i valori limite d'immissione relativi alle polveri fini, al biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) e all'ozono continuano tuttavia ad essere superati.

## Infiammazioni respiratorie

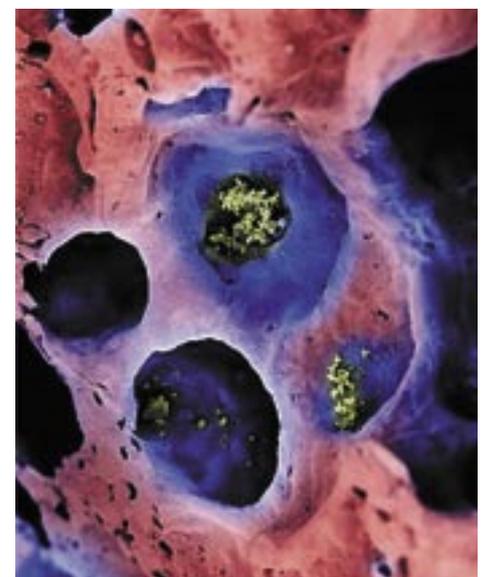
Le particelle di polveri fini con un diametro inferiore a 10 micrometri ( $\mu\text{m}$ ), note anche come particolato  $\text{PM}_{10}$ , sono quelle più

pericolose. Mentre le particelle più grosse vengono filtrate già a livello del naso o si depositano nella faringe, quelle più fini penetrano nella trachea fino a raggiungere i bronchi e i bronchioli, dove provocano reazioni infiammatorie esponendo il sistema immunitario delle categorie più a rischio, come i malati, i bambini e gli anziani, ad uno stress permanente. L'irritazione costante causata da tosse ed espettorazione restringe le vie respiratorie e comporta casi frequenti di bronchite, asma e dispnea. Più l'aria è inquinata, più si riducono i periodi senza disturbi.

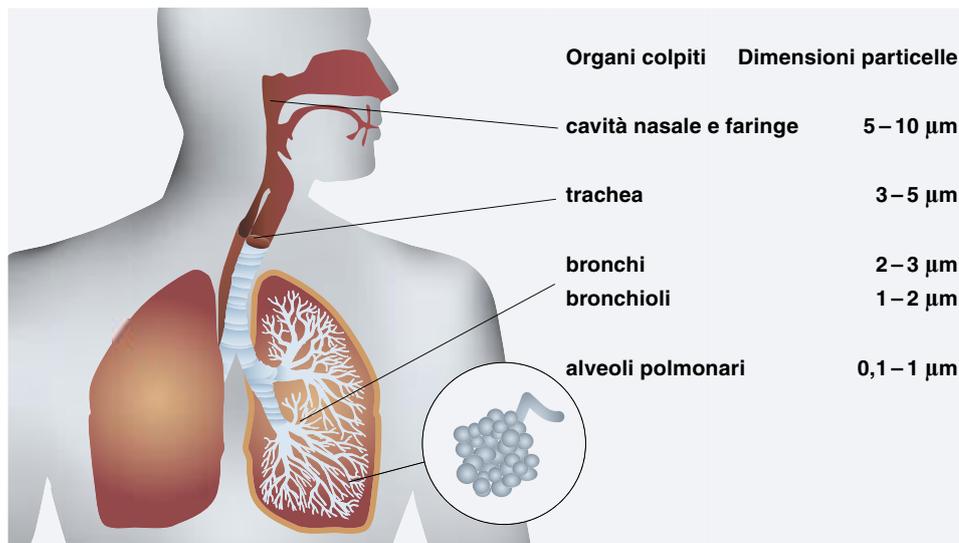
## Più polveri fini = più malati

Lo studio svizzero SAPALDIA, a cui hanno partecipato quasi 10'000 adulti fra il 1991 e il 1993, ha ampiamente confermato i risultati delle indagini epidemiologiche condotte all'estero. Ha in particolare dimostrato che, in presenza di forti concentrazioni di polveri sospese e di ossidi di azoto nell'aria ambiente, la funzione polmonare viene compromessa e i problemi alle vie respiratorie aumentano. Nelle regioni più

inquinata, le persone affette da bronchite e asma hanno lamentato con maggiore frequenza disturbi alle vie respiratorie e i loro periodi asintomatici sono risultati più brevi rispetto a quelli degli abitanti delle zone meno esposte. A Ginevra e Lugano, dove la concentrazione media annua di  $\text{PM}_{10}$  su-



Particelle di fuliggine molto frastagliate (in verde) in un polmone umano.



**Organi dell'apparato respiratorio attaccati dalle polveri fini: più le particelle sono piccole, più penetrano in profondità nel sistema polmonare.**

perava di 20 microgrammi abbondanti per metro cubo d'aria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) quella registrata a Montana o a Davos, la percentuale delle persone colpite con una funzione polmonare ridotta è risultata doppia rispetto a quella delle altre zone.

### Effetti sulla crescita polmonare

Anche tra i bambini, le malattie infettive delle vie respiratorie come la bronchite acuta, i sintomi influenzali e la tosse cronica si presentano con una maggiore frequenza negli individui che vivono in zone dove le concentrazioni di polveri fini e di ossidi d'azoto nell'aria ambiente sono più elevate. Ciò è confermato da una ricerca condotta nel 1993 nell'ambito dello studio SCARPOL su 4'400 bambini in età scolare residenti in dieci regioni svizzere.

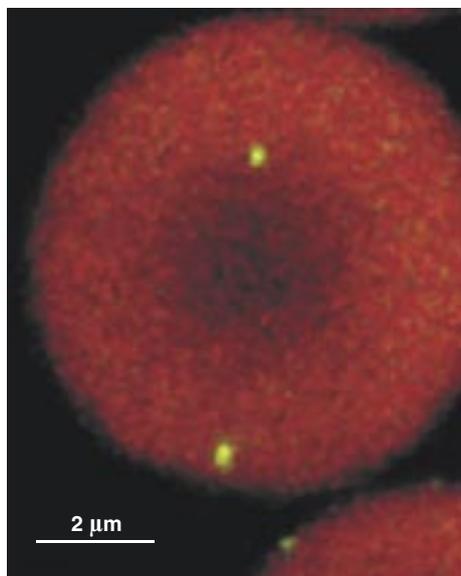
Nel quadro di ricerche effettuate in California è stato inoltre osservato che i polmoni dei bambini che vivono in zone inquinate sono caratterizzati da una crescita ridotta, la quale inizia ad aumentare quando i soggetti colpiti si trasferiscono in una regione meno inquinata.

Gli studi più recenti condotti nell'ambito dei progetti SAPALDIA (2002/03) e SCARPOL (2001/02) mostrano che le condizioni di salute dei bambini e degli adulti migliorano in modo relativamente rapido se diminuisce il tenore di inquinanti atmo-

sferici. Pertanto, le misure per migliorare la qualità dell'aria hanno un influsso positivo e misurabile sulla salute della popolazione.

### Particelle finissime nel sangue

Più le particelle inalate sono fini, più aumenta la loro pericolosità. Le particelle più piccole raggiungono anche gli alveoli polmonari, dove possono entrare nei tessuti, nelle cellule e addirittura nel nucleo cellulare, che contiene il materiale gene-



**Le polveri fini entrano anche nel sangue: rilevamento al microscopio di particelle ultrafini (in giallo) nei globuli rossi.**

### Che cosa sono le polveri fini?

Le polveri fini sono composte da particelle con un diametro inferiore a 10 millesimi di millimetro (micrometri), pari a circa un decimo del diametro di un capello. Da un lato, tali inquinanti atmosferici, noti anche come particolato PM 10, vengono liberati nell'aria sotto forma di particelle primarie, come ad esempio quelle che si formano in seguito alla combustione incompleta di carburanti e combustibili, ai processi industriali o all'abrasione di pneumatici, rivestimenti stradali e binari ferroviari.

Accanto a queste esistono poi le particelle secondarie, che si formano nell'aria a partire da precursori gassosi come l'ammoniaca, gli ossidi di azoto, il biossido di zolfo e i composti organici.

Le polveri fini sono costituite da diversi composti chimici. Particolarmente nocive per la salute sono le piccolissime particelle di fuliggine diesel con un diametro di soli 100 milionesimi di millimetro. La fuliggine comprende tutte le particelle primarie contenenti carbonio (o carboniose) generate da un processo di combustione incompleto. La struttura molto frastagliata di queste particelle sottili fa sì che vi si depositino (mediante il cosiddetto adsorbimento) altre sostanze tossiche come per esempio gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Nelle zone particolarmente esposte vengono inalate ad ogni respiro circa 50 milioni di particelle, una quantità che si riduce di dieci volte nelle aree poco inquinate. Più le particelle sono piccole, più riescono a penetrare in profondità fino alle più sottili ramificazioni dei polmoni, per poi raggiungere, in parte, i vasi linfatici e sanguigni.

tico. Sempre dagli alveoli possono inoltre raggiungere i vasi sanguigni, modificando il flusso del sangue. «Attraverso il sangue le particelle più sottili possono poi distribuirsi in tutto l'organismo», spiega il professor Peter Gehr dell'Istituto di Anatomia dell'Università di Berna. «Con una superficie di circa 140 metri quadrati, il polmone umano rappresenta un'enorme porta aperta

## Casi di decesso in Svizzera nel 2000

| Cause selezionate                        | Numero di casi (cifre arrotondate) |
|--|------------------------------------|
| <b>casi di decesso complessivi</b>       | <b>62'500</b>                      |
| inquinamento atmosferico da polveri fini | 3'700                              |
| inquinamento atmosferico da ozono        | da 100 a 200                       |
| incidenti stradali                       | 600                                |
| suicidi                                  | 1'400                              |
| fumo                                     | da 8'000 a 10'000                  |
| alcool (cirrosi epatica)                 | 400                                |

Fonti: ARE, EKL, UST

## Anni di vita persi e casi di malattia in seguito all'inquinamento atmosferico da polveri fini nel 2000

| Impatto sulla salute                                      | Numero di casi (cifre arrotondate) |
|---|------------------------------------|
| <b>anni di vita persi</b>                                 | <b>42'400</b>                      |
| patologie respiratorie: giorni di ospedalizzazione        | 5'900                              |
| patologie cardio-circolatorie: giorni di ospedalizzazione | 9'800                              |
| bronchite cronica negli adulti                            | 1'000                              |
| bronchite acuta nei bambini                               | 39'000                             |
| attacchi di asma negli adulti                             | 41'100                             |
| giornate con limitazioni della normale attività           | 1'773'800                          |

Fonte: ARE

per queste particelle fini», continua Gehr. In diversi organi, come ad esempio il fegato, i reni e il cuore, i tessuti sono in grado di assorbire tali inquinanti. Secondo il professor Gehr le particelle fini possono raggiungere addirittura le cellule nervose del cervello attraverso i nervi olfattivi.

**Riduzione dell'aspettativa di vita**

L'elenco delle conseguenze per la salute non comprende perciò solo le malattie

dell'apparato respiratorio, come dispnea, tosse cronica, bronchite, infezioni polmonari e cancro ai polmoni, ma anche patologie a carico dell'apparato cardio-circolatorio. Come mostrano degli studi condotti in Olanda e a Boston, il rischio d'infarto cresce con l'aumentare del tasso d'inquinamento da polveri fini.

Le conseguenze di tutti questi disturbi fisici causati dall'aria inquinata sono un maggior ricorso a visite mediche d'urgenza, un aumento dei ricoveri ospedalieri e una ridu-

zione generale dell'aspettativa di vita.

Secondo le stime dell'Organizzazione mondiale della sanità (OMS), in Europa ogni anno muoiono 280'000 persone a causa dell'inquinamento da PM10. In uno studio del 2004 relativo ai costi sanitari esterni provocati dall'inquinamento atmosferico dovuto al traffico, l'Ufficio federale dello sviluppo territoriale (ARE) ha calcolato che, in Svizzera, oltre 3'700 casi di morte prematura all'anno sono attribuibili all'eccessivo carico di polveri fini. In 300 casi si tratta di persone morte di cancro ai polmoni e in 20 di decessi di lattanti.

Sono quasi 1'400 le vittime degli inquinanti prodotti principalmente dal traffico stradale. In questo modo vanno persi più di 15'000 anni di vita, una perdita annua pressoché uguale a quella dovuta alle 500-600 vittime degli incidenti stradali. Complessivamente, l'inquinamento atmosferico da polveri fini genera costi sanitari non coperti dell'ordine di 4,2 miliardi di franchi all'anno.

**La fuliggine diesel è cancerogena**

La fuliggine prodotta dai motori diesel è una componente particolarmente tossica della miscela di polveri fini. Le piccolissime particelle esercitano un'azione cancerogena e sarebbero responsabili della maggior parte dei casi di cancro ai polmoni dovuti all'inquinamento atmosferico.



Con l'aumento del carico di polveri fini cresce anche il rischio di infarto cardiaco e di malattie dell'apparato cardio-circolatorio. Conseguenze: più operazioni al cuore e più morti premature.

**LINK**

- [www.ambiente-svizzera.ch/aria](http://www.ambiente-svizzera.ch/aria)  
> Temi > Ripercussioni
- [www.sapaldia.ch](http://www.sapaldia.ch)
- [www.euro.who.int/cehbonn](http://www.euro.who.int/cehbonn)

Un buon 40 per cento della popolazione svizzera, ovvero circa tre milioni di persone, respira regolarmente troppe polveri fini nocive per la salute. Le persone esposte vivono in zone densamente abitate o lungo le strade molto trafficate, dove spesso i valori limite consentiti vengono ampiamente superati.



## Tre milioni di persone respirano troppe polveri fini

Il grave rischio per la salute rappresentato dalle polveri fini è noto alle autorità ambientali in tutta la sua portata sin dagli anni '90. Per far fronte a questo "nuovo" pericolo, il Consiglio federale ha inasprito in quel periodo le disposizioni dell'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA), introducendo per la prima volta anche un valore limite d'immissione per le polveri fini (PM10) sulla base degli effetti di questo inquinante. Per quanto riguarda la media annua, dal 1° marzo 1998 vige un limite

di 20 microgrammi per ogni metro cubo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) d'aria. Inoltre, la media giornaliera di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  può essere superata al massimo una volta all'anno.

Dal 1° gennaio 2005 anche l'Unione europea ha introdotto una media giornaliera di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Attualmente, tale valore può essere superato al massimo 35 volte all'anno, un obiettivo che non viene però raggiunto nelle città. La media annua consentita nell'UE è ancora di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . L'Unione europea prevede tuttavia una procedura a tappe, con un

progressivo inasprimento dei limiti. I valori limite fissati in Svizzera sulla base degli effetti delle polveri fini e gli obiettivi perseguiti dall'UE sono pertanto comparabili.

### Superamento massiccio dei valori limite

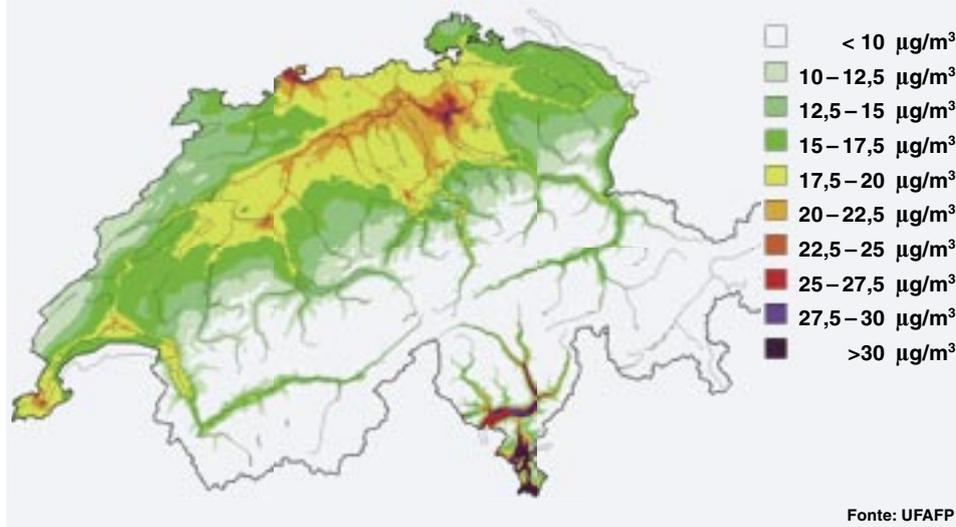
Come mostrano i risultati misurati dalla Rete nazionale d'osservazione degli inquinanti atmosferici (NABEL), il carico di polveri fini, soprattutto nell'area urbana delle città svizzere con un traffico elevato ma anche nelle zone rurali lungo le strade molto trafficate, supera decisamente i valori limite vigenti. Nei centri inquinati, ad esempio, la media annua è in alcune zone quasi doppia rispetto a quella consentita.

In una strada molto frequentata e racchiusa fra edifici, il valore medio giornaliero massimo misurato nel 2003 era pari a  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le concentrazioni di PM10 aumentano soprattutto in inverno, quando si registrano inversioni termiche senza ricambio d'aria. In assenza di vento, in questa stagione i gas di scarico si accumulano spesso come se fossero sotto un coperchio, e il carico di polveri fini rimane così, anche per settimane, al di sopra del valore medio giornaliero consentito. Nel 2003, le misurazioni della Rete NABEL nelle città e negli agglomerati urbani hanno rilevato, a seconda delle sta-



Per chi abita in prossimità di strade molto trafficate, il rischio di morire in seguito a malattie cardiache e polmonari è maggiore.

## Carico medio di polveri fini nel 2000 (valori medi annui)



Tenori critici di PM10 si registrano soprattutto in Ticino e nelle grandi aree urbane, dove il carico di polveri fini supera il valore limite di 20 microgrammi per metro cubo d'aria prescritto dall'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico.

zioni, dai 20 agli 80 superamenti, e anche nelle zone rurali i tenori di PM10 sono rimasti per 20-25 giorni al di sopra del limite prescritto dall'OIA.



I bambini piccoli, con il loro sistema immunitario non ancora completamente sviluppato, fanno parte delle categorie a rischio che, in caso di un elevato carico di PM10 nell'aria, soffrono più frequentemente di infezioni all'apparato respiratorio.

**Forte inquinamento in Ticino**

Particolarmente colpito dall'inquinamento da polveri fini è il Ticino. Ciò è da ricondurre alle elevate emissioni locali di inquinanti, all'apporto di aria molto inquinata dalla vicina Pianura Padana e ai frequenti periodi di smog estivo e invernale a Sud delle Alpi. L'esposizione media annua della popolazione del Ticino meridionale al PM10 supera di 10 µg/m³ quella del resto della Svizzera.

A livello nazionale, l'inquinamento atmosferico causato dalle polveri fini respirabili è costantemente diminuito a partire dalla metà degli anni '90. Nonostante questa regressione, tuttavia, anche a Nord delle Alpi si continuano a registrare notevoli aumenti della concentrazione di polveri fini, e ciò soprattutto nelle grandi aree urbane di Zurigo, Basilea, Berna e Ginevra e lungo le più importanti autostrade. Nel 2000, il 40 per cento della popolazione svizzera, ovvero circa tre milioni di persone, è stato esposto a un carico di PM10 nocivo per la salute e superiore ai limiti prescritti dall'OIA.

**Aria insalubre vicino alle strade**

Come dimostra un recente studio epidemiologico condotto nei Paesi Bassi, l'aspetta-

tiva di vita non è influenzata soltanto dal carico medio di polveri fini di una città ma anche dalla zona dove si risiede. Secondo lo studio, chi abita in prossimità di un'autostrada, in un raggio di 100 metri di distanza, corre un rischio doppio di morire per malattie cardiache e polmonari rispetto a chi vive ad una distanza maggiore dalle strade molto trafficate.

Nei luoghi molto inquinati, le categorie a rischio come i bambini, i malati cronici, le persone con sistema immunitario indebolito e gli anziani soffrono con una maggiore frequenza di patologie dell'apparato respiratorio e di altri disturbi. Inoltre aumentano i casi di morte prematura. «Per far scendere il carico di polveri fini al di sotto del valore limite e ridurre sensibilmente i pericoli per la salute, le emissioni di polveri fini devono essere dimezzate il più rapidamente possibile», spiega Peter Straehl della divisione Aria, RNI, Sicurezza dell'UFAPP, il quale aggiunge che «vanno inoltre ridotte drasticamente le emissioni di fuliggine cancerogena».

**Categorie professionali a rischio**

«Le persone che abitano in prossimità delle principali arterie di comunicazione o che lavorano a contatto con i motori diesel sono particolarmente a rischio», afferma Regula Rapp, medico dell'Istituto di medicina sociale e preventiva dell'Università di Basilea. «Un'indagine condotta in Svizzera ha dimostrato che gli autisti professionisti muoiono di cancro ai polmoni con una frequenza quasi doppia rispetto a quella della popolazione media, tenendo conto anche degli effetti del fumo». Secondo altri studi condotti in Germania, il rischio di cancro è particolarmente elevato anche per i conducenti di scavatrici, bulldozer e altri veicoli con motori diesel potenti e aumenta proporzionalmente alla durata di svolgimento della professione.

**LINK**

- [www.ambiente-svizzera.ch/aria](http://www.ambiente-svizzera.ch/aria)  
> Inquinamento atmosferico
- [www.cerclair.ch](http://www.cerclair.ch)

Negli anni scorsi le emissioni di PM10 sono costantemente diminuite in Svizzera. Tuttavia, ogni anno vengono liberate nell'aria ancora circa 21'000 tonnellate di polveri fini provenienti da numerose fonti. Ma i soli dati relativi al peso delle particelle non dicono tutto sulla loro pericolosità.

## Non tutte le particelle sono ugualmente pericolose

Le particelle di polvere più grosse vengono filtrate a livello del naso, mentre quelle con un diametro inferiore a 10 micrometri, il cosiddetto PM10, possono raggiungere le vie respiratorie. Le particelle con un diametro pari o inferiore a un micrometro raggiungono gli alveoli polmonari e possono causare infiammazioni. Questo vale anche per le particelle finissime con un diametro inferiore a 0,1 micrometri, come ad esempio quelle della fuliggine diesel. Attraverso gli alveoli polmonari tali particelle confluiscono nel sangue e si depositano praticamente in tutti gli organi.

### Il peso non dice tutto

Un solo metro cubo d'aria altamente inquinata può contenere oltre 100 miliardi di particelle finissime. Il peso totale delle emissioni di polveri fini è un buon indicatore dell'inquinamento atmosferico, ma non dice tutto sulla pericolosità del carico di PM10.

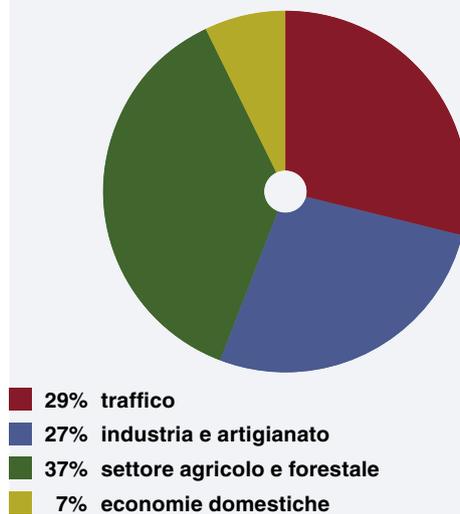
Grazie agli sforzi compiuti per ridurre le emissioni generali di inquinanti prodotte dalle attività industriali e artigianali, dagli impianti a combustione e dai veicoli a motore, in Svizzera le emissioni di PM10 sono diminuite costantemente negli anni scorsi, raggiungendo le attuali 21'000 tonnellate all'anno.

### Cocktail di vari inquinanti

Oltre alle dimensioni delle particelle, varia anche la loro composizione chimica. Almeno 9'000 tonnellate, pari al 44 per cento delle emissioni annue di PM10, ne vengono liberate durante i processi di combustione.

#### Origine delle emissioni di polveri fini nel 2000

Quantità totale di PM10: circa 21'000 t



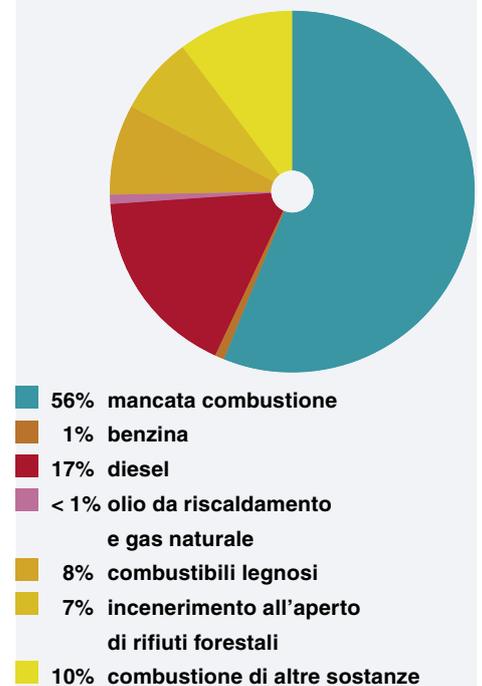
Fonte: UFAFP

Si tratta principalmente di aerosol di fuliggine provenienti dagli scarichi dei motori diesel e di particelle emesse da piccoli impianti a combustione a legna e da focolari aperti.

Le restanti polveri fini sono composte da particelle primarie che si formano in segui-

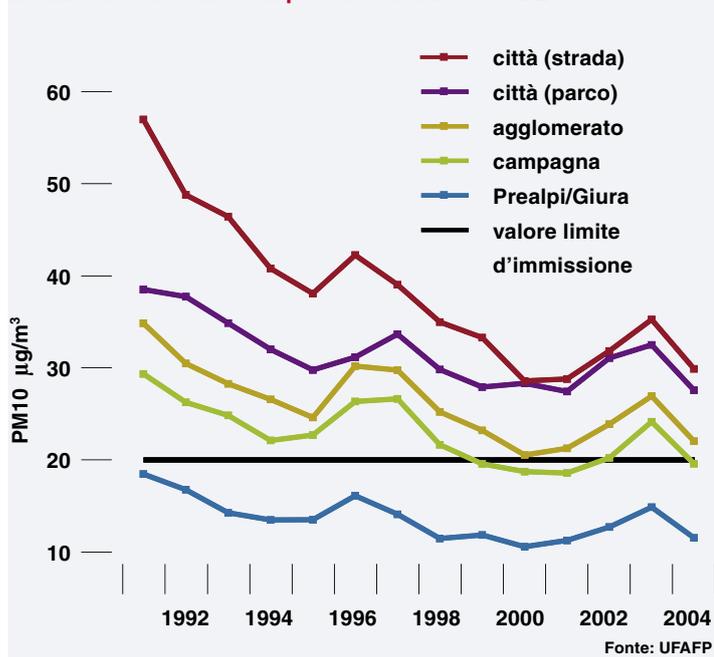
#### Fonti delle emissioni di polveri fini nel 2000

Quantità totale di PM10: circa 21'000 t

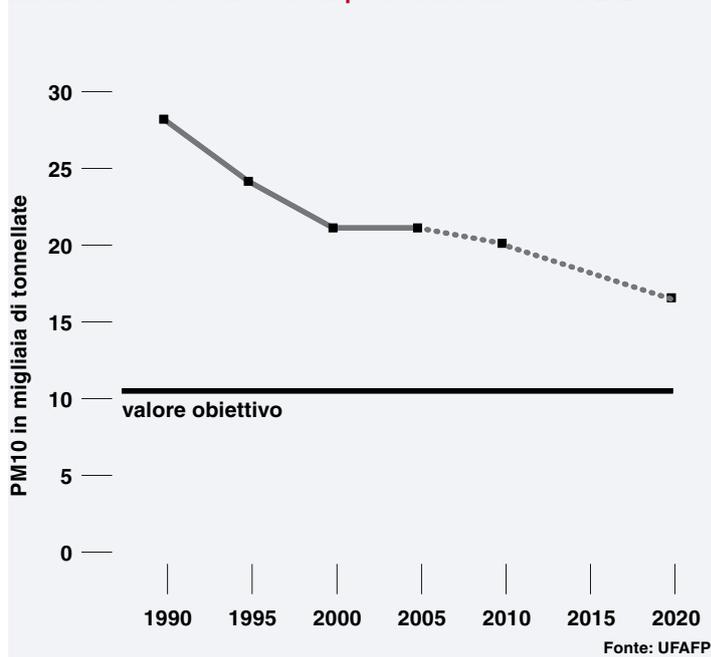


Fonte: UFAFP

Andamento del carico di polveri fini dal 1991 al 2004



Andamento delle emissioni di polveri fini dal 1990 al 2020



Nonostante la diminuzione del carico di PM10 registrata negli scorsi anni, le odierne emissioni di polveri fini (circa 21'000 tonnellate) devono essere ancora ridotte di circa la metà per proteggere la popolazione come prescritto dalla legge.

to ad abrasione e al risollevarsi delle polveri precedentemente depositate al suolo. È ad esempio il caso del traffico stradale, dove i freni, i pneumatici e i rivestimenti

delle strade liberano tonnellate di particelle nell'aria a causa del cosiddetto stress meccanico. Oltre al materiale geologico proveniente da cave di pietra e di ghiaia o da cantieri e alle particelle di origine biologica, altre componenti importanti delle polveri fini sono poi i metalli pesanti, gli idrocarburi organici, i nitrati, l'ammonio e i solfati. Una parte di queste polveri si forma solo nell'atmosfera in seguito a reazioni chimiche che trasformano i gas precursori in particelle. Poiché presentano una superficie molto grande rispetto al loro volume, le particelle più piccole sono in grado di provocare più facilmente delle reazioni all'interno dei polmoni.

momentanei dei valori limite è possibile dedurre che le emissioni odierne di PM10 in Svizzera devono essere all'incirca dimezzate per poter rispettare i valori limite prescritti dall'OIA». Considerata la portata transfrontaliera dell'inquinamento da polveri fini, è necessario che anche i nostri Paesi vicini riducano le loro emissioni più o meno nella stessa misura.



Le misure per la riduzione delle emissioni di PM10 vanno soprattutto a vantaggio della salute della popolazione.

**L'obiettivo è dimezzare le emissioni**

La varietà delle fonti di emissione di particelle primarie e l'ampia gamma di inquinanti precursori dai quali si formano le particelle secondarie richiedono un pacchetto di misure per ridurre il carico di PM10. «La relazione fra emissione di inquinanti e carico di polveri fini è stata dimostrata scientificamente», spiega Peter Straehl dell'UFAFP. «Sulla base dei superamenti

**Ridurre al minimo la fuliggine diesel**

Le particelle di fuliggine diesel, che con una quota di PM10 pari a circa il 17 per cento rientrano nella categoria degli aerosol prodotti dalla combustione, richiedono interventi molto più estesi. Poiché queste sostanze sono cancerogene, non esiste alcuna soglia di tolleranza. In questo caso s'impone perciò l'obbligo di ridurre le emissioni al minimo.

**LINK**

- [www.ambiente-svizzera.ch/aria](http://www.ambiente-svizzera.ch/aria) Inquinanti > Polveri fini respirabili
- [www.aefu.ch](http://www.aefu.ch) > Themen > Luft > Mehr Info > Feinpartikel



## Combattere il cancro ai polmoni con i filtri antiparticolato

I gas di scarico dei motori diesel sono fra le componenti più pericolose delle polveri fini. Grazie a dei buoni filtri antiparticolato, in grado di trattenere oltre il 99 per cento delle particelle di fuliggine cancerogene, è tuttavia possibile ridurre il rischio per la salute.

Nel 1987 l'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) ha classificato per la prima volta la fuliggine diesel come sostanza cancerogena. Dal 1994, anche l'Istituto nazionale svizzero di assicurazione contro gli infortuni (Suva) riporta questo inquinante nel proprio elenco di sostanze cancerogene. Per proteggere i lavoratori dal cancro ai polmoni e da altre patologie, la Suva prescrive una concentrazione massima sul posto di lavoro (valore MAK) di 0,1 milligrammi o 100 microgrammi di carbonio per metro cubo d'aria.

Soprattutto nella costruzione delle gallerie, i lavoratori sono stati esposti per decenni ad un carico inquinante decisamente superiore, pari a diverse centinaia di microgrammi. I motivi principali sono da ricercare nell'utilizzo di un elevato numero di macchine potenti in combinazione con un apporto d'aria insufficiente nei cantieri sotterranei.

Le misurazioni dei gas di scarico di un motore diesel privo di filtro antiparticolato hanno rilevato alte concentrazioni di particelle ultrafini, che raggiungono anche i 10 milioni per ogni centimetro cubo d'aria. Lo scarico emette una miscela composta da diverse centinaia di inquinanti gassosi, solidi e liquidi.

### Oltre il 99 per cento di particelle finissime in meno

Insieme ad organizzazioni partner tedesche e austriache, negli anni '90 la Suva ha cercato delle soluzioni tecniche per poter proteggere meglio dagli inquinanti aggressivi i lavoratori all'interno delle gallerie. I test pratici effettuati all'epoca hanno mostrato che le particelle finissime, particolarmente pericolose, potevano essere ridotte di oltre il 99 per cento installando dei filtri antiparticolato anche sulle macchine da cantiere più vecchie. Per i lavori sotterranei, come ad esempio nei cantieri NFTA, dal 1° marzo 2000 l'impiego di tali filtri è obbligatorio. In generale, in questo settore possono ora essere utilizzate soltanto macchine con motore diesel dotato di un filtro efficace.

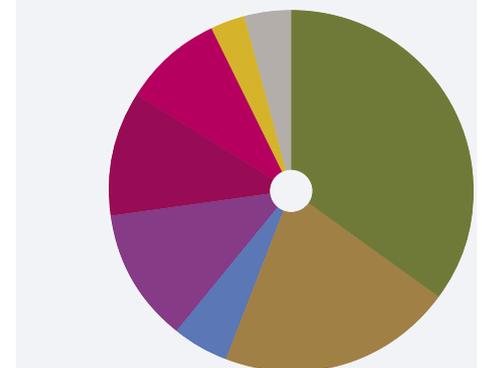
### Progressi per le macchine da cantiere

I gas di scarico dei motori diesel sono nocivi non solo nei cantieri sotterranei ma anche in quelli in superficie. Soprattutto in prossimità di scavi dove l'aerazione è insufficiente o in generale in assenza di vento, possono formarsi delle vere e proprie cappe di sostanze nocive. A risentirne sono soprattutto gli operai, ma anche la popolazione e i passanti.

Secondo l'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico (OIA), i cantieri di lunga durata sono da considerarsi impianti stazionari. Analogamente a quanto avviene per le attività industriali e artigianali, anche in tale ambito le autorità ambientali possono perciò disporre adeguate misure per ridurre

### Origine delle emissioni di fuliggine dei motori diesel nel 2005

Quantità totale di fuliggine (frazione del PM10): circa 3'500 tonnellate



Fonte: UFAFP



Nei grandi cantieri sono sempre di più le macchine munite di filtri antiparticolato. Questa misura di protezione dell'aria tutela soprattutto gli operai, ma anche la salute di residenti e passanti.

L'emissione di inquinanti. Le relative prescrizioni sono state fissate nella Direttiva aria cantieri, in vigore dal settembre 2002. Tale direttiva esige tra l'altro che le macchine da cantiere con una potenza superiore a 18 chilowatt siano munite di filtro antiparticolato a partire dal settembre 2005. L'obbligo vale solo per i cantieri più grandi, determinati sulla base di criteri quali durata, ubicazione, superficie e cubatura. Nell'UE è prevista l'introduzione di limiti severi per i gas di scarico al fine di contene-

re le emissioni dei motori mobili off-road (ad es. quelli delle macchine da cantiere), ma soltanto a partire dal 2011. I singoli Stati membri hanno tuttavia la facoltà di promuovere lo sviluppo di sistemi non inquinanti anche prima di tale data.

### Il filtro conviene

Delle complessive 48'000 macchine da cantiere presenti in Svizzera, 15'000 dovranno essere munite di filtro antiparticolato



Le prime macchine da cantiere munite di filtri antiparticolato sono state impiegate nella costruzione delle gallerie per proteggere i lavoratori.

## Quando le difese immunitarie sono inefficaci

Generalmente l'apparato respiratorio dell'uomo dispone di efficaci meccanismi di difesa per impedire che le sostanze estranee indesiderate raggiungano i polmoni. La polvere che entra viene trattenuta sulle superfici umide e le sottili ciglia vibratili trasportano costantemente il muco verso la faringe. In caso di eccessiva sollecitazione, un sensibile "sistema d'allarme" provvede a pulire le vie respiratorie anche mediante starnuti e tosse. I piccoli alveoli polmonari sono privi delle ciglia vibratili che provvedono alla rimozione delle sostanze estranee, ma presentano dei fagociti mobili che assorbono particelle e microrganismi scomponendoli o rimuovendoli. Tuttavia, in presenza delle minuscole particelle di fuliggine, il sistema immunitario spesso è inefficace, poiché le particelle più fini riescono a sfuggire al suo controllo.

to dal settembre 2005. Con un costo medio di 20'000 franchi per ogni filtro, il settore dell'edilizia deve investire 300 milioni di franchi.

Grazie ai filtri antiparticolato installati, tuttavia, tra il 2005 e il 2020 verranno liberate nell'aria almeno 3'400 tonnellate di particelle di fuliggine in meno. In questo modo sarà possibile evitare, tra l'altro, circa 700 morti premature (di cui circa 200 per cancro ai polmoni), più di 7'000 casi di bronchite acuta nei bambini e circa 7'100 attacchi d'asma negli adulti. Il risparmio in termini di costi sanitari ammonta a 1,6 miliardi di franchi ed è perciò di oltre cinque volte superiore agli investimenti necessari per i filtri antiparticolato.

### LINK

- [www.ambiente-svizzera.ch/aria](http://www.ambiente-svizzera.ch/aria)  
> Prescrizioni > Industria e artigianato  
> Cantieri edili
- [www.akpf.org](http://www.akpf.org)
- [www.suva.ch](http://www.suva.ch) > Termine di ricerca  
> Filtri antiparticolato
- [www.baupunktumwelt.ch](http://www.baupunktumwelt.ch) > Luft > FAQ

Gli autocarri e le automobili diesel sono fra i maggiori responsabili del rischio di cancro provocato da inquinanti atmosferici nelle zone densamente abitate. Un'automobile diesel senza filtro antiparticolato inquina come 1'000 auto a benzina convenzionali.



## No al diesel senza filtro

Nel 2004 circolavano in Svizzera 320'000 automobili diesel. Dal 1997 ad oggi, il loro numero è più che triplicato. Rispetto agli altri Paesi europei, la quota di vetture diesel sul totale delle automobili in circolazione, ovvero l'8,4% su 3,8 milioni di unità, è ancora limitato. Tuttavia, le vendite di auto diesel stanno aumentando rapidamente nel nostro Paese. Nel 2004 il 26 per cento delle auto nuove disponeva di una trazione diesel.

### Diesel senza filtro: bilancio negativo

Paragonati ai nuovi motori a benzina, i moderni motori diesel consumano, in condizioni simili, circa il 20-30 per cento in meno di carburante. Le loro emissioni di CO<sub>2</sub> sono pertanto inferiori del 10-15 per cento. Tuttavia, i motori diesel senza filtro antiparticolato sono nocivi per l'ambiente e la salute poiché emettono una quantità di particelle di fuliggine cancerogena fino a 1'000 volte superiore rispetto a quella liberata dai motori convenzionali a benzina. Inoltre, le nuove autovetture diesel EURO 4 emettono mediamente una quantità di ossidi di azoto otto volte superiore rispetto a quella delle automobili a benzina di tipo analogo. Gli ossidi di azoto sono inquinanti precursori dell'ozono e, quindi, fra i maggiori responsabili dello smog estivo.

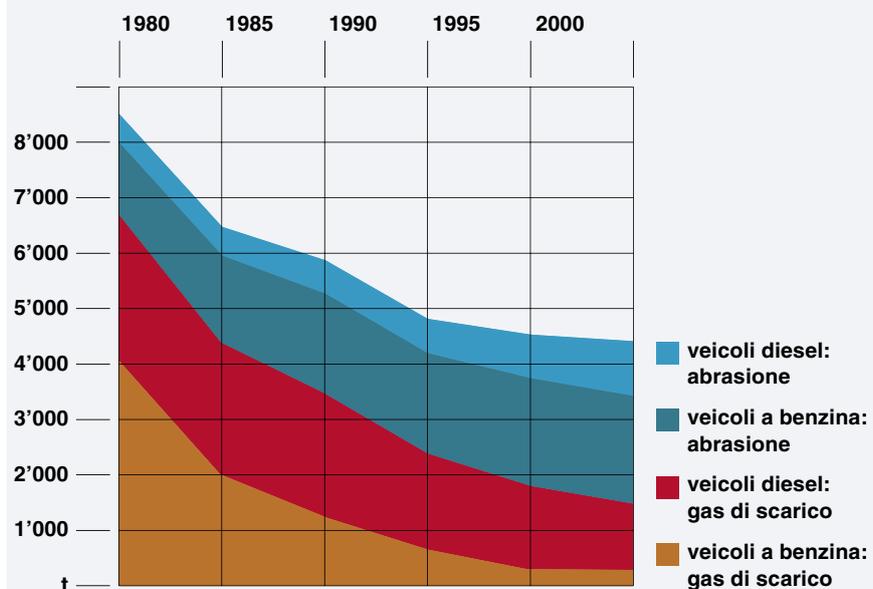
La fuliggine diesel costituisce inoltre una minaccia per il clima perché contribuisce al riscaldamento dell'atmosfera.

### Rischio di cancro maggiore nelle città

Nei centri e negli agglomerati più inquinati la fuliggine diesel prodotta dal traffico è fra

i maggiori responsabili del rischio di cancro provocato dagli inquinanti atmosferici. I luoghi caratterizzati da immissioni eccessive per la popolazione sono in particolare le strade, le gallerie e i parcheggi dove l'aerazione è insufficiente. Tuttavia, le emissioni dei motori diesel possono determinare elevate concentrazioni di inquinanti anche all'interno dei veicoli a motore. Oltre alle

Andamento delle emissioni di PM10 del traffico stradale



Fonte: UFAFP

Dall'inizio degli anni '80 sono diminuite soprattutto le emissioni di polveri fini dovute ai gas di scarico dei veicoli a benzina.

automobili diesel sono soprattutto gli autocarri, i furgoni e gli autobus a contribuire al carico di fuliggine nelle città.

**I costruttori reagiscono**

Anche in questo caso il rimedio principale è costituito dai filtri antiparticolato che trattengono quasi completamente la fuliggine diesel cancerogena. L'azienda Peugeot è stata la prima casa automobilistica che nel 2000 ha immesso sul mercato automobili diesel munite di efficienti filtri antiparticolato e, da allora, fabbrica vetture con filtri di serie. Oggi, in seguito alle richieste pressanti dei consumatori, la maggior parte dei costruttori di automobili offre modelli muniti di filtro. Alcuni raggiungono un grado di separazione di oltre il 99,9 per cento ed eliminano le polveri fini in modo così efficace che i gas di scarico non diluiti contengono addirittura meno polveri dell'aria ambiente. A seconda della tecnica di filtraggio, la fuliggine viene incenerita in modo continuo o periodico senza liberare residui pericolosi nell'atmosfera.

**Filtri su base volontaria**

L'industria automobilistica tedesca ha promesso al Governo federale di munire di filtri antiparticolato tutte le automobili diesel dal 2008 e, su richiesta dei clienti, molti costruttori annunciano già per il 2006 un'ampia gamma di modelli di veicoli diesel dotati di filtro. E ciò malgrado il fatto che, nella maggior parte dei casi, la norma EURO 4 in vigore dal 2005 per i gas di scarico delle vetture diesel possa essere rispettata anche senza l'impiego di filtri e che l'entrata in vigore di norme più severe sia prevista soltanto per il 2010.

Il passo successivo verso il miglioramento della qualità dei gas di scarico è rappresentato dall'introduzione di nuovi sistemi che, oltre a trattenere le particelle di fuliggine, riducono anche le emissioni di ossidi di azoto.

Poiché non esiste una soglia di tolleranza per le sostanze cancerogene, la legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb) prescrive che queste emissioni vengano ridotte il



**Le aziende di trasporto pubblico svizzere hanno già installato filtri su centinaia di veicoli.**

più possibile sfruttando la miglior tecnica disponibile. Dal 1998, l'ordinanza contro l'inquinamento atmosferico classifica la fuliggine diesel fra le sostanze cancerogene. Tuttavia, sebbene per le automobili diesel siano disponibili da anni delle tecnologie efficaci per la depurazione dei gas di scarico, il loro impiego sui veicoli in Europa rimarrà facoltativo almeno fino al 2010.

In questo contesto, il Consiglio federale ritiene che la Svizzera non possa essere l'unico Paese europeo ad imporre norme più severe per le autovetture. In tal caso, infatti, l'obbligo del filtro risulterebbe paragonabile ad un ostacolo al commercio e non sarebbe pertanto conforme agli impegni internazionali sottoscritti in ambito economico. Una soluzione possibile sarebbe eventualmente quella di ridurre la tassa d'importazione sulle autovetture diesel munite di filtri antiparticolato.

**TTPCP per gli autocarri**

Rispetto ad un'automobile diesel media, un veicolo commerciale pesante libera nell'aria, per ogni chilometro, una quantità di particelle di fuliggine cinque volte superiore. La Svizzera mira pertanto a trasferire il traffico merci dalla strada alla rotaia. Tale obiettivo può essere raggiunto con la tassa sul traffico pesante commisurata alle prestazioni (TTPCP), fondata sul principio di causalità (ovvero del "chi inquina paga"). L'aliquota è calcolata per ogni veicolo in base ai chilometri percorsi, al peso totale massimo autorizzato e alle emissioni di inquinanti. I più moderni veicoli EURO 4

sono pertanto inseriti nella terza categoria di tassa, quella con l'aliquota più bassa. Secondo i dati attuali a disposizione, tuttavia, la maggior parte di questi veicoli non sarà dotata di filtri antiparticolato. Nel quadro dei valori limite previsti dall'UE, l'impiego di tale tecnologia sarà probabilmente richiesto soltanto nel 2013.

**L'esempio dei mezzi pubblici**

Già oggi esistono comunque delle tecnologie efficienti per la depurazione dei gas di scarico di autocarri e autobus diesel. Negli ultimi anni, soprattutto nelle città, numerose aziende di trasporto hanno munito di filtri antiparticolato centinaia di autobus, il che si ripercuote positivamente sulla salute della popolazione. Affinché il trasporto pubblico possa rimanere una valida alternativa ecologica al traffico individuale motorizzato, la maggior parte di questi veicoli dovrebbe essere dotata di filtri. All'inizio del 2005, in Svizzera, circa il 15-20 per cento dei chilometri percorsi dagli autobus diesel del trasporto pubblico è stato coperto da veicoli con filtri antiparticolato.

- LINK**
- [www.ambiente-svizzera.ch/aria](http://www.ambiente-svizzera.ch/aria) > Temi > Diesel
  - [www.ambiente-svizzera.ch/aria](http://www.ambiente-svizzera.ch/aria) > Fonti di inquinanti > Traffico > Filtri antiparticolato per veicoli commerciali
  - [www.energieetikette.ch](http://www.energieetikette.ch) > Automobili > Elenco dei veicoli > Carburante > Diesel con FAP
  - [www.dieselnat.com](http://www.dieselnat.com)

## Chi inquina deve contribuire



La varietà delle fonti di emissione di PM10 richiede un ampio spettro di misure per ridurre l'inquinamento ad un livello accettabile. Come i motori diesel, anche gli impianti a combustione alimentati a legna devono diventare più puliti.

In Svizzera vengono impiegati nel settore agricolo all'incirca 120'000 trattori, di cui circa la metà ha più di 20 anni. A causa della lunga durata di questi mezzi, le prescrizioni relative ai gas di scarico, oggi più severe, hanno un'efficacia molto differita nel tempo. Inoltre, i parametri sono molto meno rigorosi di quelli fissati ad esempio per i veicoli commerciali pesanti. Dal 2006, per quanto riguarda le polveri fini, secondo la norma EURO 4 sarà applicato per gli autocarri nuovi un valore limite di emissione pari a 0,02 grammi per chilowattora, mentre i trattori nuovi di fabbrica potranno emettere una quantità di fuliggine fino a 15 volte superiore fino al 2010.

### Agricoltori nella scia dei gas di scarico

Con un'emissione annua di almeno 1'000 tonnellate di fuliggine, i motori diesel agricoli inquinano oggi molto di più rispetto a tutte le macchine da cantiere presenti sul territorio elvetico. Sono gli agricoltori stessi a risentire di più di questa situazione, dato che spesso siedono accanto allo scarico e respirano milioni di particelle di fuliggine. Per questo, la Stazione federale di ricerche in economia e tecnologia agricole (FAT) sta sviluppando, su incarico dell'UFAFP, un sistema di filtri antiparticolato solido, effi-

ciente ed economico pensato appositamente per i trattori.

### Perdite di azoto in agricoltura

Ingenti quantità di PM10 si formano anche durante l'impiego dei concimi agricoli. Soprattutto in corrispondenza dei depositi di liquami a cielo aperto e in occasione della tradizionale applicazione del concime con piastre spanditrici si liberano nell'atmosfera tonnellate di ammoniaca allo stato

gassoso. Anche nelle stalle a stabulazione libera, dove gli animali calpestano i propri escrementi, viene emessa molta ammoniaca, che in parte reagisce con altre sostanze presenti nell'atmosfera e forma PM10. I possibili rimedi sono lo spandimento dei liquami in prossimità del suolo con tubi a strascico o con iniezioni dirette nel terreno, la copertura dei depositi di liquami e la pulizia regolare delle stalle.

### Carico stimato di polveri fini nel 2015 (valori medi annui)



Fonte: UFAFP

Se entro il 2015 verranno sfruttate tutte le misure per la riduzione delle emissioni, il carico di PM10 potrebbe scendere quasi ovunque in Svizzera e rientrare nei valori prescritti.

## Fumi degli impianti a combustione a legna

Dopo la forza idrica, in Svizzera il legno rappresenta la seconda fonte di energia rinnovabile più importante. Questa materia prima nazionale ricresce in modo relativamente rapido, è presente in abbondanza praticamente in tutte le regioni e non compromette il clima con emissioni di biossido di carbonio, un gas a effetto serra. Durante la sua combustione, infatti, viene liberata soltanto la quantità di CO<sub>2</sub> che l'albero ha assorbito durante la propria crescita. Dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico, tuttavia, ai netti vantaggi ecologici si contrappongono chiaramente le elevate emissioni di polveri fini dei circa 650'000 impianti a combustione a legna, superiori a quelle generate da altri sistemi di riscaldamento. In più del 90 per cento dei casi si tratta di piccole stufe e camini. Considerando l'energia prodotta, un piccolo impianto a legna emette una quantità di polveri fini 100 volte superiore a quella di un moderno impianto di riscaldamento a gasolio. Ma neanche le caldaie a legna più grandi e gli impianti industriali automatici sono meno inquinanti. Nelle zone residenziali dove molti impianti di riscaldamento funzionano a legna, l'emissione di polveri fini provenienti dai camini durante la stagione fredda può addirittura essere la principale responsabile dell'inquinamento locale da PM10. Per proteggere la salute è perciò necessario ridurre tali emissioni.

### Meno fuliggine grazie al nuovo sistema sviluppato dall'EMPA

Con il supporto dell'Ufficio federale dell'energia e dell'UFAFP, il Laboratorio federale di prova dei materiali e di ricerca (EMPA) ha sviluppato un separatore di particelle per i piccoli impianti a combustione a legna basato sul principio dell'elettrofiltro. All'interno della canna fumaria viene applicata una tensione elevata su un filo molto sottile. Le particelle di fuliggine che salgono assieme ai fumi si caricano elettricamente e precipitano sulla parete interna della canna fumaria, dove si depositano. In



L'incenerimento di rifiuti forestali e del giardinaggio è nocivo per la salute. Il compostaggio, invece, non genera polveri fini.

questo modo è possibile ridurre la quantità di particelle di fuliggine di almeno due terzi. Gli esperimenti condotti in laboratorio e sul campo hanno confermato che questo sistema di pulizia, che non richiede manutenzione, rimane efficace anche in caso di funzionamento prolungato dell'impianto. Occorre tuttavia ancora effettuare dei test pratici, dopodiché il separatore di particelle dovrà essere ulteriormente sviluppato fino a diventare un prodotto conveniente realizzato in serie e adatto anche per il post-equipaggiamento (retrofitting) degli impianti. Notevoli progressi nell'ambito della riduzione delle emissioni di polveri fini sono inoltre possibili a medio termine anche per quanto riguarda i grandi impianti a combustione industriali.

### Strategie di politica ambientale

Negli altri impianti a combustione e stazionari in funzione nei settori dell'industria e dell'artigianato, le emissioni di polveri fini sono state drasticamente ridotte a partire dalla metà degli anni '80. C'è invece ancora molto da fare per quanto riguarda i 700'000 veicoli diesel e gli altri motori alimentati con questo tipo di carburante. E lo stesso vale per il settore agricolo, con le sue svariate fonti di PM10, e quello della combustione del legno, in particolare per quanto concerne gli impianti a combustione e l'incenerimento all'aperto degli scarti di legno nel settore forestale.



Un nuovo separatore di particelle dovrà rendere più puliti i piccoli impianti a combustione a legna.

Per poter rispettare i valori limite d'immissione delle polveri fini occorre dimezzare anche le attuali emissioni di quei gas che nell'atmosfera si trasformano in parte in PM10, ovvero gli ossidi d'azoto, i composti organici volatili e l'ammoniaca. Tale obiettivo coincide con le strategie adottate per ridurre gli apporti eccessivi di azoto negli ecosistemi e con gli sforzi profusi per far diminuire l'inquinamento da ozono durante la stagione estiva.

Per rendere l'aria più respirabile è necessario promuovere e impiegare sistematicamente le nuove tecnologie per la riduzione delle emissioni. Le norme sui gas di scarico vanno inasprite d'intesa con l'UE per favorire l'applicazione di tecnologie efficienti come i filtri antiparticolato su tutti i motori diesel. Ciò implica anche agevolazioni finanziarie mirate e incentivi. In particolare, chi inquina l'aria dovrà risarcire interamente i danni causati. Occorre inoltre trasferire il trasporto merci dalla strada alla rotaia, come prevede la legge sul trasferimento del traffico, e collegare al meglio i centri e gli agglomerati mediante i mezzi pubblici e la mobilità lenta.

#### LINK

- [www.ambiente-svizzera.ch/aria](http://www.ambiente-svizzera.ch/aria) > Temi > Polveri fini respirabili
- [www.fat.admin.ch](http://www.fat.admin.ch) > Suche > Emissionen Hofdünger
- [www.empa.ch](http://www.empa.ch) > Search > Holzfeuerungen Partikel



### Consigli per ridurre le polveri fini nella vita di tutti i giorni

- Se si acquista un'autovettura diesel, scegliere sempre un modello dotato di filtro antiparticolato.
- Se ci si sposta a piedi, in bicicletta o con i mezzi di trasporto pubblici, la quantità di polveri fini emesse è nulla o comunque irrilevante.
- Quando si guida un veicolo a motore su strada, evitare brusche frenate o manovre di accelerazione nel traffico, in quanto tali comportamenti incrementano l'abrasione di pneumatici, freni e rivestimenti stradali. Anche un peso il più possibile ridotto del veicolo e una corretta pressione dei pneumatici contribuiscono a far diminuire le emissioni di PM10.
- Non bruciare rifiuti o legno umido nei camini o all'aperto.
- I camini aperti all'interno delle abitazioni possono emettere una quantità elevata di fuliggine. Le stufe a legna chiuse, anche quelle con un pannello di vetro, generano invece meno emissioni.



### Nota editoriale

#### Editore:

Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP)

*L'UFAFP è un Ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC)*

#### Concezione e testo:

Beat Jordi, Bienne

#### Traduzione:

Sandro Corradini, Carpi (I)  
e Servizio linguistico italiano UFAFP

#### Progetto grafico e layout:

Beat Trummer, Bienne

#### Accompagnamento UFAFP:

Peter Straehl (div. Aria, RNI, Sicurezza),  
Norbert Ledergerber (div. Comunicazione)

#### Credito fotografico:

UF AFP/AURA: 1, 2 a sinistra., 10, 16; Archivio dell'agenzia fotografica AURA, Lucerna: 2 in alto a destra, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 15 a destra; UF AFP/Docuphot: 2 in basso a destra, 3 in alto, 14, 15 a sinistra; Divisione Istologia dell'Istituto di Anatomia dell'Università di Berna: 4; Beat Jordi, Bienne: 11 in alto; BLS AlpTransit AG, Thun: 11 in basso; UMTEC, Hochschule für Technik, Rapperswil: 13.

#### Ordinazione gratuita:

UF AFP, Documentazione, 3003 Berna,  
fax 031 324 02 16, docu@buwal.admin.ch,  
www.buwalshop.ch,  
numero d'ordinazione: DIV-5012-I.  
La pubblicazione è scaricabile anche da  
Internet in formato PDF:  
www.buwalshop.ch, numero: DIV-5012-I.

#### Nota:

Questa pubblicazione è disponibile  
anche in francese (DIV-5012-F)  
e tedesco (DIV-5012-D).