

Polveri fini PM2.5

Domande e risposte riguardanti caratteristiche, emissioni, im- missioni, effetti sulla salute e misure

Stato: gennaio 2019

Indice

<i>Caratteristiche</i>	2
<i>Emissioni</i>	4
<i>Situazione delle immissioni</i>	5
<i>Valori limite di immissione</i>	7
<i>Conseguenze</i>	8
<i>Misure di riduzione</i>	12
<i>Bibliografia</i>	15

Caratteristiche

- **Come si formano le particelle?**

Si distingue tra particelle primarie, ovvero le particelle che si disperdono nell'aria in quanto tali, e particelle secondarie, ovvero le particelle che si formano nell'atmosfera a partire da precursori gassosi.

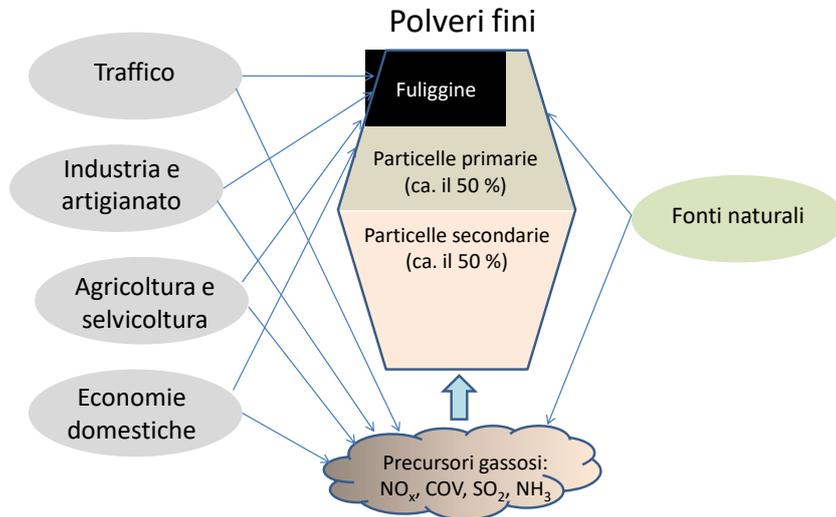


Figura 1 Rappresentazione schematica semplificata delle polveri fini presenti in Svizzera sotto forma di particelle primarie e secondarie e delle relative fonti. La fuliggine costituisce una parte delle polveri fini primarie.

Le particelle primarie generate da fonti antropiche durante i processi di combustione sono in prevalenza particelle ultrafini e fini con un diametro inferiore a $0,3 \mu\text{m}$ (p. es. la fuliggine). Le particelle che si formano per abrasione o per messa in sospensione delle polveri hanno in genere un diametro superiore a $1-2 \mu\text{m}$. Le fonti naturali comprendono i pollini, le spume marine, l'erosione del vento e i vulcani. Le particelle di dimensioni medie (comprese tra $0,1$ e $1 \mu\text{m}$) provengono per lo più da fonti secondarie e si formano per conversione gas-particella a partire dai precursori SO_2 , NO_x , NH_3 e COVNM.¹

¹**Diametro aerodinamico:** le particelle in sospensione nell'aria hanno forme e densità molto variabili; non è dunque semplice attribuire loro un diametro. Il diametro aerodinamico è una grandezza che si presta a descrivere tutta una serie di processi. Corrisponde al diametro che una particella sferica di densità pari a 1 g/cm^3 dovrebbe presentare per avere la stessa velocità di sedimentazione in aria della particella considerata.

- **Qual è la composizione chimica del PM2.5?**

La polvere è una miscela fisica-chimica complessa. Il PM2.5 è costituito da un aerosol di combustione primario e da precursori gassosi di componenti secondari. La polvere in sospensione nelle strade, l'abrasione e il materiale biologico sono costituiti principalmente da particelle grossolane e svolgono un ruolo minore nel PM2.5. Si possono distinguere i seguenti componenti importanti:

	Componenti	Precursori / Causa
Primari Componenti	Fuliggine (EC e primari CO)	Processi di combustione
	Metalli pesanti	Combustione, produzione
Secondari Componenti	Sulfato	Biossido di zolfo SO ₂
	Nitrat	Ossidi di azoto NO _x
	Ammonio	Ammoniaca NH ₃
	Materiale organico (MO)	Composti organici gassosi COVNM

Tabella 1 Composizione e fonti di PM2.5

Emissioni

- **Quanto PM2.5 primario è emesso dalle varie fonti in Svizzera?**

Le emissioni di PM2.5 primario in Svizzera sono state nel 2016 pari a circa 7000 tonnellate (UFAM, UNECE Submission 2018-19). La figura seguente mostra le quote dei vari gruppi di fonti in queste emissioni. Oltre all'industria e ai trasporti, parte considerevole delle emissioni è dovuta anche all'agricoltura. I sistemi di riscaldamento a legna nelle economie domestiche coprono solo una piccola parte del fabbisogno di calore ma hanno emissioni molto più elevate rispetto ai sistemi di riscaldamento a gasolio e a gas, che forniscono la parte del leone dell'energia termica.

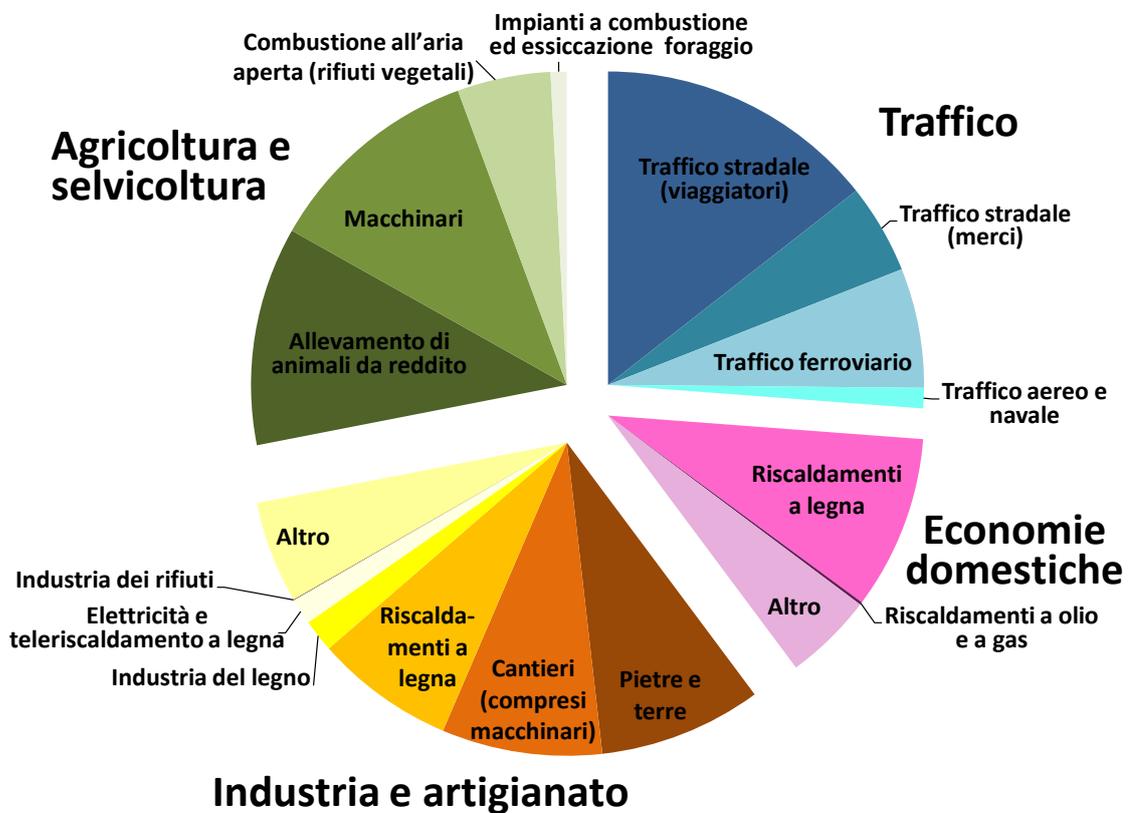


Figura 2 Quote delle diverse fonti di emissioni primarie di PM2.5 senza condensanti in Svizzera nel 2016 (Fonte: UFAM, UNECE Submission 2018-19).

Situazione delle immissioni

- Qual è il carico medio annuo di PM2.5?

Le stazioni di misurazione della Rete nazionale d'osservazione degli inquinanti atmosferici (NABEL) nell'Altipiano registrano valori medi annui molto simili per il PM2.5 nell'intervallo 8 - 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Una media annua superiore di 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ viene misurata solo nel punto di maggiore impatto del traffico nei canyon urbani. In Ticino si misurano valori di PM2.5 più elevati nella dimensione 14 - 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Il rapporto medio a lungo termine di PM2.5 a PM10 è di circa 0,75, canyon urbani a parte.

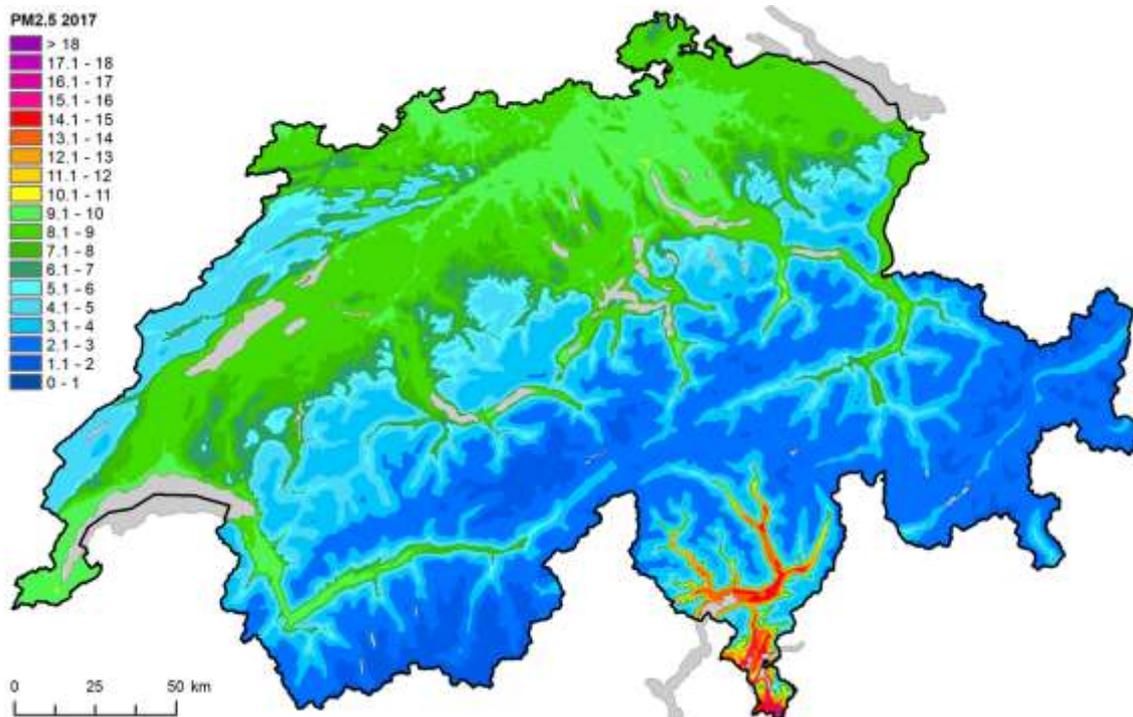


Figura 3 Media annua 2017 di PM2.5, calcolata a partire da una combinazione di valori misurati e di dati modello.

- **Come si è sviluppata l'esposizione al PM2.5 negli ultimi anni?**

La rete NABEL rileva il PM2.5 dal 1998. Il grafico mostra il calo dell'inquinamento da polveri fini. Le fluttuazioni da un anno all'altro sono riconducibili alle condizioni climatiche dei singoli anni. I rapporti mensili della rete mostrano le medie mobili degli ultimi 12 mesi.

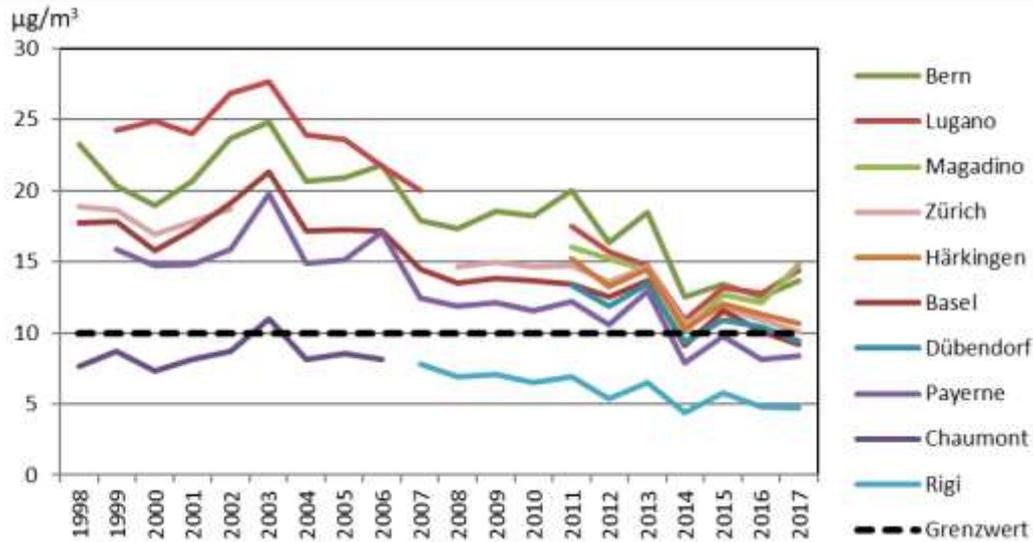


Figura 4 Evoluzione temporale del carico di PM2.5 dalle misurazioni NABEL.

- **Qual è la composizione chimica del carico di PM2.5 in Svizzera?**

Riassumendo si può dire che circa la metà del PM2.5 è costituita da ammonio, nitrato e solfato, componenti che sui siti stradali e nella Svizzera meridionale sono pari a circa un terzo. Se vi si aggiunge il materiale organico secondario (parte di MO), risulta una proporzione di aerosol secondario fino a tre quarti circa. Insieme, il carbonio elementare e il materiale organico costituiscono circa un terzo del PM10, e sui siti stradali e nella Svizzera meridionale tali componenti sono circa la metà. La percentuale massica degli altri inquinanti esaminati è molto esigua.

Le concentrazioni dei componenti secondari è simile in tutto l'Altipiano. La Svizzera meridionale denota concentrazioni di ammonio e nitrati inferiori a quelle del versante nord delle Alpi. Secondo studi condotti in Ticino e nelle valli meridionali dei Grigioni (Hüglin 2012; Baltensperger 2013), tuttavia, la combustione del legno potrebbe svolgere un ruolo ben più importante nell'inquinamento da particolato e da materiale organico.

- **Come si diffondono gli inquinanti atmosferici?**

L'aria è in continuo movimento. La longevità del PM2.5 emesso localmente o formatosi nell'atmosfera ne consente il trasporto oltre confine. Il particolato proveniente dai Paesi limitrofi raggiunge la Svizzera, ma anche la Svizzera «esporta» PM2.5. Per tenere conto di questi aspetti, nell'ambito della Convenzione UNECE sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza sono in corso i negoziati per elaborare protocolli internazionali volti a ridurre le emissioni inquinanti in tutta Europa. La quota di PM2.5 importata in Svizzera varia da regione a regione.

Valori limite di immissione

- **Quali basi regolano la fissazione dei valori limite?**

La Svizzera stabilisce i valori limite d'immissione nell'OIAI applicando i criteri della LPAmb. Tiene conto dello stato delle conoscenze e delle raccomandazioni emanate dalle organizzazioni professionali, in particolare dell'Organizzazione mondiale della sanità (OMS). Secondo l'OMS esistono chiari legami tra l'inquinamento da particolato e una serie di effetti sulla salute, soprattutto le malattie respiratorie e cardiovascolari. Il Consiglio federale fissa i valori limite tenendo conto delle raccomandazioni della Commissione federale d'igiene dell'aria (CFIAR). Il Consiglio federale ha pertanto integrato nell'OIAI un valore limite di immissione relativo al particolato PM_{2.5}. Il valore limite di 10 µg/m³ per la media annuale corrisponde alle raccomandazioni dell'OMS, integra i valori limite esistenti per il PM₁₀ e si applica dal 1° giugno 2018.

- **Quali limiti medi annui per il PM_{2.5} si applicano negli altri Paesi?**

L'UE riconosce che obiettivi di qualità dell'aria adeguati devono tener conto delle norme, degli orientamenti e dei programmi pertinenti dell'OMS. A differenza della Svizzera, tuttavia, l'UE non ha fissato valori orientati agli effetti per il particolato, ma ha fissato valori limite giuridicamente vincolanti da raggiungere entro un determinato periodo di tempo, i quali sono integrati da un complesso sistema composto da valori obiettivo, impegni e obiettivi di riduzione all'esposizione. Nell'UE un valore limite medio annuo per il PM_{2.5} di 25 µg/m³ è stato introdotto nel 2015.

In **Canada**, è in vigore dal 2015 un valore limite medio annuo di 10 µg/m³ per il PM_{2.5}, che sarà ridotto a 8,8 µg/m³ nel 2020. Il valore non deve essere superato in media per tre anni.

Gli **Stati Uniti** hanno fissato un limite medio annuo di 12 µg/m³. Non può essere superato in media per tre anni.

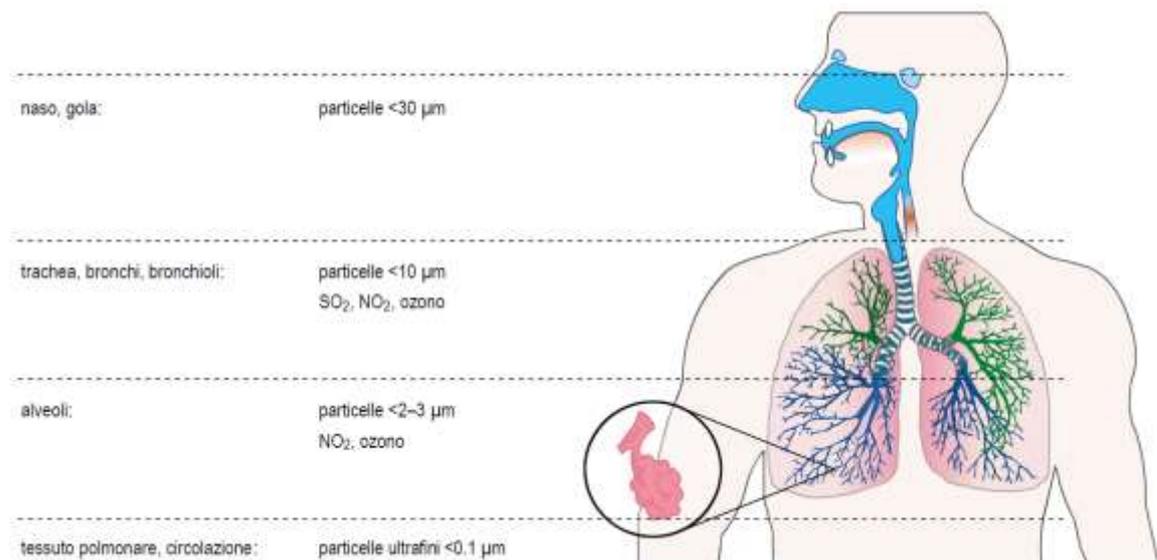
- **Come limitare gli ingredienti cancerogeni?**

Nel 2012, la Commissione dell'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) dell'OMS ha classificato la fuliggine diesel come cancerogena (cancerogeno di classe 1). Dall'ottobre 2013, la stessa classificazione si applica anche alle miscele di particelle in generale. Come obiettivo intermedio, la Commissione federale d'igiene dell'aria raccomanda quale obiettivo intermedio la riduzione a un quinto (20%) entro i prossimi dieci anni del carico attuale di fuliggine cancerogena, composta principalmente da particelle ultrafini. Nell'ottica della tutela della salute, le concentrazioni di inquinanti cancerogeni devono essere mantenute al livello più basso possibile.

Conseguenze

- **Come penetra nel corpo la polvere fine?**

Con ogni respiro, migliaia di particelle penetrano nelle nostre vie respiratorie. Se alcune particelle vengono espirate di nuovo, le altre si depositano nelle vie respiratorie e possono causare disagi e compromettere la salute. A differenza delle particelle più grandi, il PM2.5 penetra i bronchioli e gli alveoli sulla cui superficie si depositano.



[da: Inquinamento atmosferico e salute. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. 2014]

- **Come reagisce l'organismo umano alle polveri fini?**

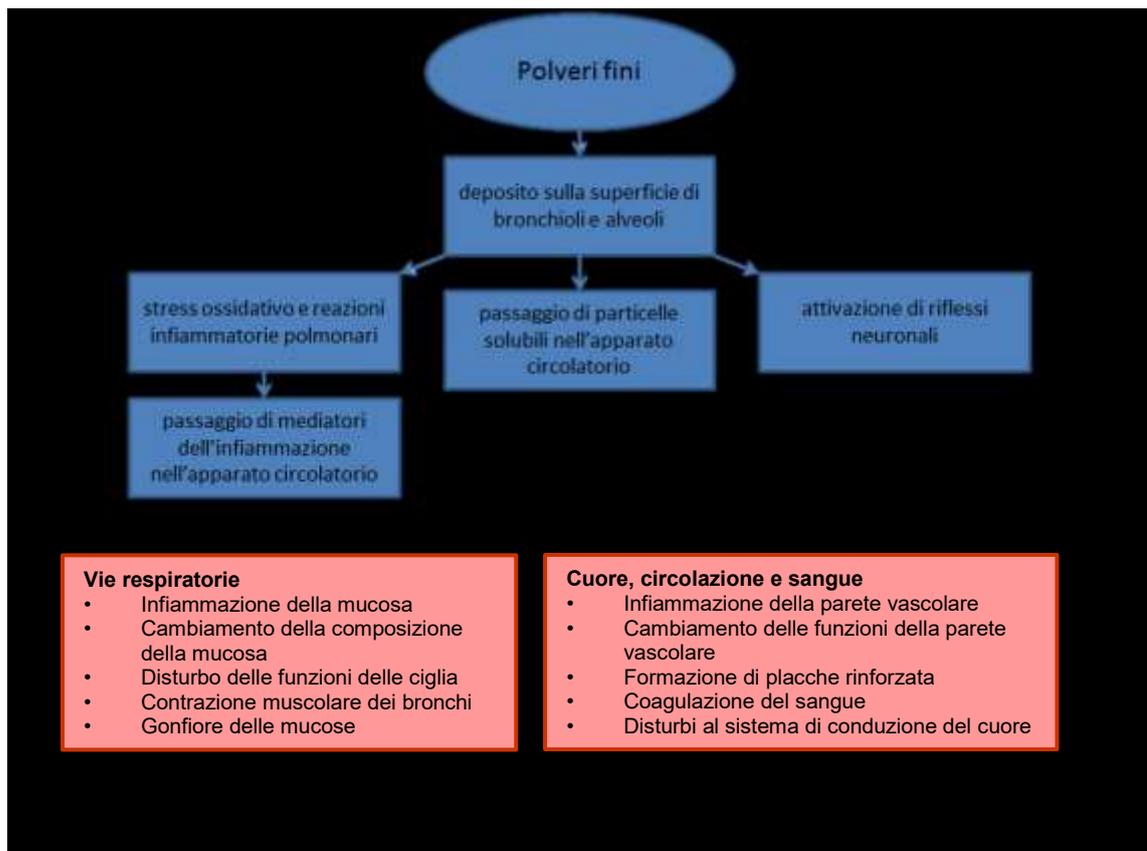
Le particelle fini irritano a breve termine la mucosa nelle vie respiratorie e provocano una reazione di difesa infiammatoria con una maggiore formazione di muco. Ne conseguono difficoltà respiratorie come tosse, bronchite o, per le persone asmatiche, l'aumento degli attacchi di stress respiratorio.

Le mucose dei bronchi e dei bronchioli possiedono cellule vibratili la cui superficie è ricoperta di ciglia che rimuovono le particelle estranee. Gli alveoli polmonari ne sono invece privi e le particelle più piccole che vi giungono devono pertanto essere eliminate o dissolte mediante meccanismi di pulizia cellulare, i cosiddetti macrofagi. Le particelle ultrafini non vengono assorbite completamente dai macrofagi e possono quindi giungere nel sangue e in altri organi, e nel caso di donne incinte possono entrare nella circolazione sanguigna del feto.

I mediatori infiammatori formati negli organi respiratori innescano processi nelle pareti sanguigne e vascolari che possono portare a trombosi, arteriosclerosi e aumento della pressione del sangue. Nei giorni in cui le concentrazioni di PM2.5 sono più elevate si registra un calo delle funzioni polmonari delle persone, l'aumento dei ricoveri ospedalieri e dei decessi per malattie polmonari e cardiovascolari. Dal punto di vista sanitario, tuttavia, l'esposizione a lungo termine della popolazione a valori elevati di PM2.5 è ancora più significativa. Innumerevoli studi in tutto il mondo hanno dimostrato il nesso tra le elevate concentrazioni di PM2.5 a breve e a lungo termine e l'aumento dell'incidenza dei disturbi arrecati alla salute, in particolare delle malattie cardiovascolari, nella popolazione.

Gli studi sugli effetti del numero di particelle ultrafini sulla salute sono al momento insufficienti, per cui non consentono ancora di trarre conclusioni attendibili. In particolare, non esistono praticamente studi sugli effetti dell'esposizione eccessiva prolungata.

Recentemente, l'OMS ha esaminato in modo approfondito gli effetti delle particelle di fuliggine (black carbon; BC) sulla salute («Health Effects of Black Carbon», OMS 2012). Il rapporto giunge alla conclusione che gli effetti della fuliggine sul sistema respiratorio e cardiovascolare sono sufficientemente provati. Tuttavia, i dati disponibili non consentono ancora di distinguere in modo quantitativo ed affidabile gli effetti della fuliggine da quelli di altre componenti del PM.



• **Possibili conseguenze dell'aumento a breve termine dell'inquinamento da particolato:**

- aumento della mortalità
- tosse, espettorazione, mancanza di respiro
- bronchite cronica
- attacchi di asma
- insufficienza polmonare
- trombosi
- pressione sanguigna elevata
- aritmie cardiache
- angina pectoris
- infarto del miocardio
- insufficienza cardiaca
- apoplezia cerebrale

- **Possibili conseguenze di un livello di inquinamento da particolato sempre elevato:**

- riduzione dell'aspettativa di vita
- tosse
- bronchite cronica
- asma
- insufficienza polmonare
- cancro ai polmoni
- trombosi
- pressione sanguigna elevata
- arteriosclerosi
- aritmie cardiache
- malattia coronarica
- infarto del miocardio
- apoplezia cerebrale

La riduzione dell'inquinamento atmosferico mediante misure di tutela della qualità dell'aria consente di osservare anche miglioramenti sul piano sanitario (ERS 2010).

- **Ci sono persone più sensibili all'inquinamento atmosferico?**

Non tutti i gruppi di persone reagiscono con la stessa sensibilità agli effetti degli inquinanti atmosferici: i bambini e le persone anziane e malate corrono rischi maggiori. Anche la predisposizione genetica incide sul modo, più o meno sensibile, di reagire all'inquinamento atmosferico.

- **Che conseguenze ha l'inquinamento atmosferico per la popolazione svizzera e che vantaggi offre la riduzione delle concentrazioni di PM2.5?**

Uno studio congiunto condotto da igienisti dell'aria, epidemiologi ed economisti ha calcolato gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute della popolazione svizzera (anno di base 2010), scegliendo come indicatore principale il PM10 ed esaminando al contempo anche gli effetti degli ossidi di azoto, ozono escluso. Lo studio giunge alla conclusione che l'inquinamento atmosferico causa ogni anno, in Svizzera, 3000 decessi prematuri, pari alla perdita di circa 29 000 anni di vita (Ecoplan/Infras 2014). Rispetto all'aspettativa di vita dell'intera popolazione, costituisce un accorciamento della vita media di 6 mesi, mentre per i soggetti interessati l'aspettativa di vita si riduce più marcatamente. Nel suddetto studio, i costi annui della sanità sono stimati a 5,1 miliardi di franchi.

Secondo uno studio svizzero (Röösli 2014), la riduzione del valore medio annuo del PM2.5 a 10 µg/m³ avrebbe i seguenti effetti positivi sulla salute della popolazione svizzera (rispetto alla situazione del 2010):

- 1900 decessi prematuri in meno;
- 13 500 giorni di ospedale evitati, dovuti a malattie cardiovascolari o respiratorie;
- 2,7 miliardi di franchi di costi sanitari risparmiati.

- **L'inquinamento atmosferico nel centro città è più pericoloso per la salute rispetto ad altri luoghi?**

In linea di principio, gli effetti sulla salute aumentano con il livello di inquinamento da particolato. L'inquinamento da polveri fini nel centro città è generalmente più elevato che in campagna, motivo per cui si prevedono maggiori effetti sulla salute.

L'OMS osserva che gli aerosol di combustione svolgono un ruolo molto importante. Le particelle provenienti dalla combustione di biomassa (ad es. legno) hanno un potenziale tossico simile a quello delle particelle prodotte dalla combustione di combustibili fossili (ad es. gasolio).

- **Come proteggersi dalle ripercussioni sulla salute del particolato diffuso nell'aria che respiriamo?**

Poiché il PM2.5 è distribuito in modo relativamente omogeneo sia nel tempo che nello spazio, la prevenzione degli effetti sulla salute deve iniziare alla fonte, riducendo quindi le emissioni di inquinanti atmosferici.

- **Che rilevanza hanno questi dati per la politica di protezione dell'aria?**

Le misure di riduzione dell'inquinamento da PM10 sono efficaci, poiché promuovono il miglioramento della salute della popolazione. Queste misure dovrebbero tuttavia riguardare tutti gli ordini granulometrici, ovvero sia le particelle grossolane sia quelle fini e ultrafini. Particolare attenzione va prestata alle particelle di fuliggine, che sono cancerogene (CFIAR 2007).

- **Dove ottenere informazioni più dettagliate sugli effetti sulla salute?**

Informazioni supplementari sono disponibili sul sito dell'Ufficio federale dell'ambiente, alla seguente pagina:

<http://www.bafu.admin.ch/luft/10804/index.html?lang=it>

Misure di riduzione

Oltre alle misure a livello cantonale, nazionale e internazionale, il comportamento di mobilità e di consumo di ogni individuo contribuisce a ridurre l'inquinamento da particelle.

- **Qual è la strategia svizzera per la riduzione del particolato?**

La riduzione dell'inquinamento da polveri fini richiede una riduzione delle emissioni sia delle polveri fini emesse principalmente, sia dei precursori inquinanti anidride solforosa, ossidi di azoto, ammoniaca, composti organici volatili.

Nel piano di lotta contro l'inquinamento atmosferico (Consiglio federale svizzero 2009), sono stati stimati i seguenti inquinanti atmosferici, la cui riduzione delle emissioni in Svizzera è necessaria per raggiungere gli obiettivi di protezione. Nel caso delle polveri fini, l'obiettivo si riferisce al PM10, in quanto l'OIAAt fissa valori limite di immissione solo per questa massa di polveri fini.

Sostanza nociva	Necessaria riduzione delle emissioni rispetto al 2005
Anidride solforosa SO ₂	Prevenire un nuovo aumento, misure precauzionali
Ossidi di azoto NO _x	ca. 50%
Composti organici volatili COVNM	ca. 20-30%
Polveri fini PM10 (primarie)	ca. 45%
Ammoniaca NH ₃	ca. 40%
sostanze cancerogene (ad es. fuliggine diesel)	per quanto tecnicamente possibile e proporzionato

Tabella 2 Riduzioni delle emissioni necessarie per conseguire gli obiettivi sanitari e ambientali

In Svizzera, le immissioni di PM2.5 e PM10 sono strettamente correlate. La riduzione delle immissioni di PM2.5 e PM10 negli ultimi anni si è verificata al contempo in quasi tutte le località svizzere. Le misure svizzere di controllo dell'inquinamento atmosferico sono state quindi di pari importanza ed effetto per il PM2.5 e il PM10. In media, le immissioni di PM2.5 rappresentano circa il 75 per cento delle immissioni di PM10.

Per affrontare le fonti di emissione di particolato primario, in particolare gli impianti di riscaldamento a legna e i motori diesel occorrono ulteriori misure. Gli inquinanti precursori gassosi (NO_x, COVNM, SO₂) saranno ridotti nell'ambito delle strategie esistenti contro l'ozono, l'acidificazione e l'eutrofizzazione.

Particolare enfasi è posta sulla riduzione della fuliggine, che contribuisce al PM2.5, e deve pertanto essere ridotta il più possibile a causa delle sue proprietà cancerogene. È altresì importante che vengano attuate le riduzioni delle emissioni di fuliggine diesel delle macchine agricole e di ammoniaca previste dagli obiettivi ambientali per l'agricoltura (UFAM / UFAG 2008.).

Nel caso del particolato secondario, il trasporto transfrontaliero di sostanze inquinanti svolge un ruolo non trascurabile. Oltre alla riduzione delle emissioni in Svizzera, una notevole riduzione delle sostanze inquinanti all'estero è quindi un prerequisito per il rispetto dei valori limite di emissione.

- **Qual è la strategia per la riduzione del particolato a livello internazionale?**

Nell'ambito della Convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza UNECE (CLRTAP), nel 2012 è stata adottata una revisione del protocollo di Göteborg che impegna le parti a ridurre ulteriormente le emissioni di biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), composti organici volatili (COV), ammoniaca (NH₃) e particolato primario (PM_{2.5}) entro il 2020 (tab. 3) applicando la migliore tecnologia disponibile. Tuttavia, il protocollo riveduto non può entrare in vigore finché non sarà stato ratificato da almeno due terzi delle Parti del protocollo.

	SO ₂	NO _x	VOC	NH ₃	PM _{2.5}
Svizzera	21%	41%	32%	8%	26%
Unione europea (UE27)	59%	40%	28%	6%	22%

Tabella 3 Impegni per la riduzione delle sostanze inquinanti tra il 2005 e il 2020 nell'ambito del protocollo di Göteborg riveduto

Se il protocollo di Göteborg riveduto sarà applicato in modo coerente, si può quindi presumere che entro il 2020 si otterranno ulteriori miglioramenti significativi della qualità dell'aria. Tuttavia, gli impegni previsti dovrebbero essere considerati solo come un obiettivo intermedio, poiché gli obiettivi di protezione internazionale fissati dall'OMS richiedono un'ulteriore riduzione. In particolare, occorre ridurre ulteriormente le emissioni di NH₃ adottando misure supplementari nell'agricoltura.

- **Quali misure ha adottato finora la Svizzera e quali riduzioni delle emissioni ne sono conseguite?**

Dall'entrata in vigore della legislazione sulla lotta contro l'inquinamento atmosferico, la Confederazione, i Cantoni e i Comuni hanno adottato una serie di misure per ridurre le emissioni di particolato e dei suoi precursori, come ad esempio:

- la riduzione del tenore di zolfo nei combustibili e carburanti (diesel e benzina) e la riduzione al minimo del tenore di piombo nella benzina;
- l'introduzione di marmitte catalitiche e filtri antiparticolato diesel per i veicoli stradali e l'inasprimento dei valori limite dei gas di scarico e di emissione per altri veicoli e macchinari, per gli impianti di riscaldamento, l'industria e il commercio;
- i valori limite di emissione per gli impianti e la tassa sui COV introdotta nel 2000 hanno indotto l'industria e il commercio a ridurre le emissioni, in particolare sviluppando prodotti a basso tenore di solventi (ad es. lacche e vernici);

- il piano d'azione per il particolato: i filtri antiparticolato o le misure equivalenti per macchine di cantiere, navi, ferrovie; prescrizioni più severe per le emissioni di particolato da impianti industriali fissi e caldaie a legna; incentivi finanziari per il postequipaggiamento di camion e dei mezzi di trasporto pubblici.

Tra il 1990 e il 2016 le emissioni svizzere di anidride solforosa sono diminuite dell'83 per cento, quelle dei composti organici volatili del 75 per cento, degli ossidi di azoto del 55 per cento e di ammoniaca del 17 per cento. Il calo del PM2.5 primario è stato del 57 per cento.

- **Quali misure ha adottato finora l'UE?**

L'UE ha stabilito e gradualmente inasprito le norme sulle emissioni di gas di scarico per le varie categorie di veicoli. Dette norme saranno adottate in contemporanea dalla Svizzera. Le prescrizioni sulle emissioni degli impianti industriali e dei grandi impianti di combustione sono state insaprite o richiedono l'utilizzo della migliore tecnologia disponibile. Tutte queste misure porteranno nei prossimi anni ad un'ulteriore significativa riduzione delle emissioni di particolato e di inquinanti gassosi.

- **Quali altre misure sono necessarie?**

Al fine di ridurre ulteriormente l'inquinamento atmosferico causato dal PM2.5, occorre attuare in primo luogo le seguenti misure:

- adottare norme severe allo stato attuale della tecnica per gli impianti di combustione a legna in termini di emissioni inquinanti e di efficienza. Gli impianti di combustione più vecchi con elevate emissioni inquinanti dovrebbero essere sostituiti da sistemi moderni ad alta efficienza e basse emissioni inquinanti;
- introdurre filtri antiparticolato o tecnologie equivalenti per tutti i motori diesel nel settore dei fuoristrada, in cui rientrano in particolare anche i veicoli agricoli, le navi e i motori stazionari;
- ridurre le emissioni di ammoniaca nell'agricoltura (migliorare la costruzione delle stalle, dell'impianto di purificazione dell'aria di scarico, coprire la fossa dei liquami, spargere letame agricolo prevenendo emissioni con tubi per il trascinarsi o iniezione).

Bibliografia

- ARE, Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz, Methodische Grundlagen und Zahlen für das Jahr 2015 (Infras, Ecoplan), Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2018).
- BAFU, Luftqualität 2017. Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL). Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Umwelt-Zustand Nr. 1825: (2018).
- [BAFU / BLW 2008, Umweltziele Landwirtschaft Umweltwissen Nr. 0820, Bundesamt für Umwelt, Bern, \(2008\).](#)
- [BAFU, Switzerland's Informative Inventory Report, UNECE Submission 2018.](#)
- [BAFU; PM10 und PM2.5 Immissionen in der Schweiz \(Zusammenfassung\). Ergebnisse der Modellierung für 2005, 2010 und 2020. Bern 2013.](#)
- Baltensperger, U. et al., „Holzfeuerungen: eine bedeutende Quelle von Feinstaub in der Schweiz“, Schweiz Z Forstwes 164 (2013) 420-427
- [EKL \(Eidgenössische Kommission für Lufthygiene\), Feinstaub in der Schweiz, Bern \(2013\).](#)
- [ERS \(European Respiratory Society\), Qualità dell'aria e Salute. Lausanne \(2010\).](#)
- [Hüglin, C., Gianini, M., Gehrig, R., „Chemische Zusammensetzung und Quellen von Feinstaub“, EMPA, Dübendorf 2012.](#)
- IIASA (international Institute for Applied Systems Analysis): Scope for further environmental improvements in 2020 beyond the baseline projections, CIAM Report 1/2010, Laxenburg (2010).
- [Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico \(OIA\) del 16 dicembre 1985 \(stato del 11 dicembre 2018\).](#)
- Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. World Health Organization 2013.
- Rösli, M., Abschätzung der Gesundheitskosten für verschiedene PM2.5-Konzentrationsszenarien, Basel 2014.
- [Consiglio Federale, Rapporto. Strategia concernente i provvedimenti di igiene dell'aria adottati dalla Confederazione, BBI 2009 5723.](#)
- [WHO 2006: WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide - Global update 2005. World Health Organization 2006.](#)