

# Qualità dell'aria, effetti sulla salute e ruolo del traffico veicolare

Ing. Silvia Moroni, PhD

AMAT - Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio, Milano

26/05/2023



Comune di  
Milano

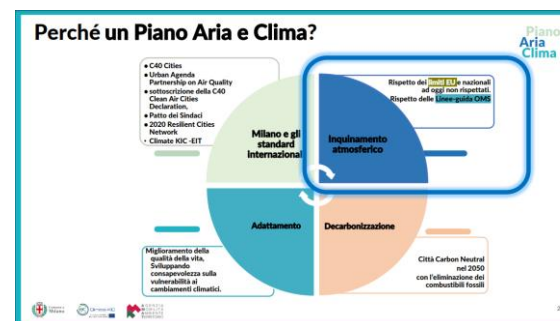
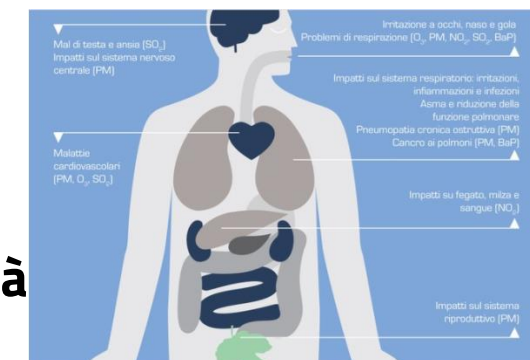
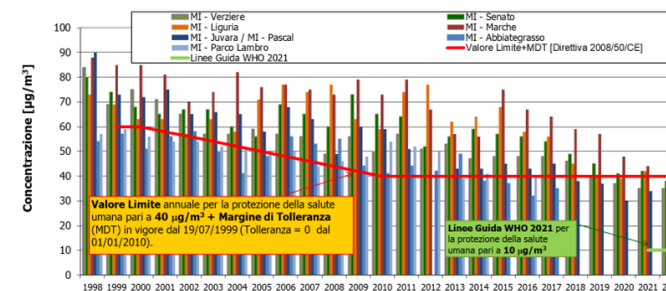


AGENZIA  
MOBILITÀ  
AMBIENTE  
TERRITORIO

# Qualità dell'aria, effetti sulla salute e ruolo del traffico veicolare

Argomenti trattati:

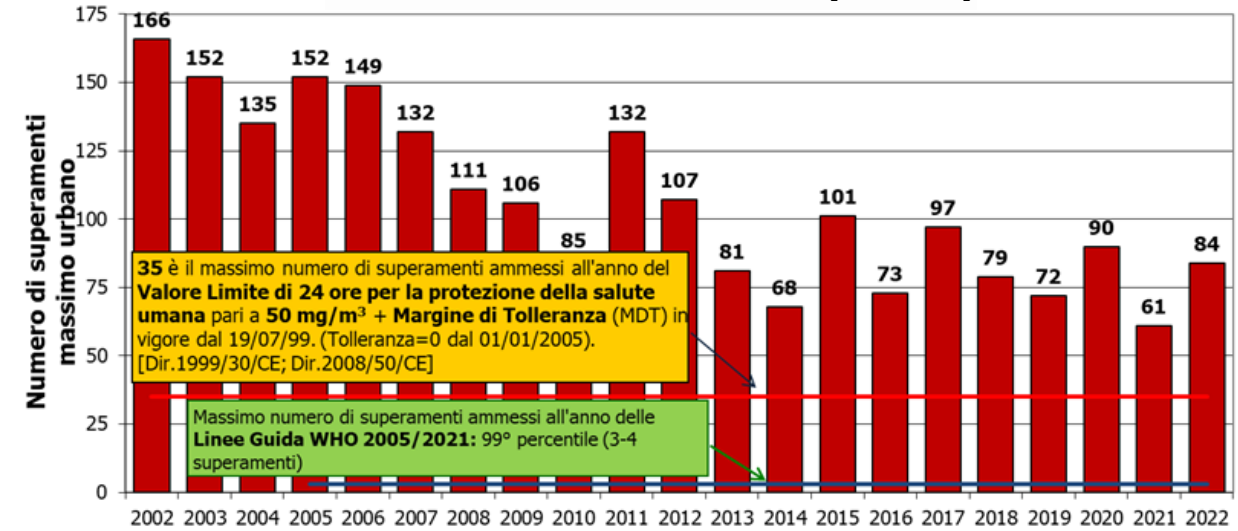
1. L'inquinamento atmosferico: principali inquinanti
2. L'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute e costi esterni per la società
3. Piano Aria e Clima del Comune di Milano
4. Il traffico di prossimità
5. Effetti sulla salute dell'esposizione alle emissioni da traffico veicolare



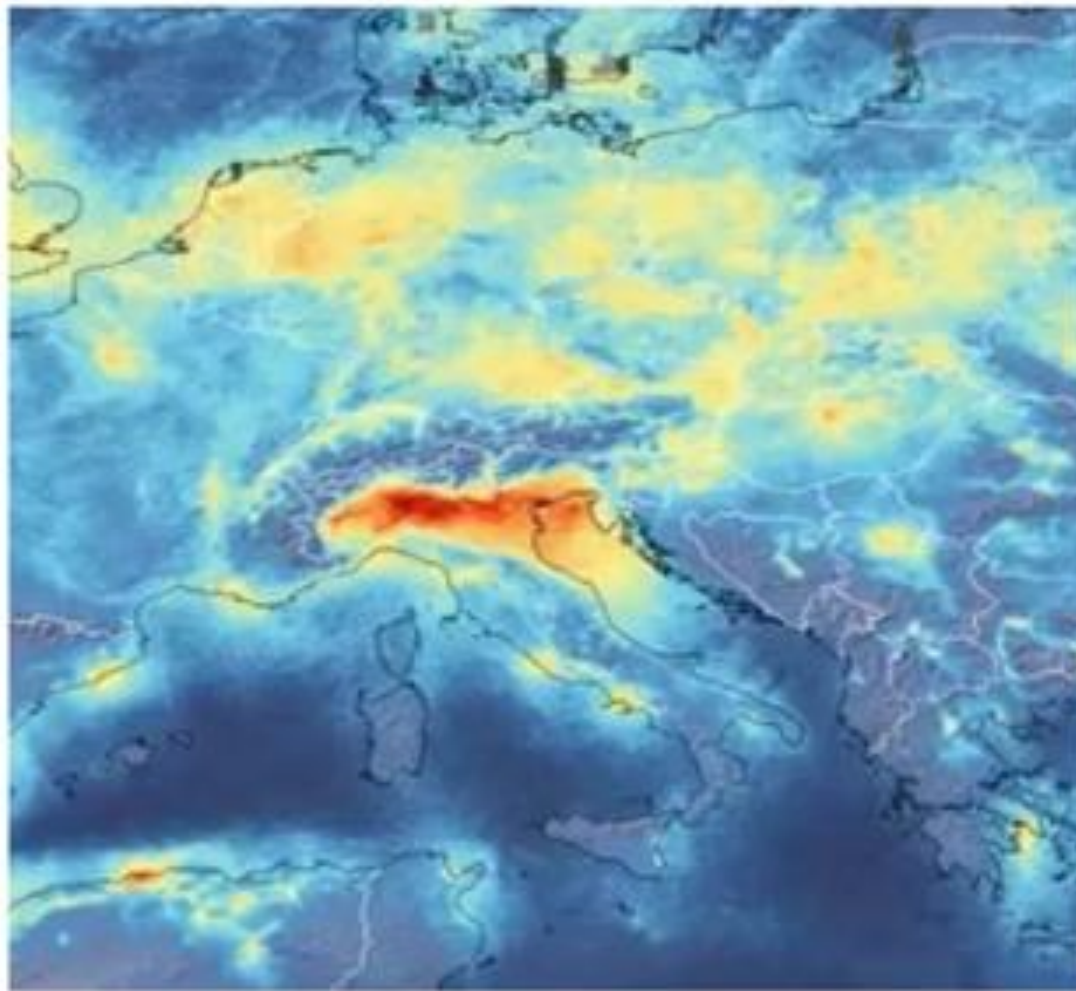
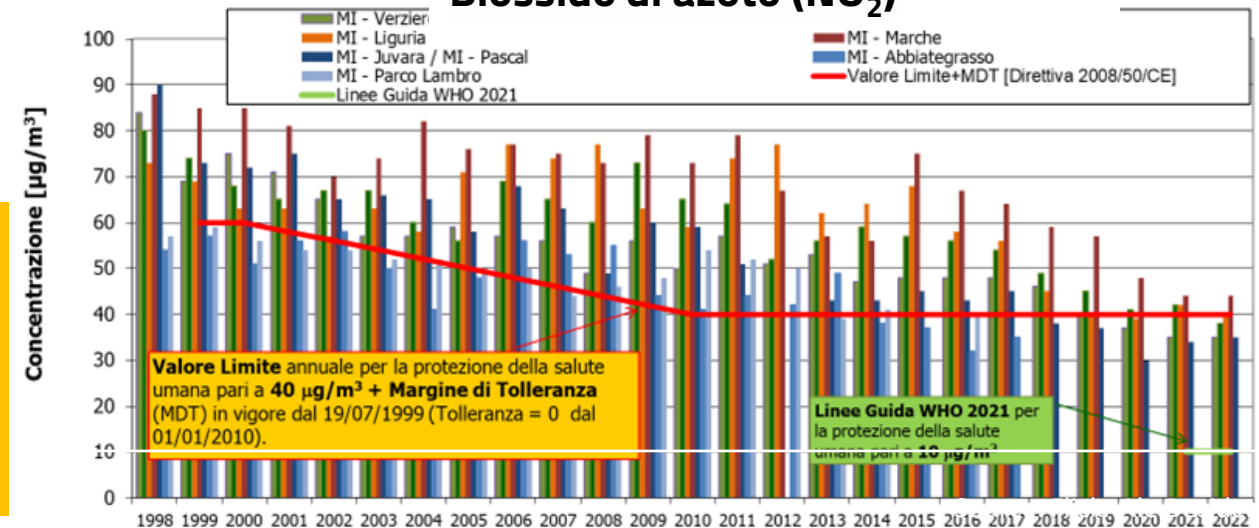
# La qualità dell'aria a Milano

E' migliorata nel tempo ...ma c'è ancora molto da fare...

## Particolato atmosferico (PM10)



## Biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ )

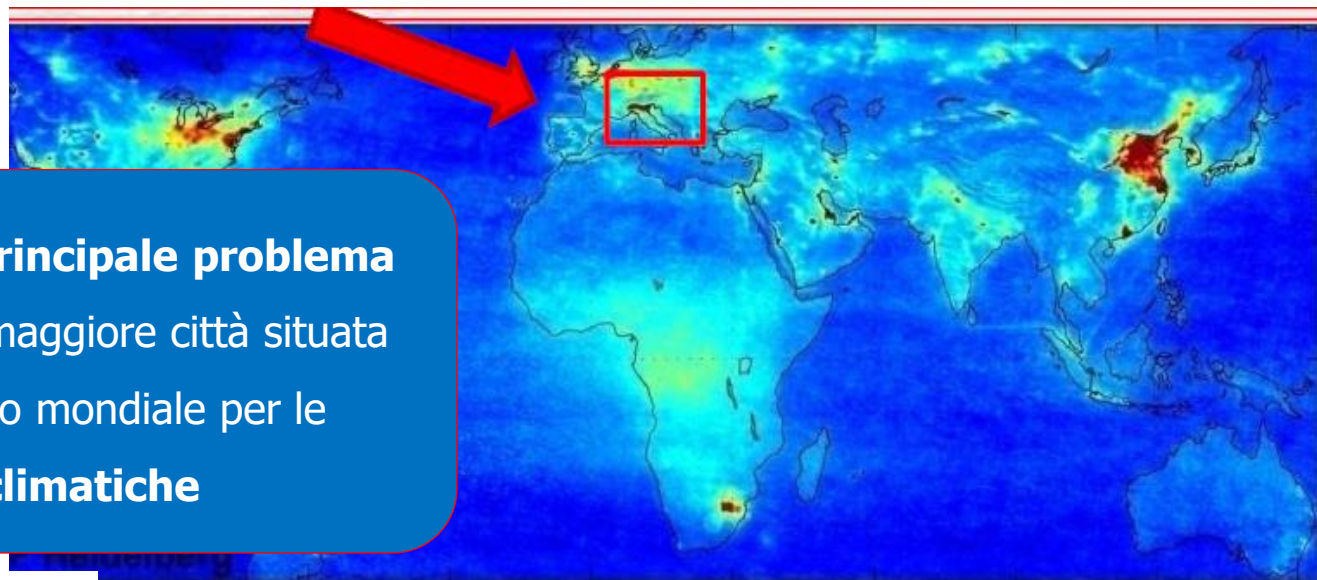


Concentrazioni di biossido di azoto sull'Europa (Fonte: ESA)

A Milano, come nel resto della Pianura Padana, si stimano **2-3 Anni di vita persi / abitante** a causa dell'esposizione a concentrazioni degli inquinanti atmosferici superiori ai Valori Limite UE e alle Linee Guida OMS/WHO

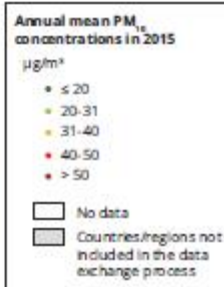
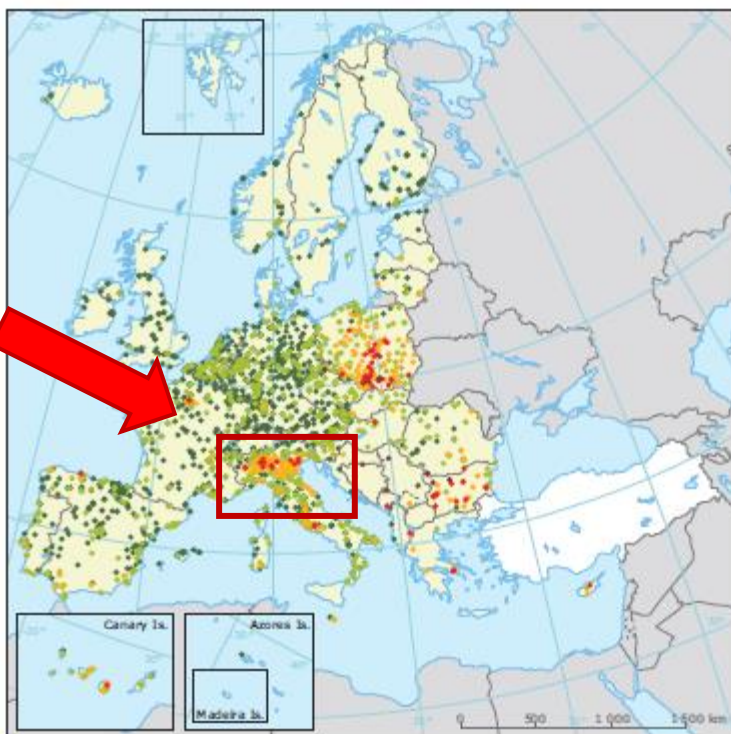
# Qualità dell'Aria a Milano e condizioni meteo-climatiche

La **qualità dell'aria** a Milano costituisce il **principale problema ambientale e sanitario**, trattandosi della maggiore città situata nella Pianura Padana, **peculiarità** a livello mondiale per le **sfavorevoli condizioni meteo-climatiche**



NO<sub>2</sub>

Source: ESA, European Space Agency, Ottobre 2004



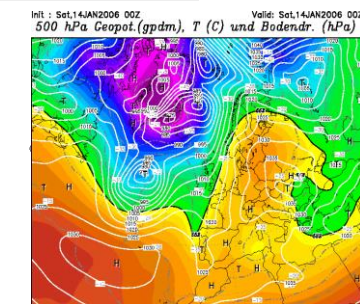
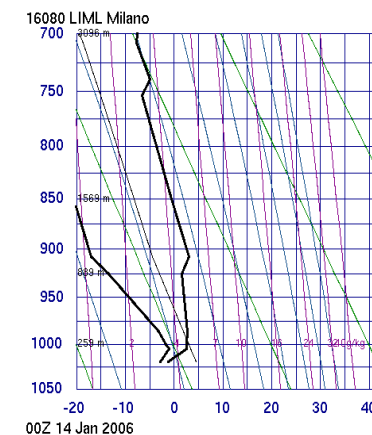
PM10

Source: EEA, Air Quality in Europe, Report n. 13/2017 - dati anno 2015



Catena alpina

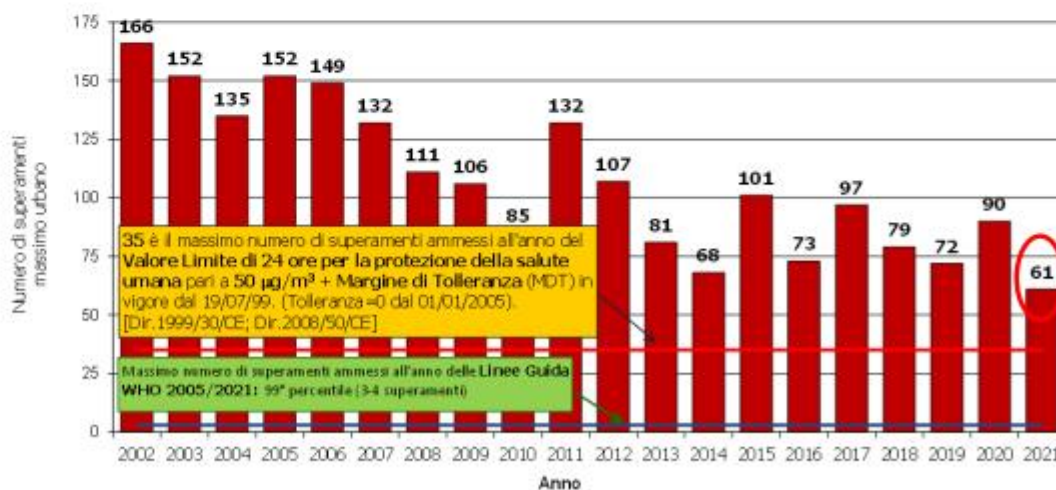
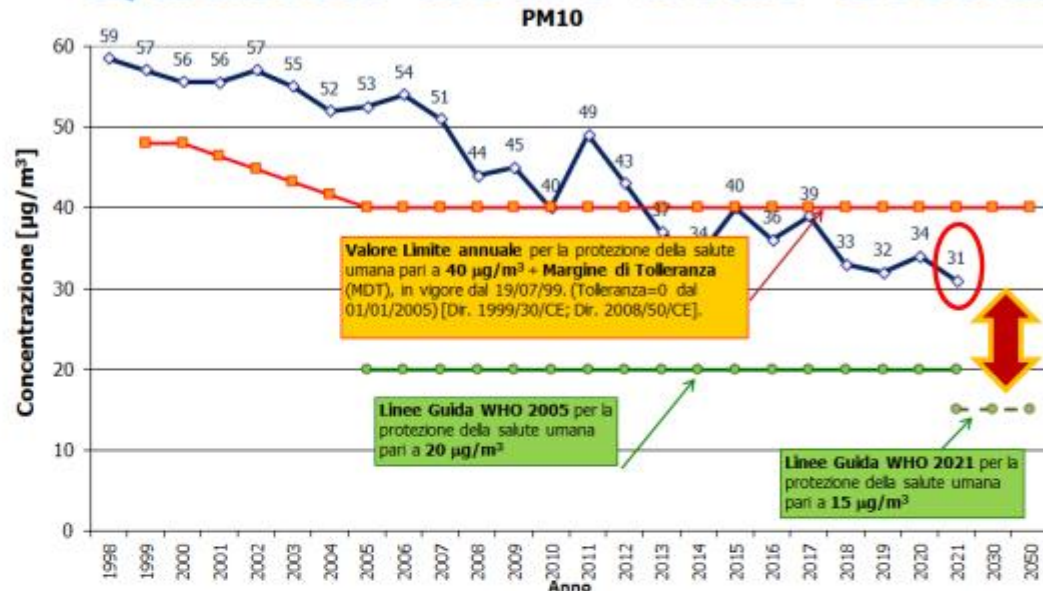
Inversioni termiche



Condizioni sinottiche

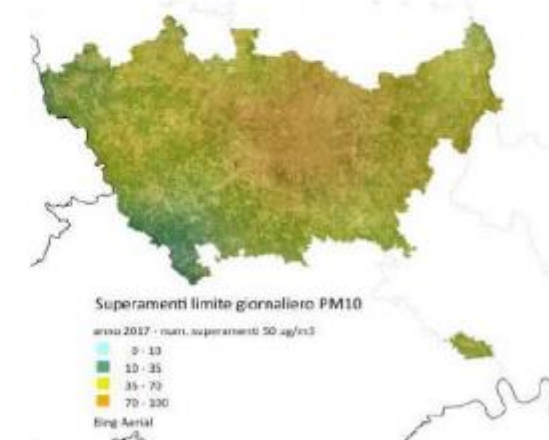
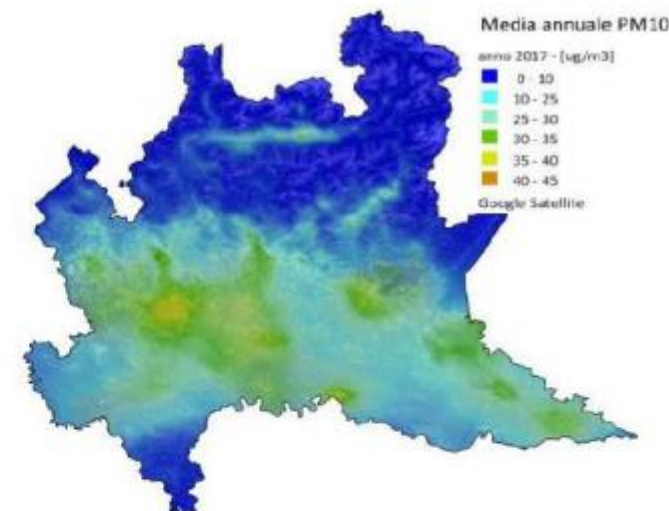
# Qualità dell'Aria: Situazione a Milano

PM<sub>10</sub>



Al 2021 le concentrazioni medie annue risultano ancora superiori del 50% rispetto alle attuali Linee Guida WHO

e i superamenti giornalieri/anno risultano ancora superiori rispetto al Valore Limite UE e nettamente superiori alle Linee Guida WHO



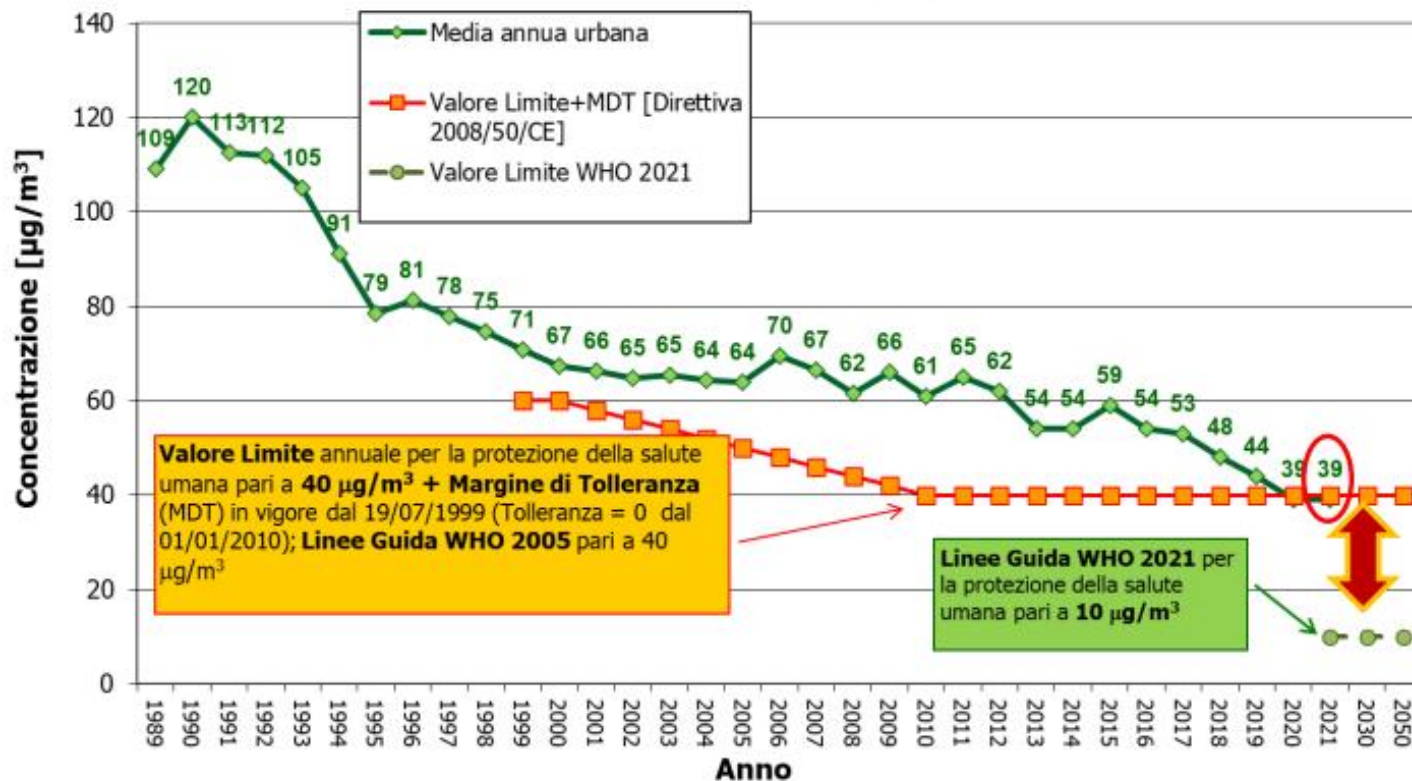
Fonte: ARPA Lombardia, 2018

Fonte: Elaborazioni AMAT su dati ARPA Lombardia

# Qualità dell'Aria: Situazione a Milano

## Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

NO<sub>2</sub>

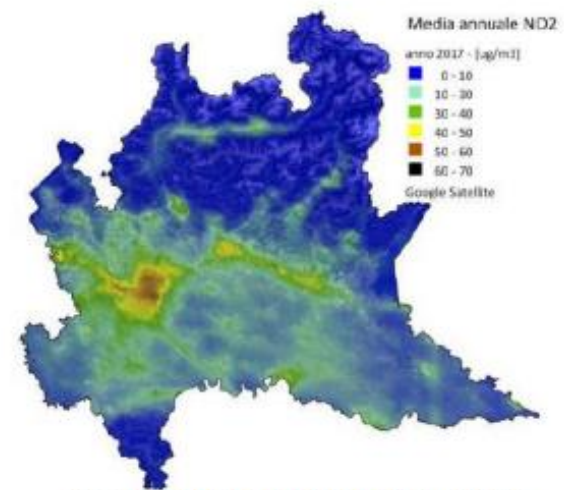


**Valore Limite** annuale per la protezione della salute umana pari a **40 µg/m³ + Margine di Tolleranza (MDT)** in vigore dal 19/07/1999 (Tolleranza = 0 dal 01/01/2010); **Linee Guida WHO 2005** pari a 40 µg/m³

**Linee Guida WHO 2021** per la protezione della salute umana pari a **10 µg/m³**

Al 2021 le concentrazioni medie annue risultano **di poco inferiori rispetto al Valore Limite UE** ma **nettamente superiori alle attuali Linee Guida WHO**

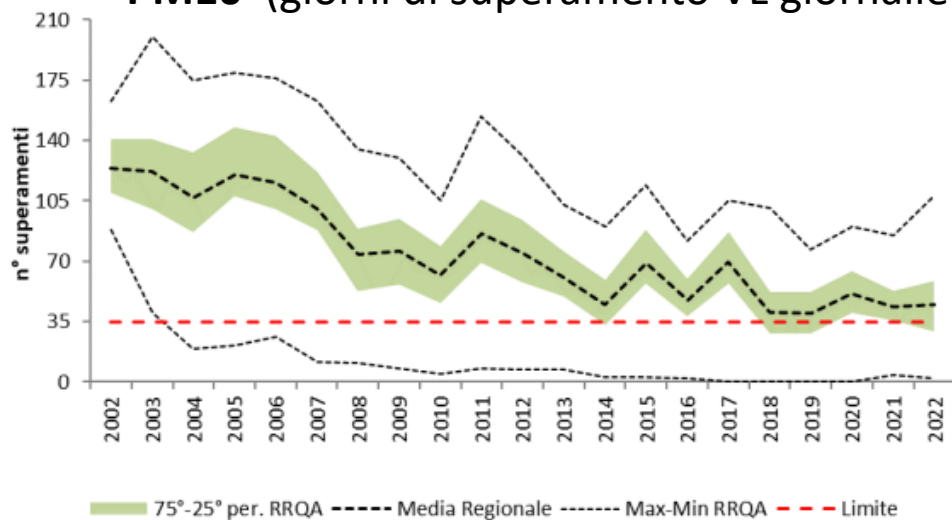
Fonte: Elaborazioni AMAT su dati ARPA Lombardia



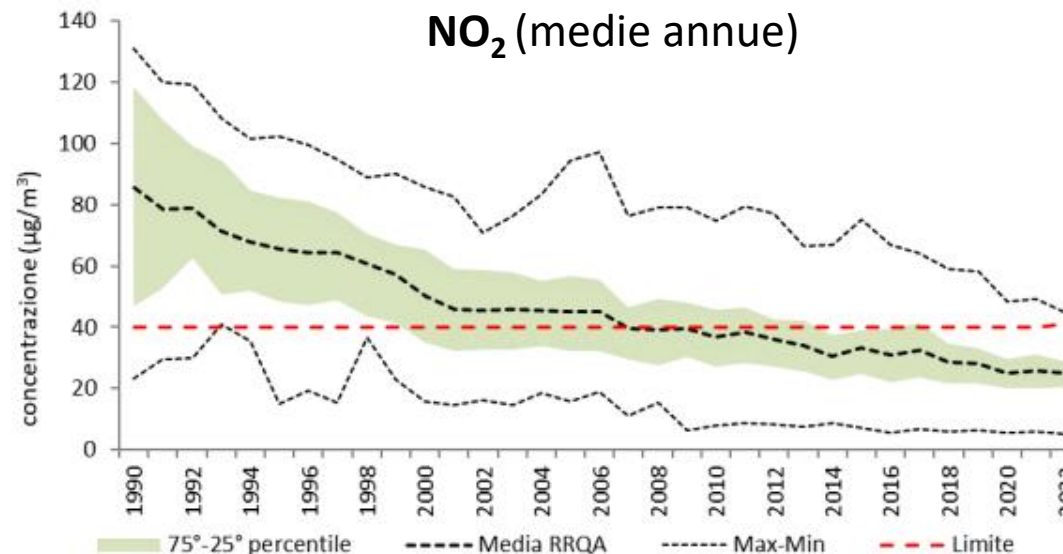
Fonte: ARPA Lombardia, 2018

# La qualità dell'aria nella regione lombarda

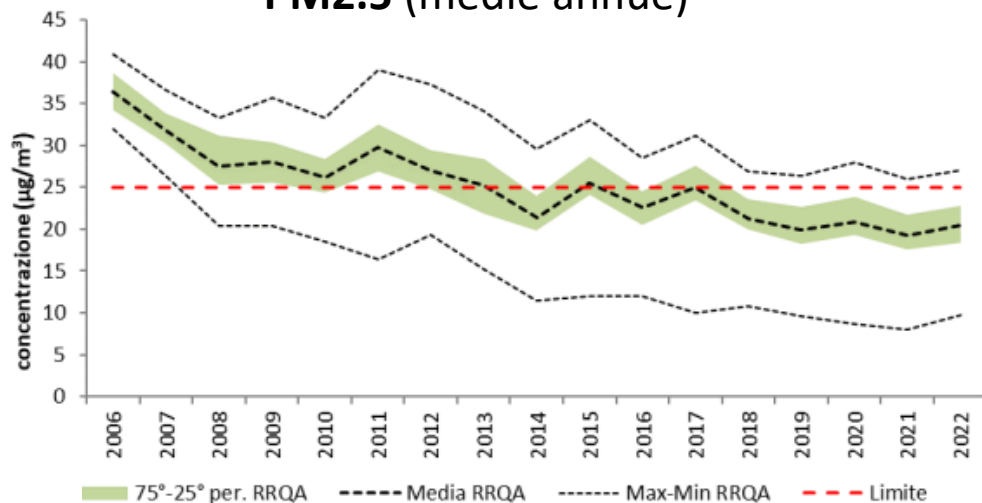
## PM10 (giorni di superamento VL giornaliero)



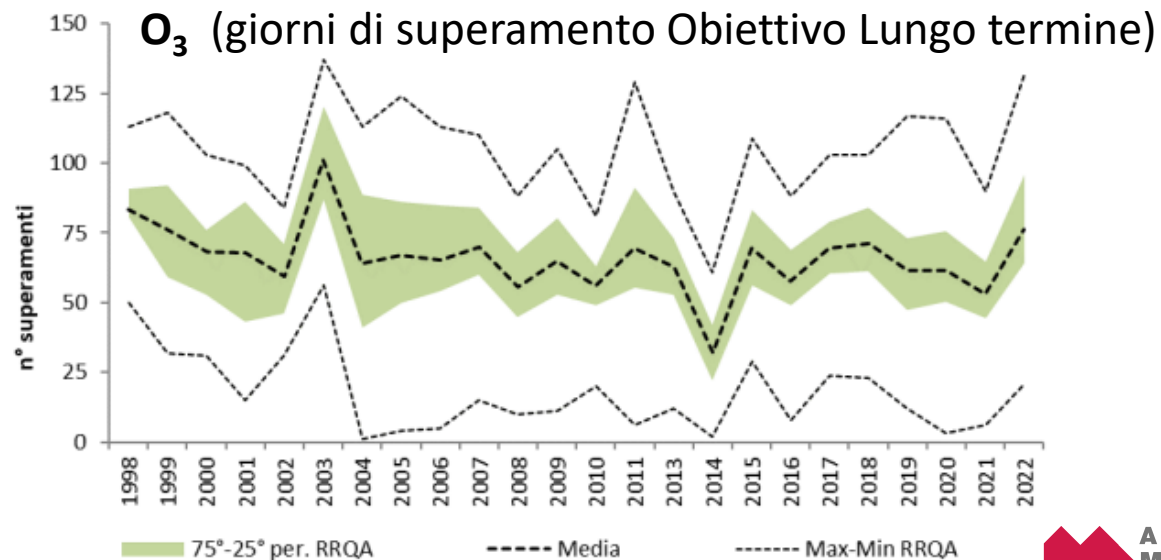
## NO<sub>2</sub> (medie annue)



## PM2.5 (medie annue)



## O<sub>3</sub> (giorni di superamento Obiettivo Lungo termine)



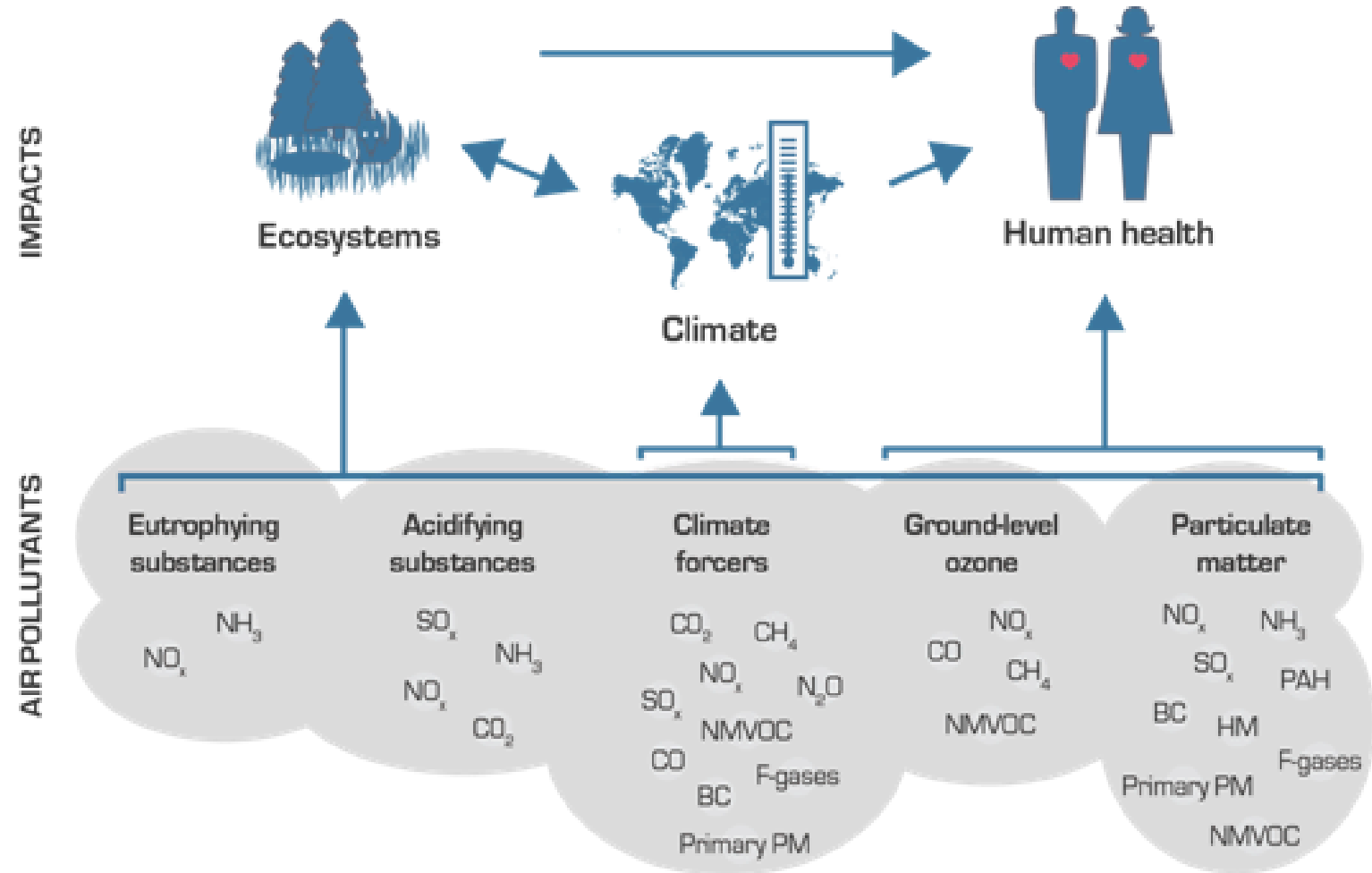
Fonte: Arpa Lombardia, 2023 'Un primo bilancio del 2022'



# Inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici



European  
Environment  
Agency



Source: European Environmental Agency, 2014

# Gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

NOTIZIE




European  
Environment  
Agency

## Le morti premature causate dall'inquinamento atmosferico sono in continuo calo nell'UE, ma è necessario un maggiore impegno per creare un ambiente privo di sostanze tossiche

La qualità dell'aria in Europa continua a migliorare e il numero di persone che muoiono precocemente o si ammalano a causa dell'inquinamento atmosferico è in calo. Tuttavia, secondo l'analisi dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA), pubblicata oggi, l'inquinamento atmosferico è ancora il maggiore rischio ambientale per la salute in Europa e sono necessarie misure più ambiziose per rispettare le linee guida dell'Organizzazione mondiale della sanità (OMS). È quanto emerge dall'ultima analisi dell'Agenzia europea dell'ambiente (AEA), pubblicata oggi.

Publicato 21/03/2023 — Ultima modifica 11/04/2023 — 4 min read

 Cambia la lingua

Source: European Environmental Agency, 2023



Comune di  
Milano



AGENZIA  
MOBILITÀ  
AMBIENTE  
TERRITORIO

# Gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

## Europe's air quality status 2023

Air pollution is the largest environmental health risk in Europe, causing cardiovascular and respiratory diseases that lead to the loss of healthy years of life and, in the worst cases, to preventable deaths. This briefing presents the status of concentrations of pollutants in ambient air in 2021 and 2022 for regulated pollutants, in relation to both EU air quality standards and the 2021 WHO guideline levels. The assessment shows that, in spite of constant improvements, exceedances of air quality standards are common across the EU, with concentrations well above the latest WHO recommendations.

Published 24 Apr 2023 — Last modified 28 Apr 2023 — 14 min read — Photo: © Branko Nađ, Well with Nature /EEA

- Nonostante i miglioramenti intervenuti nella qualità dell'aria, i livelli degli inquinanti atmosferici sono tuttora superiori ai Valori Limite UE in molti siti in Europa e **l'inquinamento atmosferico costituisce uno dei principali rischi sanitari per i cittadini europei.**
- Nel 2021 il **97% della popolazione urbana era esposta al particolato fine per valori superiori alle nuove Linee Guida OMS**
- **L'Europa centro orientale e l'Italia registrano ancora le più alte concentrazioni di particolato atmosferico.**
- **Tutti i Paesi membri registrano valori di Ozono (O<sub>3</sub>) e Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) superiori alle Linee Guida OMS per la qualità dell'aria a tutela della salute.**

Source: European Environmental Agency, 2023

# Esposizione e salute nelle città europee

Percentuale della popolazione urbana EU esposta a valori di concentrazione superiori ai limiti normativi EU e alle linee guida OMS (anno 2021)

L'esposizione maggiore all'inquinamento atmosferico e agli 'hot spots' avviene **nelle città**

*I Cittadini e i City users di Milano appartengono a queste 'eccezioni' europee*



Fonte: AIR003 in EEA, 20



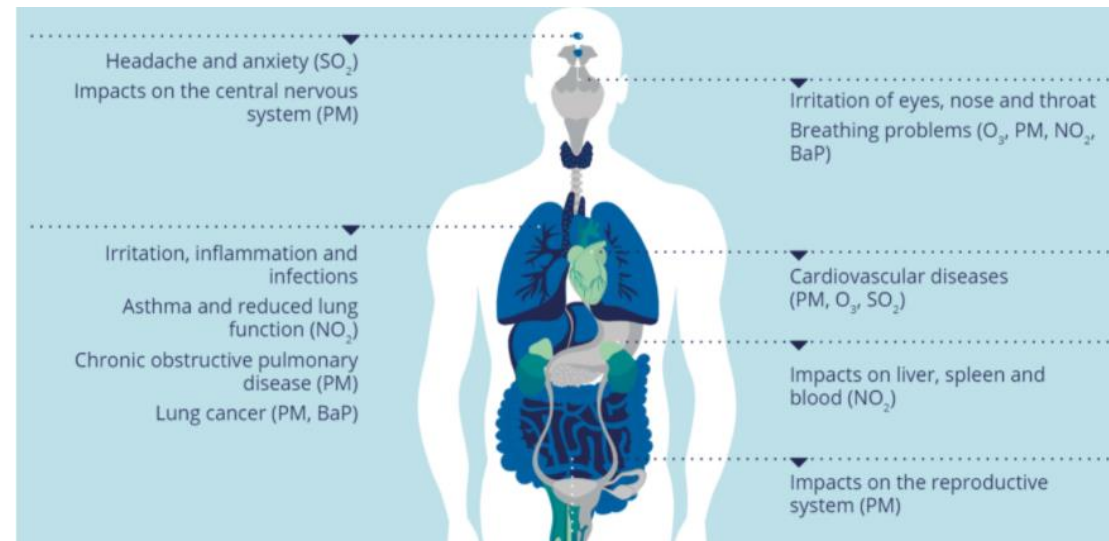
Comune di Milano



AGENZIA  
MOBILITÀ  
AMBIENTE  
TERRITORIO

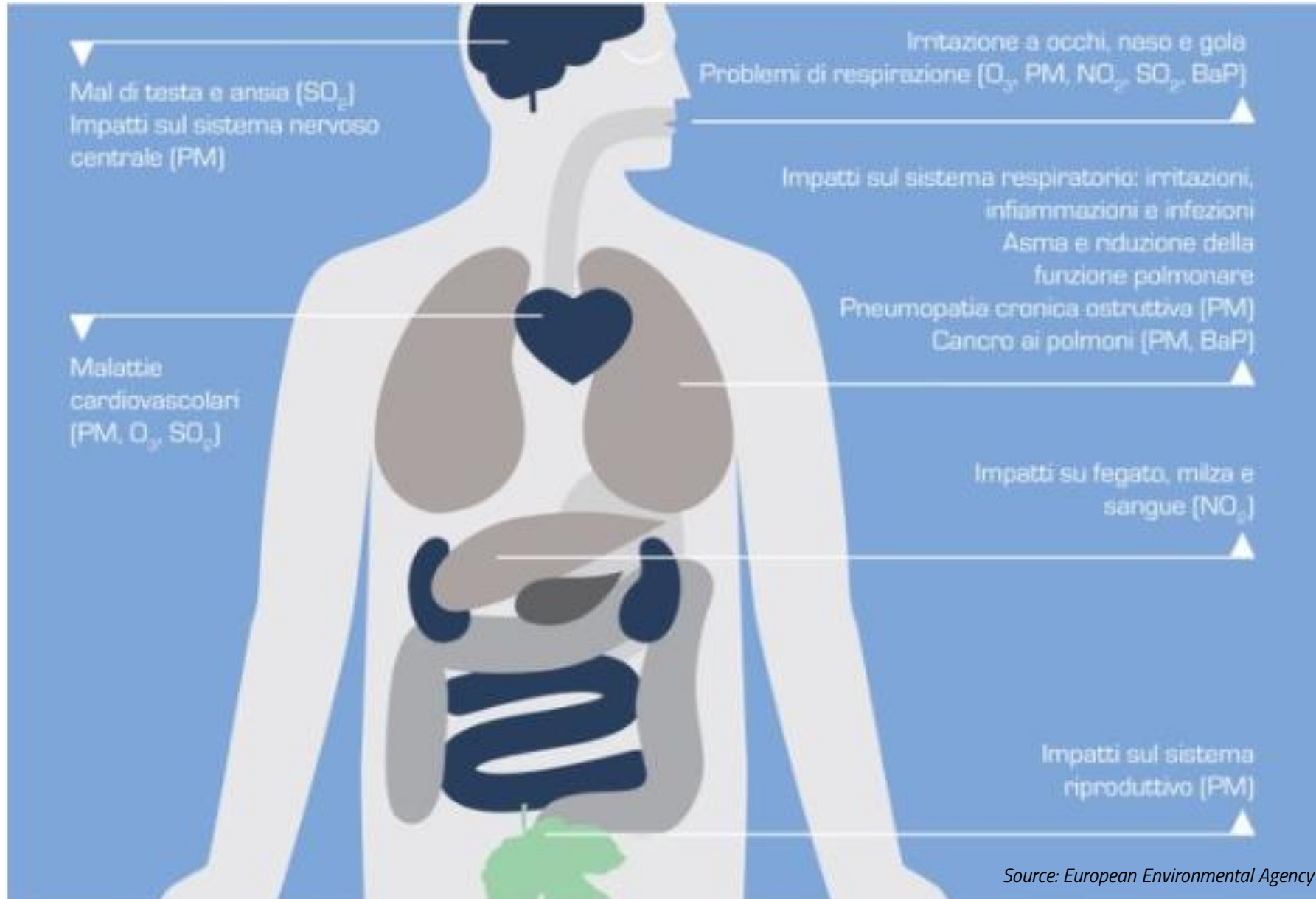
# Effetti sulla salute della qualità dell'aria

La letteratura scientifica clinica, tossicologica ed epidemiologica riporta **riscontri incontrovertibili** su una vasta gamma di effetti sanitari che possono affliggere la popolazione sia per effetto di **esposizione di lungo termine** all'inquinamento atmosferico (effetti cancerogeni, aumento della mortalità e morbilità per effetto di patologie respiratorie e cardiovascolari, danni cognitivi, diabete, etc) che **di breve termine**, per cui si riscontra un aumento della mortalità e l'esacerbazione di temporanee - ma disabilitanti - patologie (es. asma ricorrente, riduzione della funzionalità respiratoria, infiammazioni/irritazioni di naso e gola, etc).



In particolare gli effetti più gravi ricorrono nelle **fasce più vulnerabili della popolazione** quali i **bambini** (disordini neuro-comportamentali, autismo, etc), le **donne in gravidanza** (ipertensione) e **neonati** anche in **età prenatale** (nascita sottopeso, dimensioni cranio ridotte, minore quoziente intellettivo e sviluppo intellettuale ritardato), le **persone anziane** (demenza e alzheimer) e **malate**.

# Effetti sulla salute della qualità dell'aria

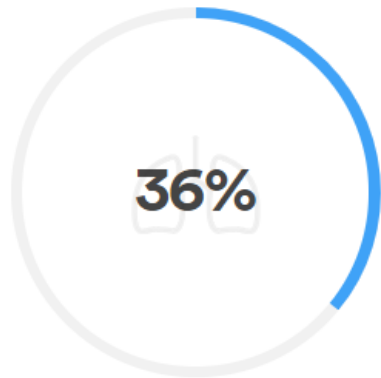


# Inquinamento atmosferico come causa di mortalità

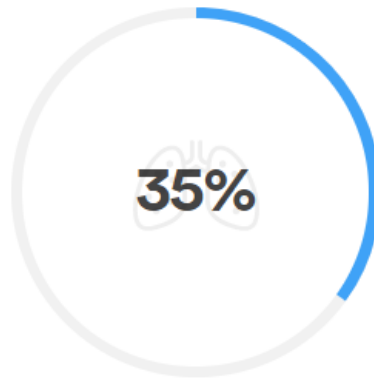


HEALTH & DISEASE BURDEN

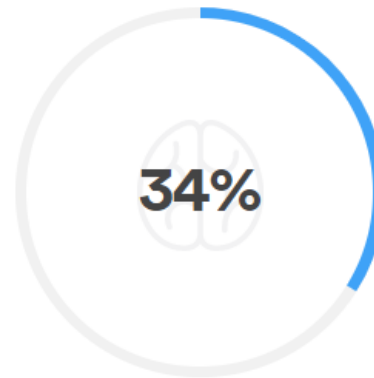
**Air pollution is a leading cause of many common killers.**



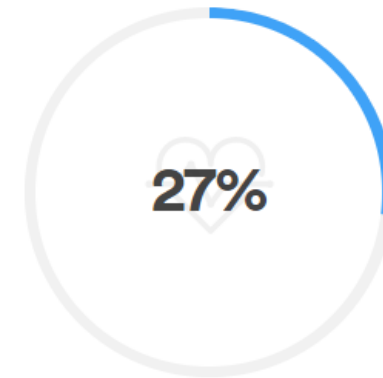
of lung cancer deaths



of COPD (pulmonary disease) deaths

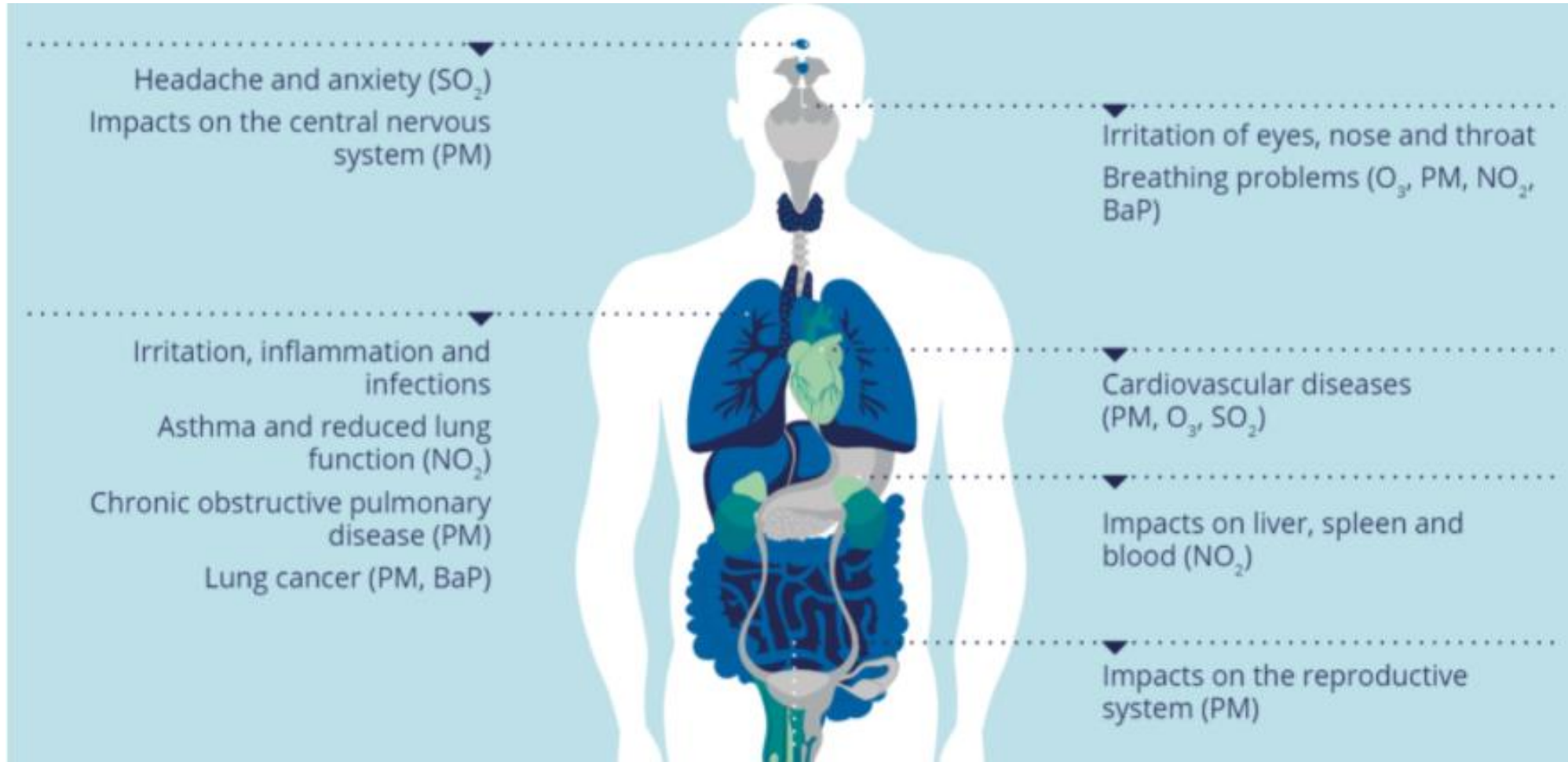


of stroke deaths



of heart disease deaths

# Effetti sulla salute della qualità dell'aria



Fonte: European Environmental Agency

# Gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

## Particolato atmosferico (PM)

### COSA E'?

Il particolato (indicato come PTS, PM10, PM2.5, PM1) è costituito da materiale particellare presente in atmosfera a causa di processi di combustione (particolato primario) o da reazioni chimiche di particolari composti gassosi (particolato secondario), ma anche processi naturali, quali le eruzioni vulcaniche e l'erosione dei suoli da parte degli agenti atmosferici.

**PTS:** particolato totale

**PM10:** frazione di particolato '**inalabile**', caratterizzata da diametro aerodinamico inferiore a 10  $\mu\text{m}$ .

**PM2.5:** frazione di particolato '**respirabile**', caratterizzata da diametro aerodinamico inferiore a 2,5  $\mu\text{m}$ . E' in grado di raggiungere gli alveoli polmonari, veicolando nell'organismo le sostanze che lo compongono.

La **composizione del particolato** può essere molto variabile, e da essa, oltre che dalle dimensioni, dipende la pericolosità della sua inalazione. A es. può contenere gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (**IPA**), noti per la loro tossicità nei confronti dell'organismo umano (es. **benzo(a)pirene**, potente cancerogeno).

### EFFETTI SULLA SALUTE

Gli effetti sanitari conseguenti all'inalazione di particolato sono sia di **tipo acuto** (brevi esposizioni ad alte concentrazioni) che di **tipo cronico** (esposizione prolungata a concentrazioni non elevate).

Si manifestano principalmente con **affezioni dell'apparato respiratorio** (riduzione della funzionalità respiratoria, asma nei bambini, etc.) e **cardiocircolatorio** (infarti e ictus).

Recentemente la letteratura scientifica attribuisce al particolato anche tutta un'altra serie di danni che vanno dal **diabete**, al **ritardo nello sviluppo fisico e mentale dei bambini**, a **danni cognitivi** (autismo nei bambini e Alzheimer negli anziani) e **disfunzioni neurologiche**.

Nell'ottobre 2013 il particolato ambientale è stato inoltre dichiarato '**cancerogeno**' di **tipo I** dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS/WHO) che ha preso atto delle evidenze scientifiche a riguardo



Comune di  
Milano



AGENZIA  
MOBILITÀ  
AMBIENTE  
TERRITORIO

Fonte: AMAT, 2022 - Piano Aria e Clima del Comune di Milano, Appendice 3

# Implicazioni sulla salute della qualità dell'aria

International Agency for Research on Cancer



PRESS RELEASE  
N° 221

17 October 2013

## IARC: Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths

**Lyon/Geneva, 17 October 2013** – The specialized cancer agency of the World Health Organization, the International Agency for Research on Cancer (IARC), announced today that it has classified outdoor air pollution as carcinogenic to humans (Group 1).

After thoroughly reviewing the latest available scientific literature, the world's leading experts convened by the IARC Monographs Programme concluded that there is sufficient evidence that exposure to outdoor air pollution causes lung cancer (Group 1). They also noted a positive association with an increased risk of bladder cancer.

**PM** Particulate matter, a major component of outdoor air pollution, was evaluated separately and was also classified as carcinogenic to humans (Group 1).

The IARC evaluation showed an increasing risk of lung cancer with increasing levels of exposure to particulate matter and air pollution. Although the composition of air pollution and levels of exposure can vary dramatically between locations, the conclusions of the Working Group apply to all regions of the world.

**PM - Particulate Matter (o Particolato atmosferico) é  
dichiarato 'cancerogeno' del Gruppo I dallo IARC-WHO**

# Gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

## Particolato atmosferico (PM)

### COSA E'?

Il particolato (indicato come PTS, PM10, PM2.5, PM1) è costituito da materiale particellare presente in atmosfera a causa di processi di combustione (particolato primario) o da reazioni chimiche di particolari composti gassosi (particolato secondario), ma anche processi naturali, quali le eruzioni vulcaniche e l'erosione dei suoli da parte degli agenti atmosferici.

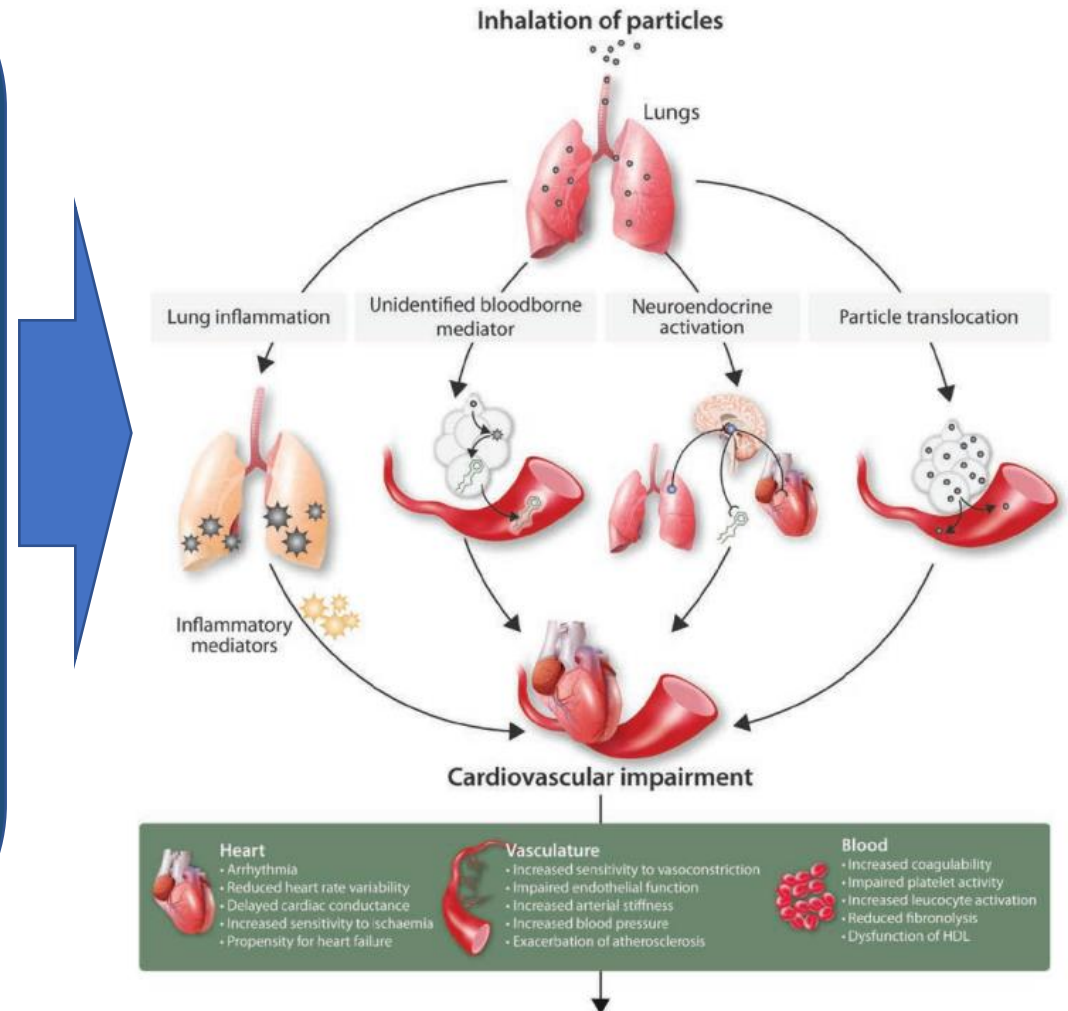
**PTS:** particolato totale

**PM10:** frazione di particolato 'inalabile', caratterizzata da diametro aerodinamico inferiore a 10 µm.

**PM2.5:** frazione di particolato 'respirabile', caratterizzata da diametro aerodinamico inferiore a 2,5 µm. E' in grado di raggiungere gli alveoli polmonari, veicolando nell'organismo le sostanze che lo compongono.

La **composizione del particolato** può essere molto variabile, e da essa, oltre che dalle dimensioni, dipende la pericolosità della sua inalazione. A es. può contenere gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), noti per la loro tossicità nei confronti dell'organismo umano (es. **benzo(a)pirene**, potente cancerogeno).

Systematic Review of Selected Health Effects of Long-Term Exposure to TRAP



Fonte: HEI; 2022

Fonte: AMAT, 2022 - Piano Aria e Clima del Comune di Milano, Appendice 3

ATS - Mobilità sostenibile - utilizzo dell'auto privata: costo sociale e ambientale connesso, 26/05/2023, Silvia Moroni



Comune di  
Milano



AGENZIA  
MOBILITÀ  
AMBIENTE  
TERRITORIO

# Gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

## Particolato atmosferico (PM)

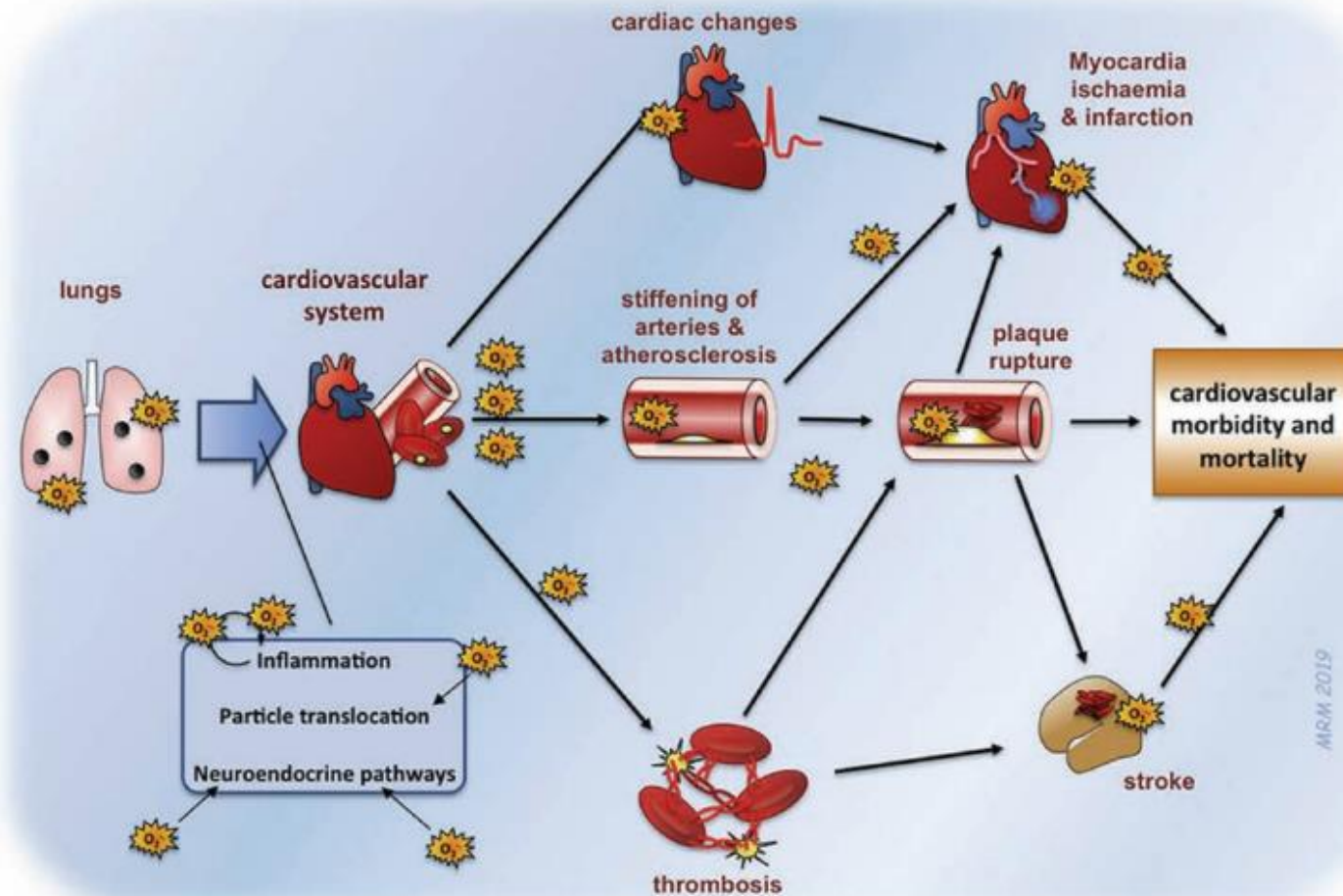


Figure 3.5. Mechanistic effects of air pollution on cardiovascular morbidity and mortality. (Miller 2020; Creative Commons license CC BY 4.0)

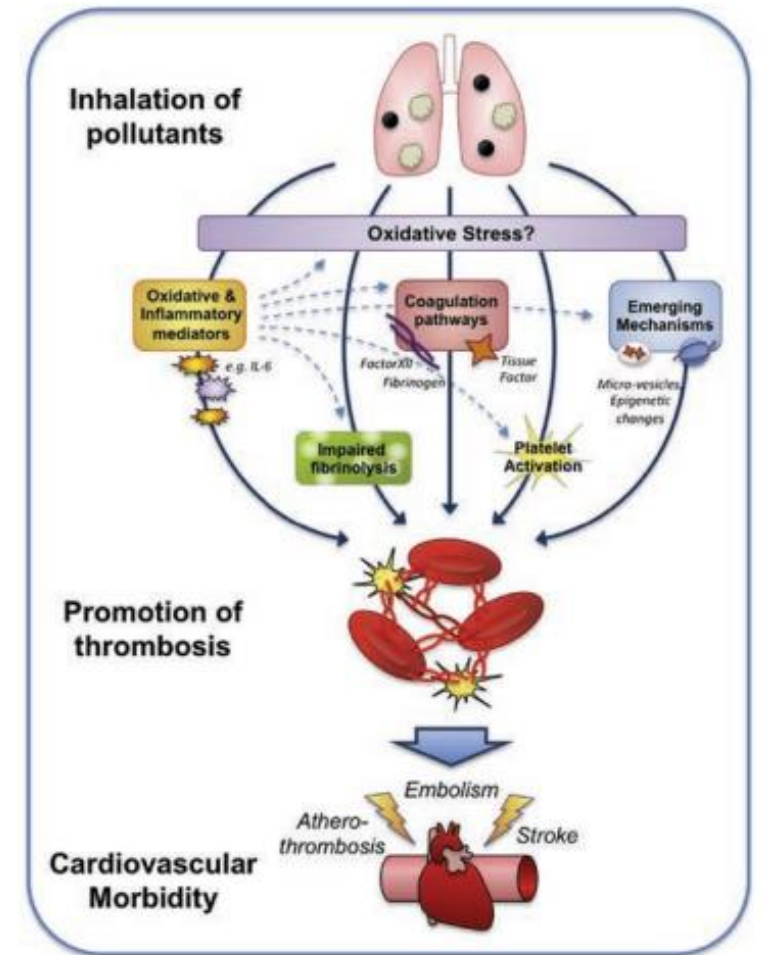


Figure 3.6. Pathways by which inhalation of pollutants can promote thrombosis. (Miller 2020; Creative Commons license CC BY 4.0)

Fonte: HEI; 2022

# Gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

## Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

### COSA E'?

Gli ossidi di azoto sono costituiti, per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico, dal monossido (NO) e biossido di azoto (NO<sub>2</sub>).

La presenza in atmosfera di NO (inquinante primario) e NO<sub>2</sub> (inquinante secondario) è dovuta essenzialmente ai processi di combustione; in particolare la loro formazione dipende dal tenore di ossigeno e dalla temperatura raggiunta in camera di combustione.

Le principali sorgenti di ossidi di azoto sono costituite dal settore dei trasporti e dagli impianti termici (centrali di potenza e impianti di riscaldamento).



### EFFETTI SULLA SALUTE

L'esposizione ad alte concentrazioni di ossidi di azoto ha **un'azione lesiva nei confronti delle vie respiratorie profonde con una riduzione della funzionalità polmonare e degli alveoli polmonari** (edema polmonare); a basse concentrazioni provoca **irritazione alle mucose**.

L'esposizione a NO<sub>2</sub> provoca inoltre un **aumento della suscettibilità alle infezioni batteriche e virali**.

Recentemente sono stati riscontrati possibili effetti dell'NO<sub>2</sub> sulla funzionalità dell'apparato cardiovascolare (**ischemie, aritmie e scompenso cardiaco**).

# Gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

## Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

### COSA E'?

Gli ossidi di azoto sono costituiti, per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico, dal monossido (NO) e biossido di azoto (NO<sub>2</sub>). La presenza in atmosfera di NO (inquinante primario) e NO<sub>2</sub> (inquinante secondario) è dovuta essenzialmente ai processi di combustione; in particolare la loro formazione dipende dal tenore di ossigeno e dalla temperatura raggiunta in camera di combustione.

Le principali sorgenti di ossidi di azoto sono costituite dal settore dei trasporti e dagli impianti termici (centrali di potenza e impianti di riscaldamento).

Systematic Review of Selected Health Effects of Long-Term Exposure to TRAP

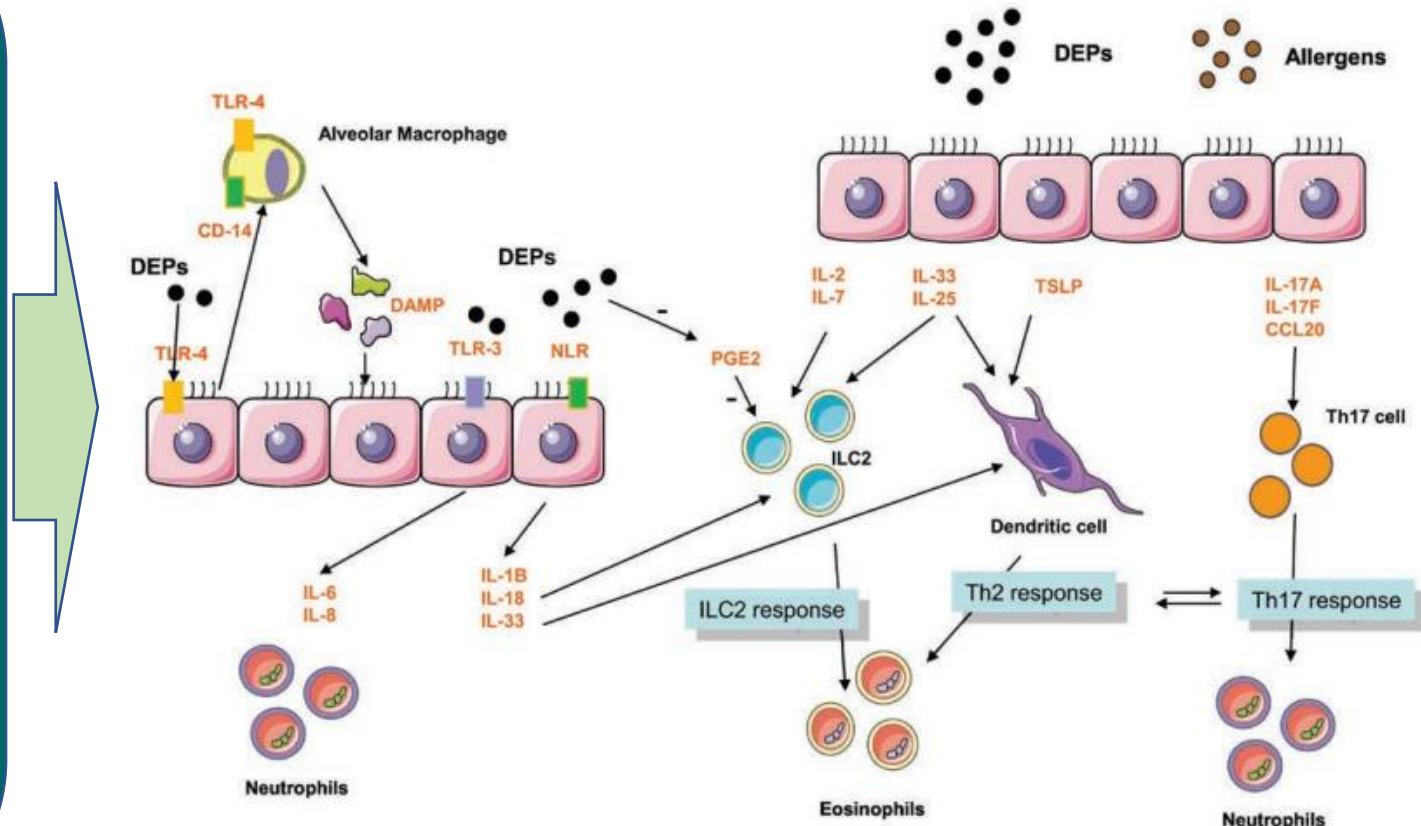
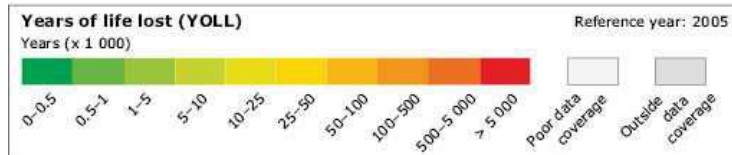
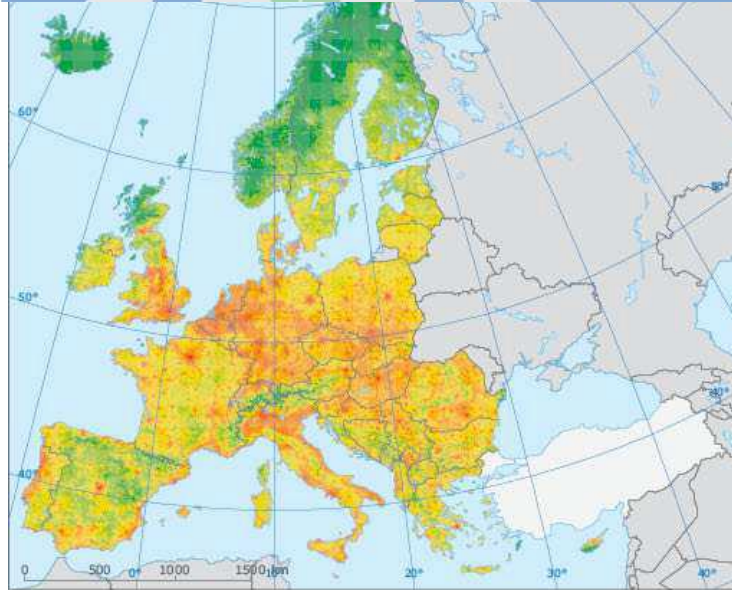
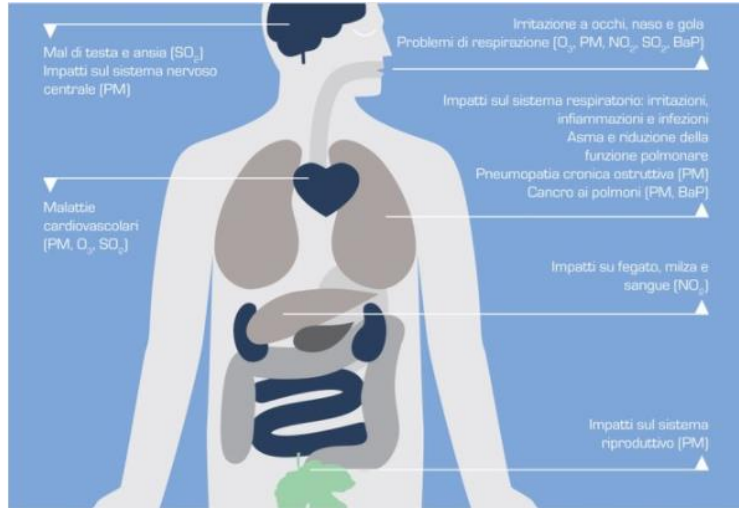


Figure 3.3. Diesel exhaust particles and immunological mechanisms that orchestrate the asthmatic response. (Reprinted from Muñoz et al. 2019 with permission from Elsevier)

# Implicazioni sulla salute della qualità dell'aria in UE



Si stima che in Europa l'inquinamento atmosferico provochi **467.000 decessi<sup>a)</sup> prematuri ogni anno** e che i relativi costi esterni da sostenere per la società ammontino da **330 a 940 miliardi di Euro/anno.**

Il persistere di elevati livelli di **NO<sub>2</sub>** ha causato quasi 65.000 decessi prematuri in Europa: pressoché **tre volte il numero dei decessi causati da incidenti stradali.**

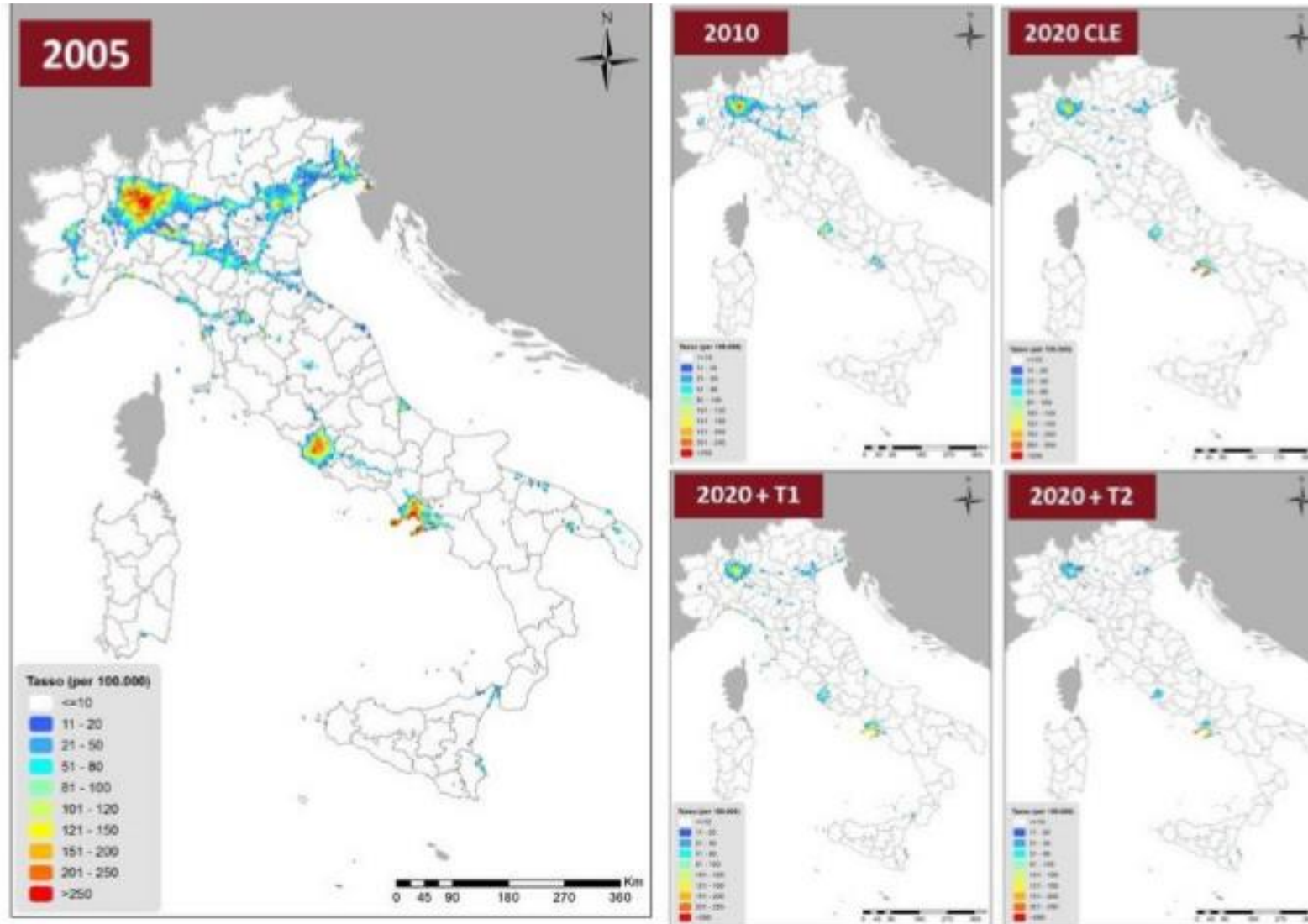
Fonte: EEA, 2107, EEA, 2022; WHO; OECD, 2015

a) *In Italia: 67.000 decessi/anno, con costi dai 97 ai 130 miliardi di Euro (4,7-7% del PIL)*

# Gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

Decessi per cause non accidentali attribuibili a PM2.5 per 100.000 residenti per (4x4km)  
nell'anno di riferimento 2005, 2010, 2020 (CLE) e scenari target 1 e 2

Studio  
nazionale  
Gruppo  
VIAS



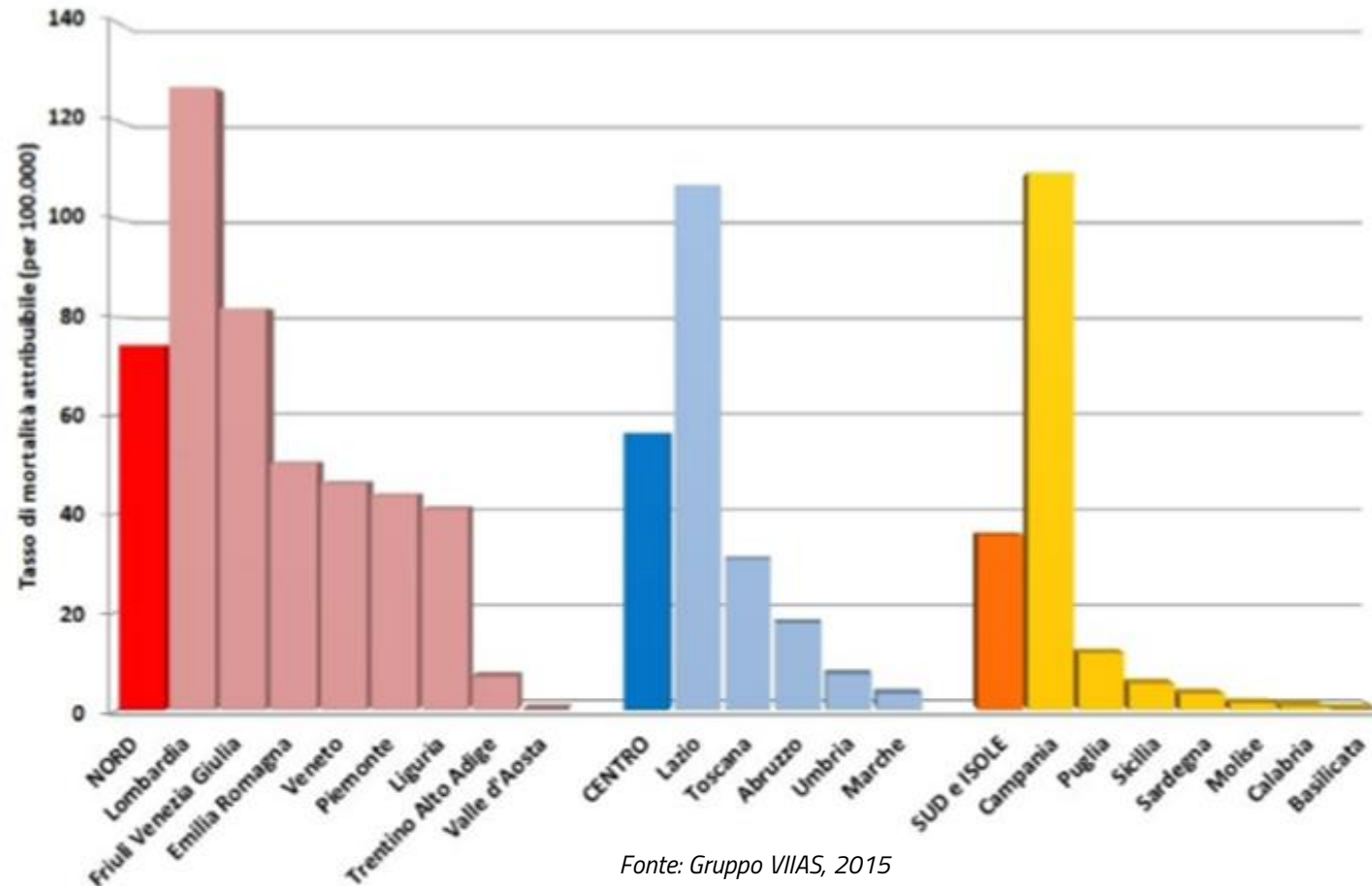
Fonte: Gruppo VIAS, 2015

# Gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

Decessi per cause non accidentali attribuibili a **NO<sub>2</sub>** per 100.000 residenti

per macro area geografica e regione (2005)

**Studio  
nazionale  
Gruppo  
VIIAS**

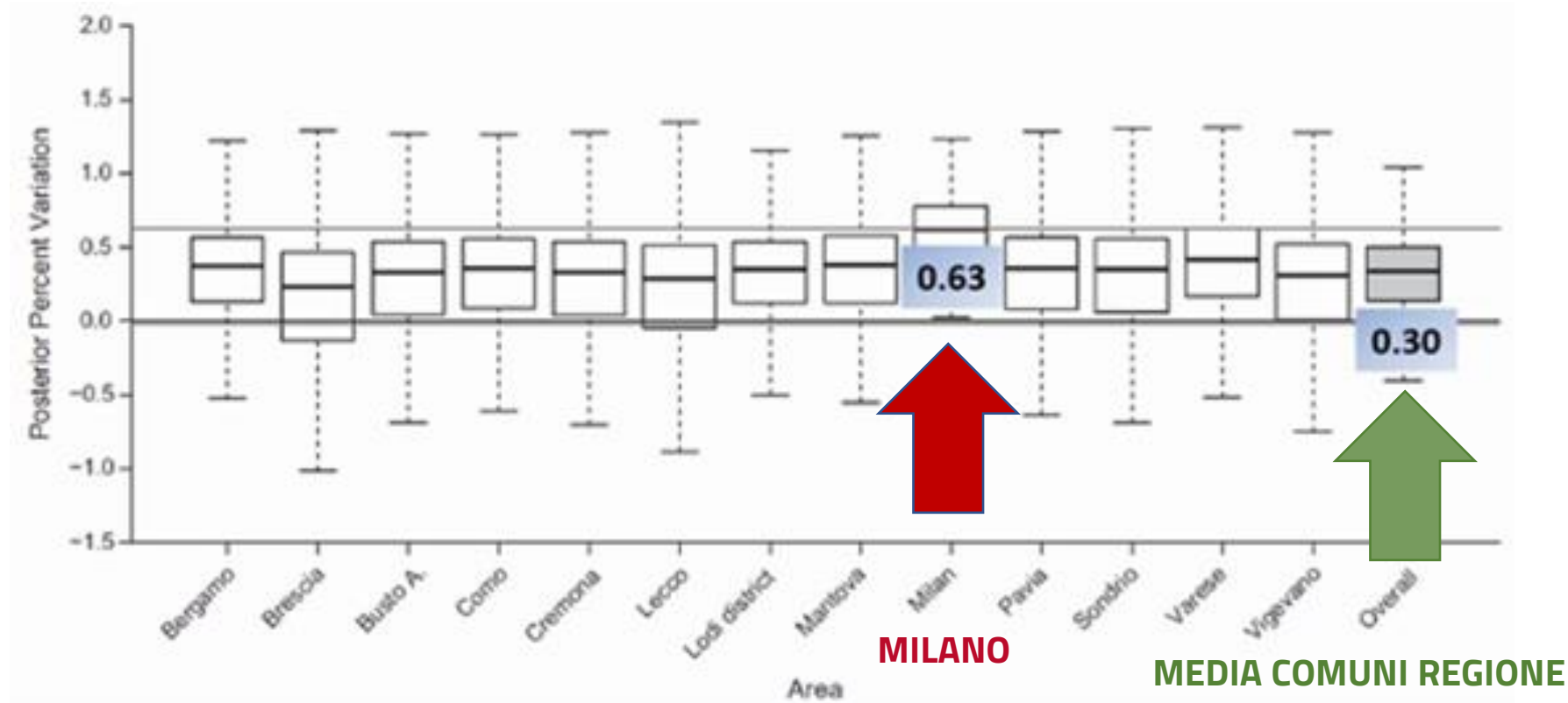


Fonte: Gruppo VIIAS, 2015

# Implicazioni sulla salute della qualità dell'aria a Milano

La **variazione di mortalità** attribuibile ad un aumento delle concentrazioni di **PM10** pari a  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

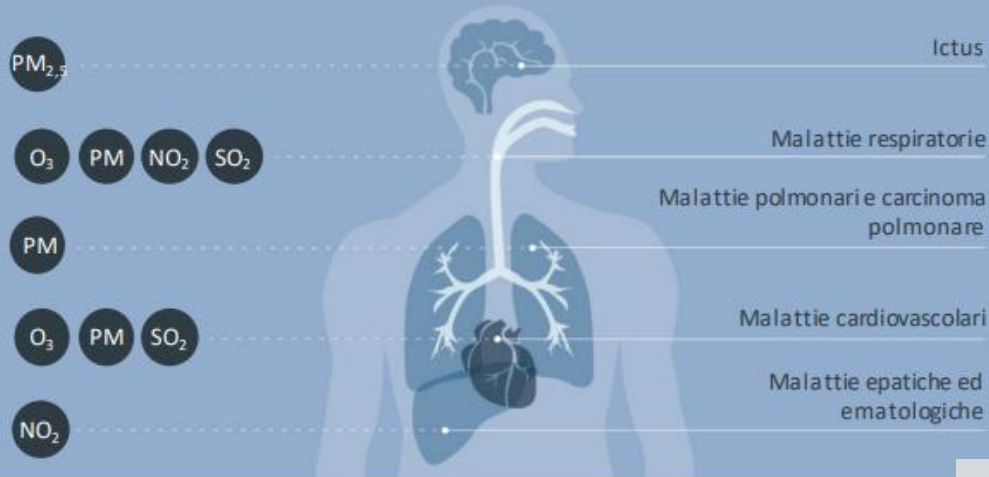
risulta a Milano pari a più del doppio di quella relativa alle altre località della Regione Lombardia: **0,63 vs 0,30**



Fonte: Baccini et al., 2011 in Bertazzi & Carugno, 2017

# Gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

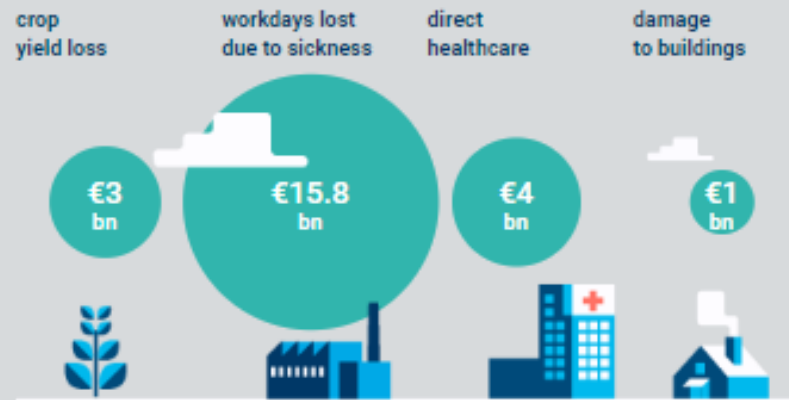
## EFFETTI SULLA SALUTE UMANA



...sono  
costi per la società  
(Costi esterni)

La Commissione Europea ha stimato che basterebbe **spendere 3,3 miliardi di euro** nel mitigare l'inquinamento dell'aria perché questo si traduca in un **risparmio annuale di almeno 40 miliardi**, sia sociale che sanitario.

### Economic costs of air pollution



### Environment



Comune di  
Milano



AGENZIA  
MOBILITÀ  
AMBIENTE  
TERRITORIO

# Piani per il miglioramento della Qualità dell'Aria

L'art. 23 della **Direttiva europea sulla Qualità dell'aria ambiente 2008/50/EC** (ripreso dall'art. 9 del **D.Lgs 155/2010** che l'ha recepita nell'ordinamento italiano), stabilisce che, nelle zone o agglomerati in cui i livelli degli inquinanti superano i valore limite o obiettivo debbano essere adottati Piani e misure al fine di consentirne il rispetto 'nel più breve tempo possibile' a tutela della salute dei cittadini.

Tali piani possono essere integrati da **Piani di Azione di breve termine** per il contenimento della durata e gravità degli episodi acuti di inquinamento. Entrambe le tipologie di piano possono includere **misure specifiche volte a tutelare gruppi sensibili di popolazione**, quali i bambini, come viene espressamente indicato nella **Direttiva europea**.

11.6.2008

IT

Gazzetta ufficiale dell'Unione europea

L 152/1

I

(Atti adottati a norma dei trattati CE/Euratom la cui pubblicazione è obbligatoria)

DIRETTIVE

DIRETTIVA 2008/50/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 21 maggio 2008

relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa

IL PARLAMENTO EUROPEO E IL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA,

(2)

Ai fini della tutela della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso, è particolarmente importante combattere alla fonte l'emissione di inquinanti nonché individuare e attuare le più efficaci misure di riduzione delle emissioni a livello locale, nazionale e comunitario. È opportuno pertanto evitare, prevenire o ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici nocivi e definire adeguati obiettivi per la qualità dell'aria ambiente che tengano conto delle pertinenti norme, orientamenti e programmi dell'Organizzazione mondiale della sanità.

visto il trattato che istituisce la Comunità europea, in particolare l'articolo 175,

vista la proposta della Commissione,

# Milan, an inclusive city

Actions to reduce sources of air pollution  
and get citizens to adopt aware lifestyles

**1.4 million**  
inhabitants

**7,518**  
Inh./km<sup>2</sup>

**800,000**  
Commuters/day

**6,8 millions**  
Tourists in 2018 (ISTAT)

**2,25 Billion Euros/year**  
Air pollution external cost in 2017 (AMAT)

# Milan: Air Quality and the Climate Change

## Annual average

2020

PM<sub>10</sub> : 34 µg/m<sup>3</sup>

PM<sub>2,5</sub> : 24 µg/m<sup>3</sup>

NO<sub>2</sub> : 39 µg/m<sup>3</sup>

O<sub>3</sub> : 116 exceeding days

WHO 2005 Guidelines

20 µg/m<sup>3</sup>

10 µg/m<sup>3</sup>

40 µg/m<sup>3</sup>

0 exceeding days

**WHO 2021 New Guidelines**

Source: AMAT data processing on Arpa Lombardia data

**+2°C**

Average Annual Temperature  
(1901-2017)

**over 2°C \_ Summer**

**over 1°C \_ Winter**

Projection to 2050 of the maximum and minimum temperature increase

Source: Profile Climatico Locale, Arpa Lombardia e Arpa Emilia Romagna, Comune di Milano

**The City Council declared  
a Climate and Environmental Emergency  
in May 2019**



# OBBLIGHI/IMPEGNI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA (PM10, NO<sub>2</sub>)

**2014**

CE avvia Procedura di infrazione n° 2014\_2147 all'Italia in 19 zone ed agglomerati (Milano) superamento dei valori limite di **PM10** tra il 2008 e il 2012

**2020**

Sentenza di condanna della Corte di Giustizia

**2015**

CE avvia Procedura di infrazione n° 2015\_2043 contro l'Italia in 12 zone e agglomerati (Milano) per il mancato rispetto dei livelli di **NO2**

**2022**

Sentenza di condanna della Corte di Giustizia

**2019**

C40 Clean Air Cities Declaration  
Planned Actions to Deliver Commitments  
(PM10, PM2.5, NO2, O3)

**2021** Sviluppo di una strategia per il rispetto dei limiti UE nel più breve tempo possibile e per il tendenziale avvicinamento ai valori delle Linee Guida OMS



Rispetto dei limiti UE nel più breve tempo possibile:  
**Piano Aria**

## SFIDE DI MEDIO PERIODO

2025

- **Qualità dell'Aria** PM10, PM2,5 e NO2  
rispettare i **valori limite delle concentrazioni Unione Europea**  
Direttiva 2008/50/EC (recepita dal D.Lgs. 155/2010)

2030

- **Qualità dell'Aria**  
ridurre le **concentrazioni per raggiungere obiettivi dell'OMS**
- **-45% di emissioni di CO2**  
rispetto al 2005
- **-60%**  
In relazione alle azioni sovracomunali

## SFIDE DI LUNGO PERIODO

2050

- **Qualità dell'aria**  
rispetto dei **valori indicati dalle Linee Guida dell'OMS**
- **Milano Carbon Neutral**
- **< 2°C**  
contenere l'aumento della temperatura urbana



# Le sfide del Piano Aria e Clima

<https://www.comune.milano.it/piano-aria-clima>

## Qualità dell'aria

rientrare nei valori limite delle concentrazioni di **inquinanti** fissati dall'UE entro il **2025** e avvicinarsi ai valori indicati dall'**OMS** per la tutela della **salute** al **2050**

## Milano più fresca

contribuire a contenere l'aumento locale della temperatura entro i **2° C** al **2050**

## Milano carbon neutral

ridurre le emissioni di gas serra del **45 %** (a.r. 2005) per raggiungere la **neutralità carbonica** al **2050**



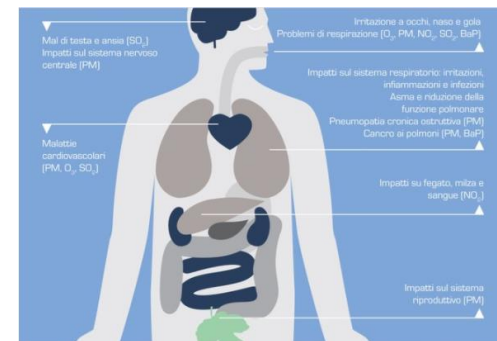
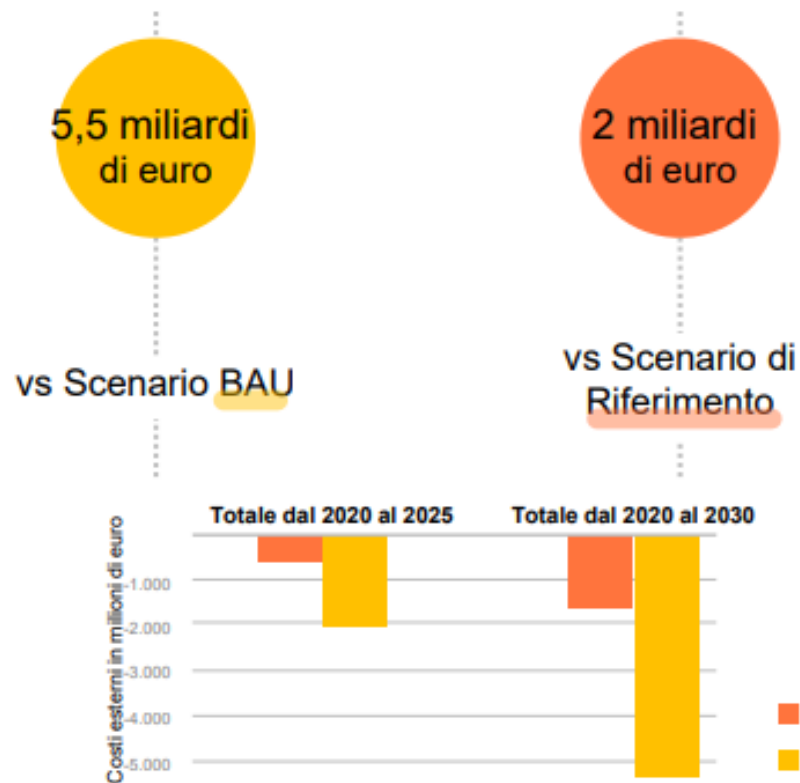
# Benefici del Piano Aria e Clima del Comune di Milano

## Effetti del Piano

Benefici del Piano Aria e Clima in termini di Riduzione dei costi esterni [Milioni di Euro] per danni alla salute da inquinamento atmosferico

Piano  
Aria  
Clima

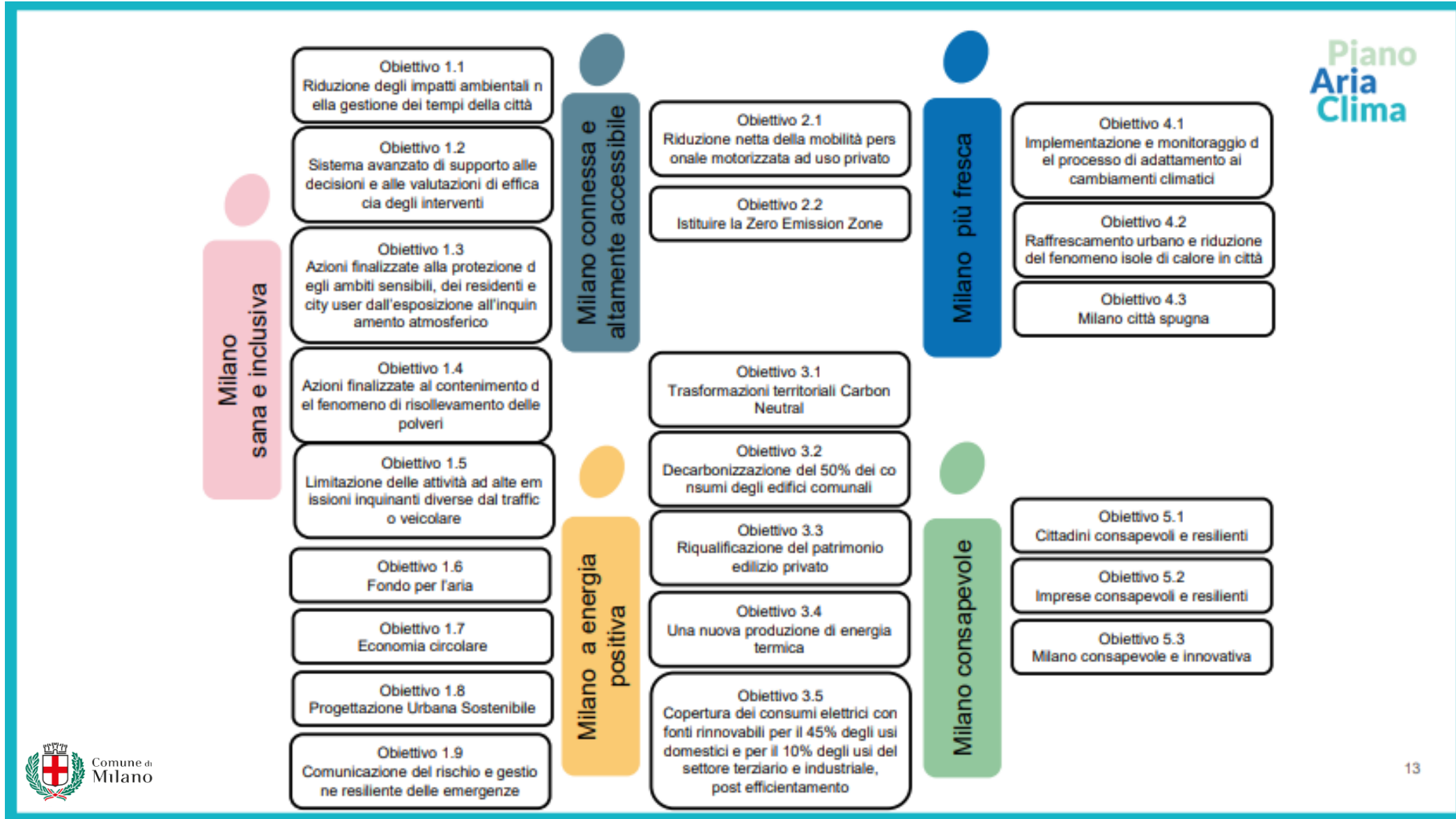
COSTI ESTERNI EVITATI  
DAL 2020 AL 2030  
(VALUTAZIONE AMAT, 2020)



Fonte: Forum Ambiente, Milano 2022



# Le Azioni del Piano Aria e Clima del Comune di Milano



# Interventi di protezione degli Ambiti Sensibili esistenti dall'esposizione al traffico di prossimità

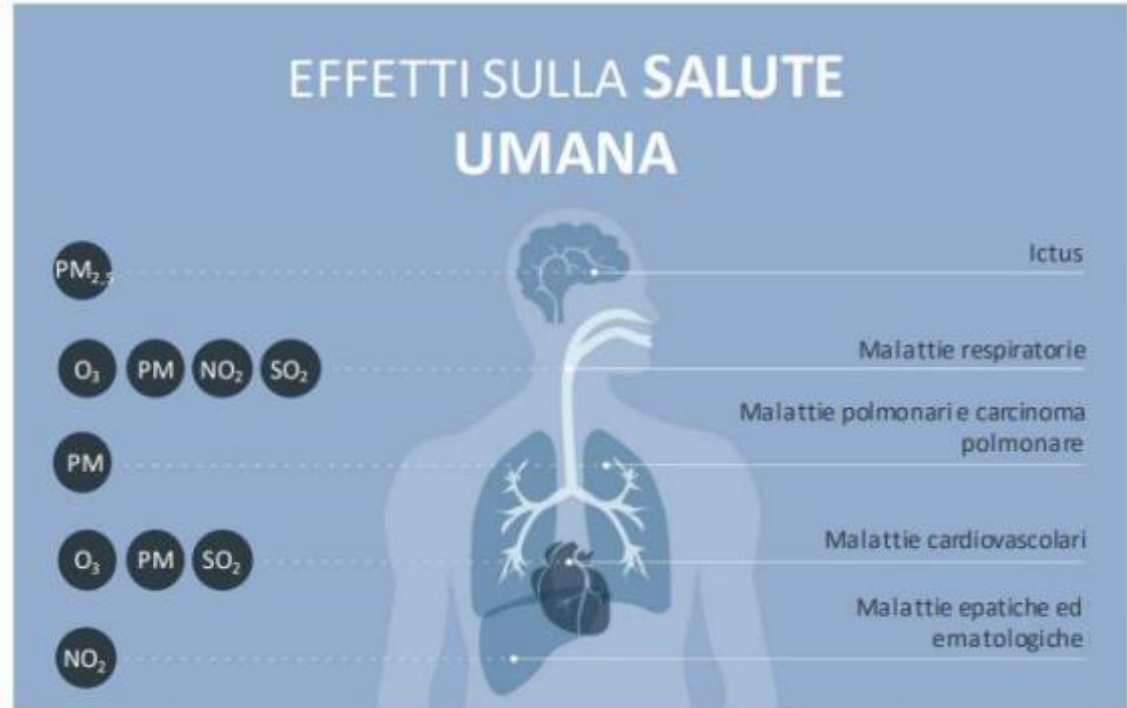
Le azioni del piano sono volte al raggiungimento di livelli di concentrazioni che rispettino gli standard normativi europei e OMS per la protezione della salute della popolazione.

Dall'esposizione al traffico di prossimità vanno in particolare tutelati i soggetti più fragili quali bambini, anziani, donne in gravidanza, malati cronici, etc



Vanno quindi protetti con interventi specifici:

SCUOLE, OSPEDALI, CASE DI CURA, AREE e CENTRI AGGREGAZIONE, etc



Fonte: EEA, 2013



# AZIONE 1.3.1 Tutela degli ambiti sensibili - Potenziali misure c/o Scuole

Area C  
Area B

## MODERAZIONE TRAFFICO

Zone 30,  
Strade residenziali, Aree pedonali  
Piste ciclabili, Pedibus  
Scuole 'CarFree'  
Sharing/TPL



## URBANISTICA TATTICA Piazze Aperte



## BARRIERE VERDI



Fonte: Abhijith, K.V et al., 2017



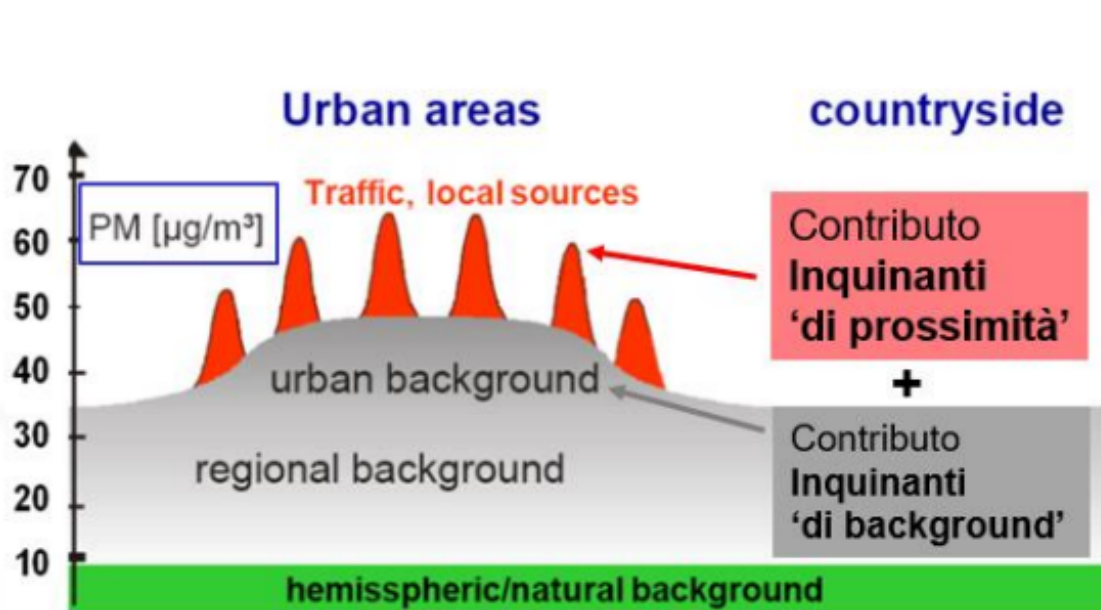
## DEPURAZIONE ARIA INDOOR



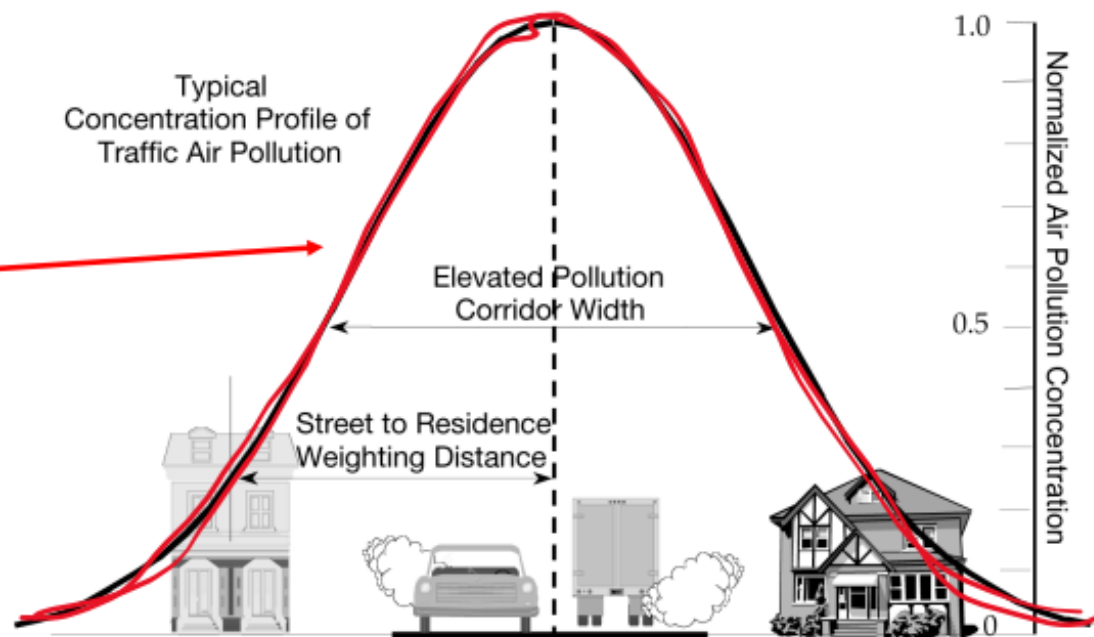
# Interventi di protezione degli Ambiti Sensibili esistenti dall'esposizione al traffico di prossimità

L'inquinamento atmosferico assume nell'edificato urbano criticità peculiari per effetto:

- ✓ della diretta prossimità dell'edificato ad arterie di traffico più o meno importanti
- ✓ alla presenza di 'canyon urbani' che rendono sfavorevole la dispersione degli inquinanti alla microscala.



Fonte: M. Lutz, adattamento Amat



Fonte: Pearson, 2008

# L'esposizione al 'traffico di prossimità'



Fonte: CARTEEH in HEI; 2022

# L'esposizione al 'traffico di prossimità'



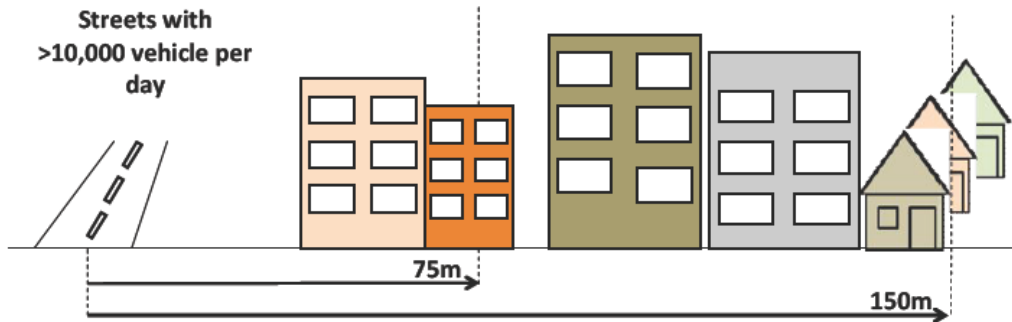
# L'esposizione al 'traffico di prossimità'

Concentrazione media annua di PM10, anno 2011

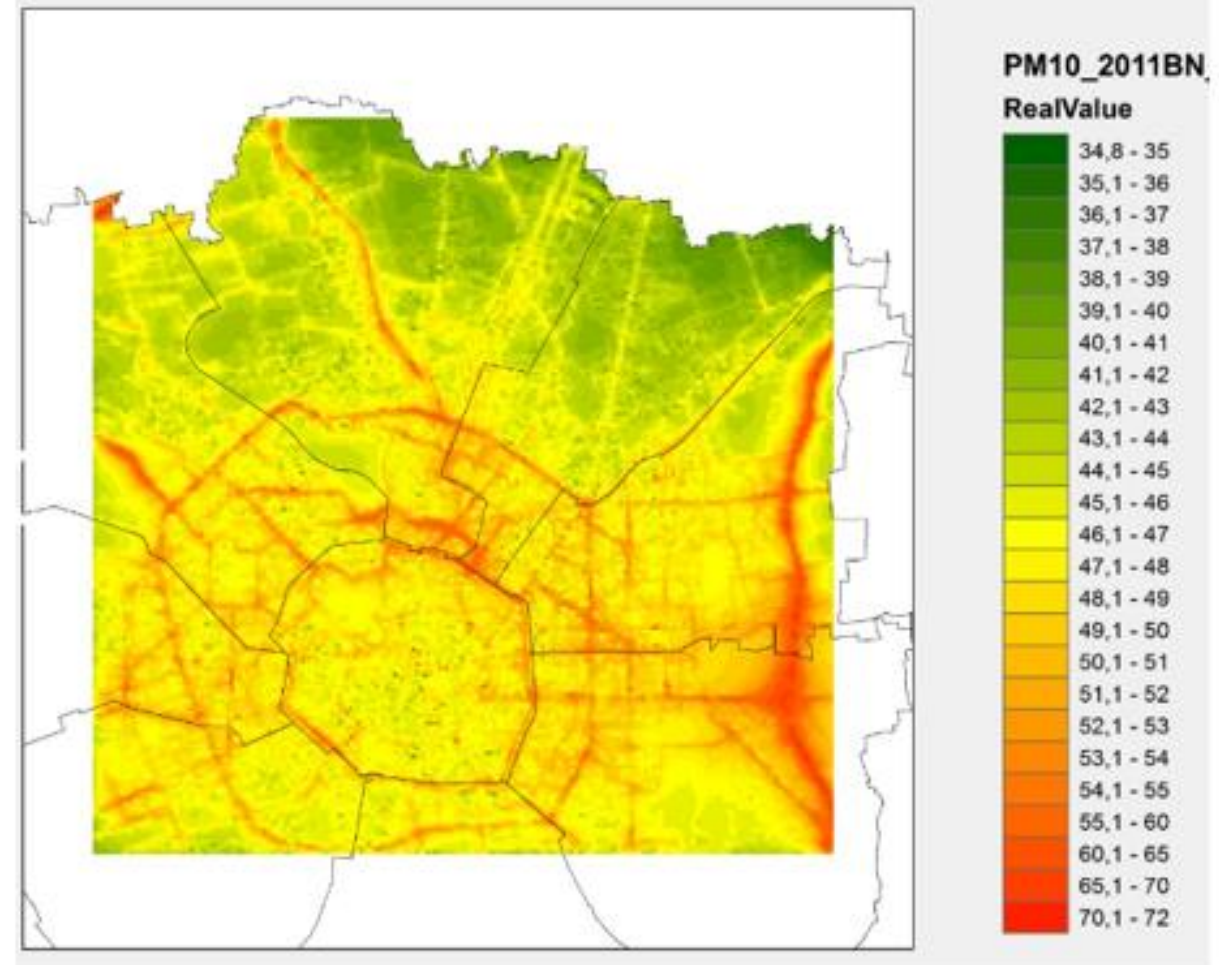
Simulazione modellistica a 50 metri - DECUMANUS FP7 EU Project

Rappresentazione dell'esposizione  
al traffico di prossimità in ambito urbano

APHEKOM EU Project



Fonte: Perez, 2013; Forastiere, 2011



Fonte: Elaborazioni AMAT su dati UPM, DECUMANUS FP7 Project, 2016

In: Piano Aria e Clima, Comune di Milano - Amat, 2020

# L'esposizione al 'traffico di prossimità'

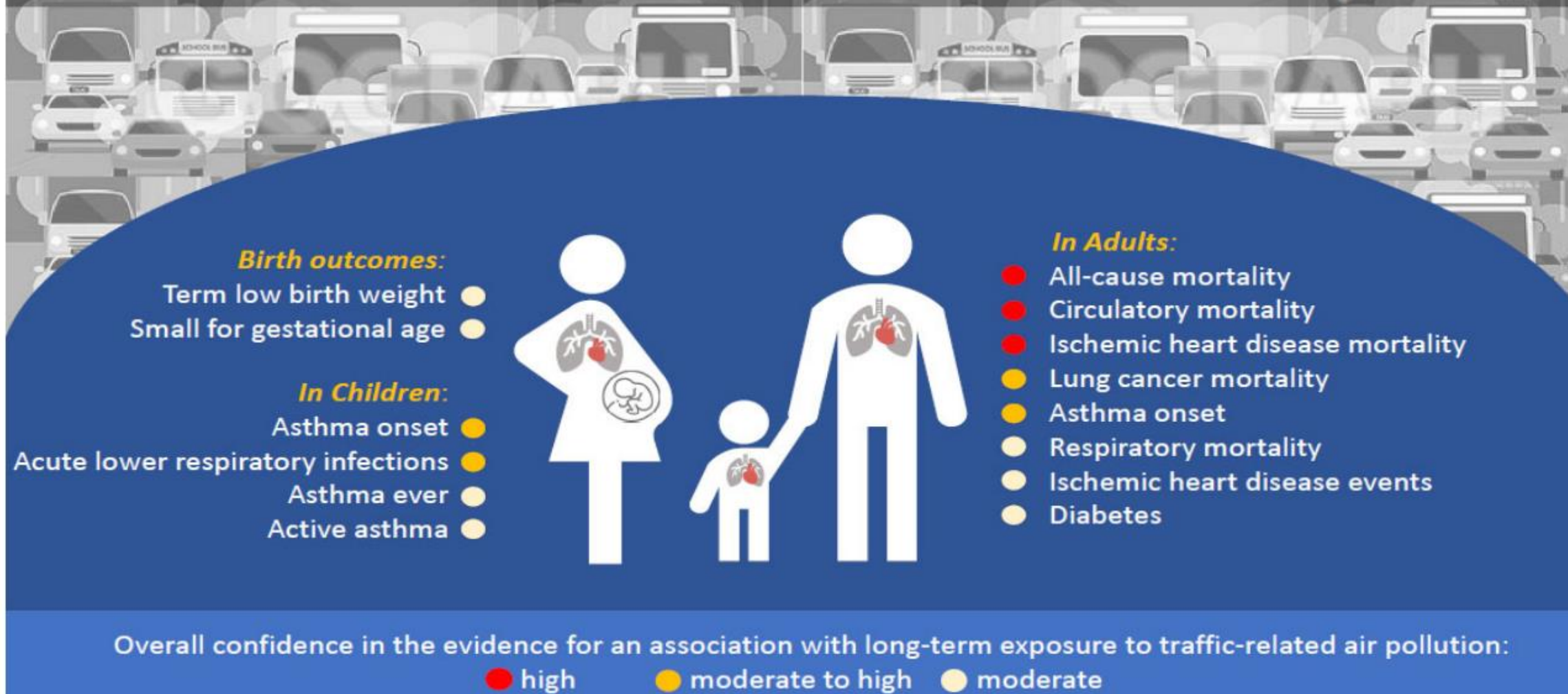
**TRP - Traffic-related Air Pollution** are finest particles (**UFP-Ultrafine Particles** or **NP-Nanoparticles**) characterized by the presence of toxic and carcinogenic compounds such as PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), **Black Carbon, benzene** and **heavy metals**.



TRP exposure may cause **chronic diseases** in population or aggravate already existing, because of the exposure that occurs during **residency, work** or **school activities and commuting**. Higher risks for **most sensitive population** (children, pregnant women and their future child, elderly and sick people).

# L'impatto sulla salute del 'traffico di prossimità'

Health outcomes associated with traffic-related air pollution



# L'impatto sulla salute del 'traffico di prossimità'

# HEI

SPECIAL REPORT 23

June 2022

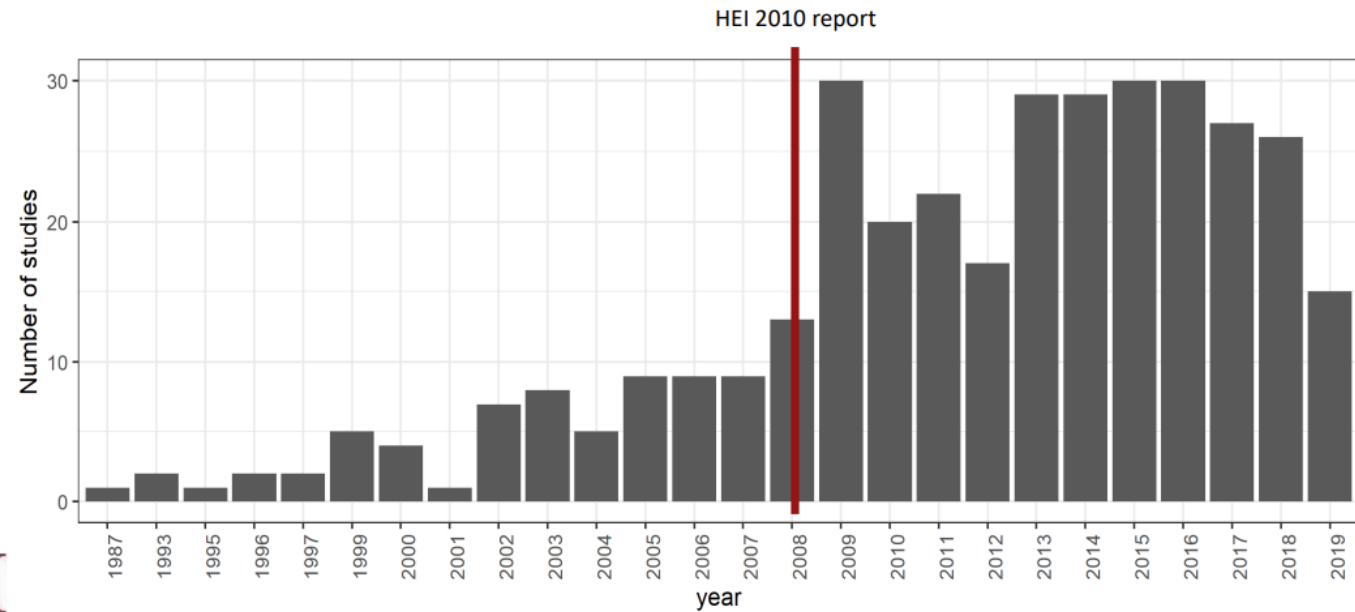


Systematic Review and Meta-analysis of Selected Health Effects of Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution

## Literature Search Results

353 studies included

Health outcome Category	Total number of studies
Birth outcomes	86
Respiratory outcomes - children	118
Respiratory outcomes - adults	50
Cardiometabolic outcomes	57
Mortality	48



HEI

Fonte: HEI, 2022



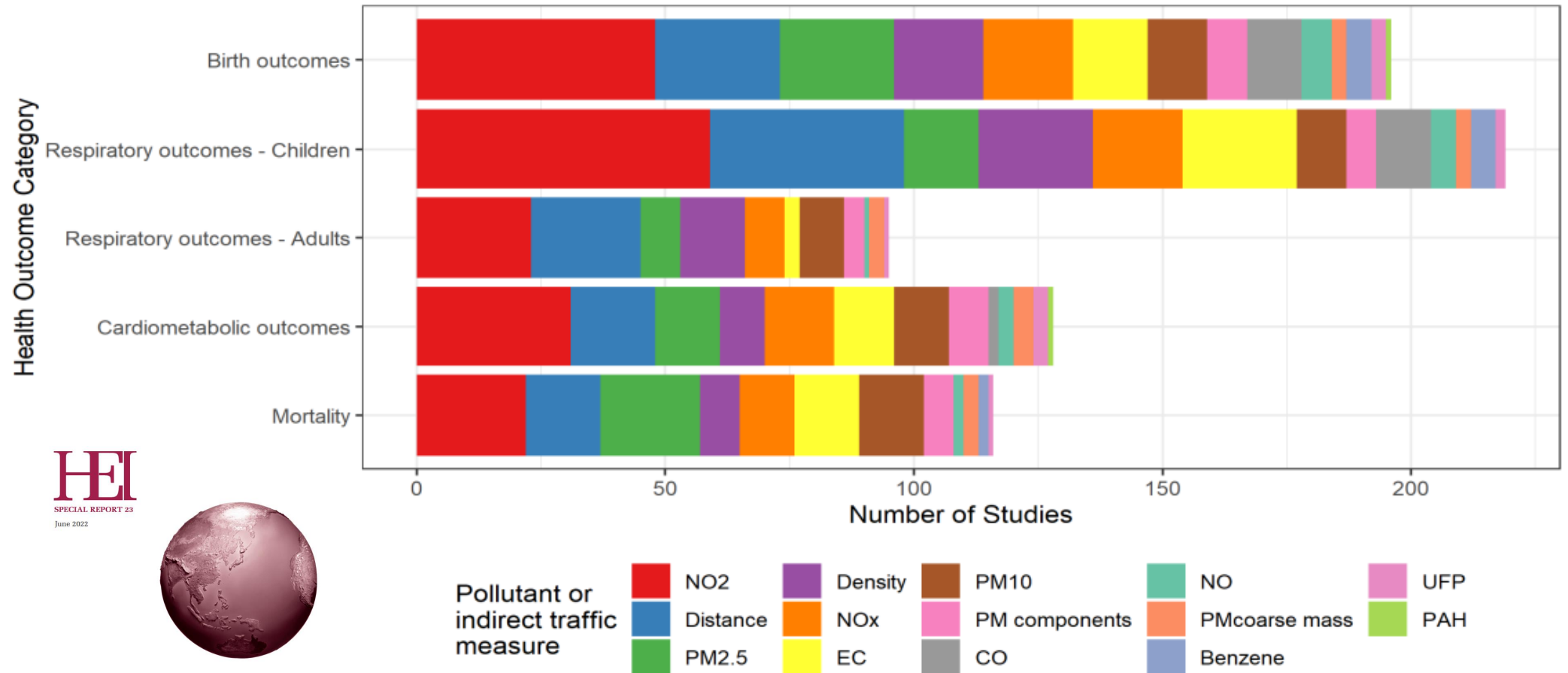
Comune di Milano



AGENZIA  
MOBILITÀ  
AMBIENTE  
TERRITORIO

# Traffico di prossimità: studi per i diversi inquinanti

## Number of Studies by Outcome and Pollutant



HEI  
SPECIAL REPORT 23  
June 2022

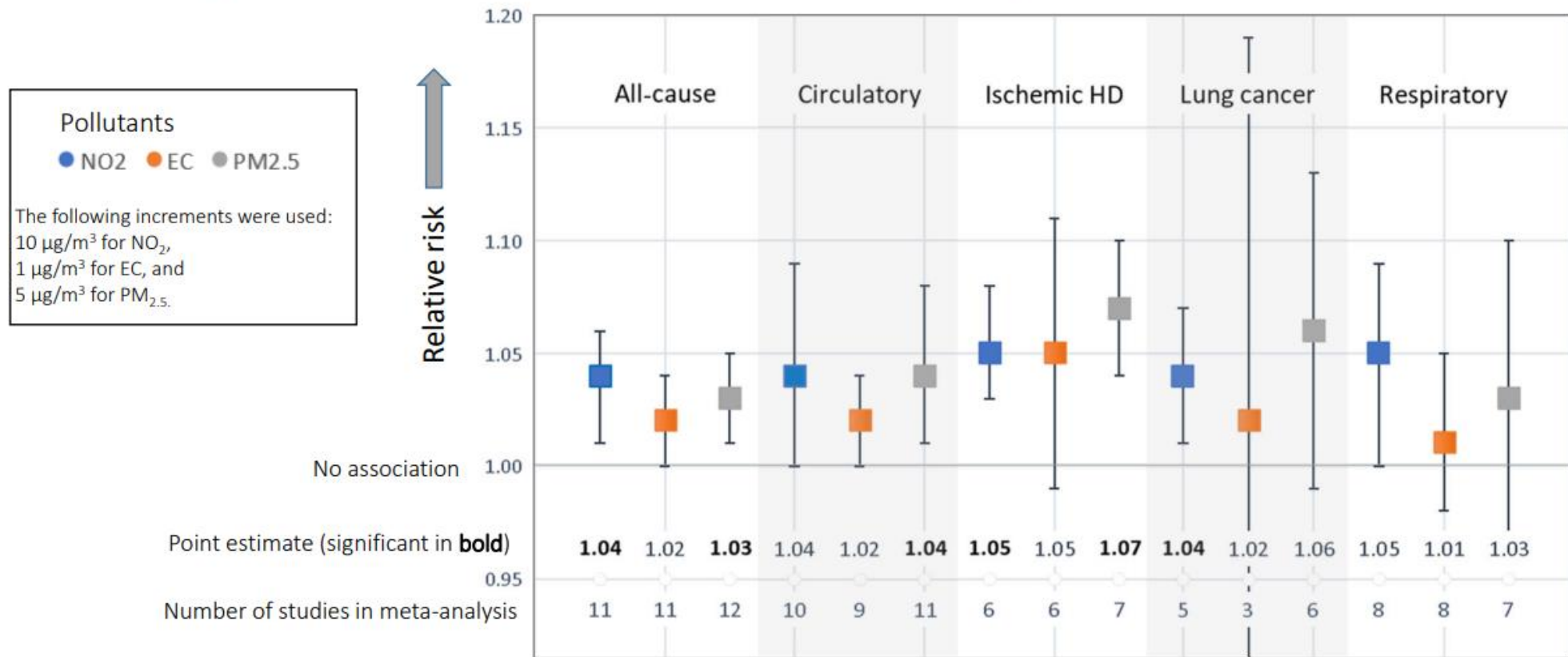


Systematic Review and Meta-analysis of Selected Health Effects of Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution

Fonte: HEI, 2022

# Traffico di prossimità: quali cause di mortalità?

Meta-analysis of associations between traffic-related air pollutants and selected mortality outcomes\*



\*Outcomes selected where the confidence in the evidence for an association with TRAP was judged high (all-cause, circulatory and ischemic HD; moderate to high (lung cancer), or moderate (respiratory)).

19

Fonte: HEI, 2022



# Traffico di prossimità: quali malattie?

## Meta-analysis of associations between traffic-related air pollutants and selected morbidity outcomes

**Pollutants**

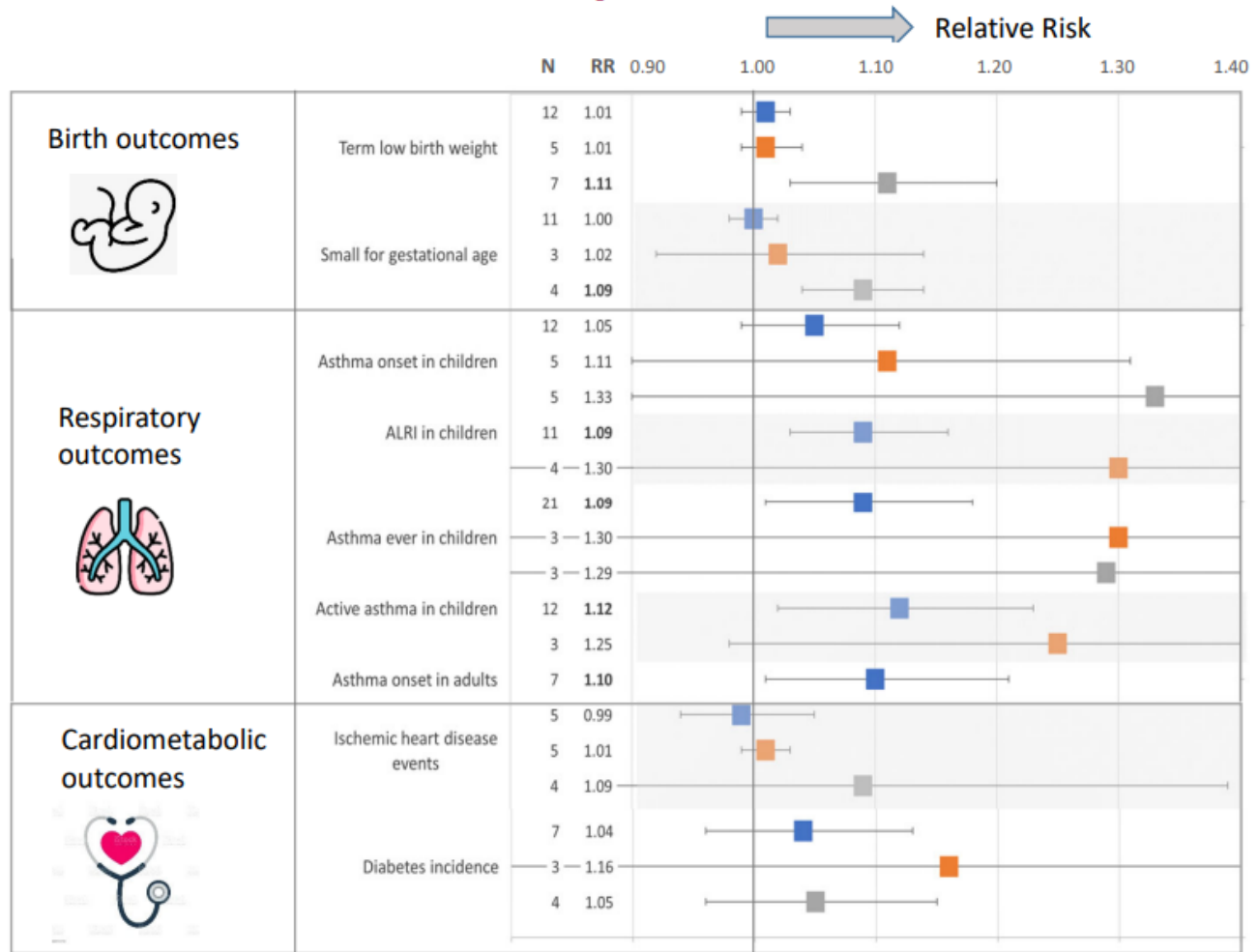
- NO<sub>2</sub> ● EC ● PM<sub>2.5</sub>

The following increments were used:  
 10 µg/m<sup>3</sup> for NO<sub>2</sub>  
 1 µg/m<sup>3</sup> for EC  
 5 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2.5</sub>

RR = point estimate (significant in **bold**)

N = number of studies in meta-analysis

\*Outcomes selected where the confidence in the evidence for an association with TRAP was judged moderate to high (asthma onset, acute lower respiratory infections), or moderate (remainder)



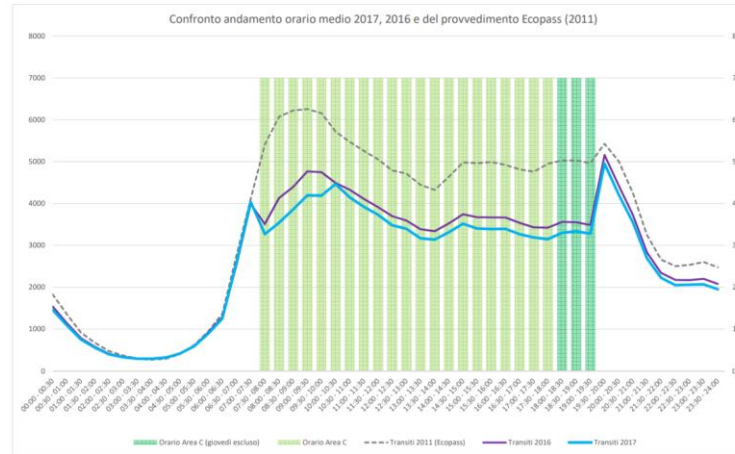
1.00 = no association

Fonte: HEI, 2022

# Limited Traffic Zones in Milan

## 'Area C': the Milan Congestion Charge

- 30% traffic;
- 28% road accidents
- 49% most polluting vehicles
- 19% PM<sub>10</sub> exhaust emissions
- 10% NO<sub>x</sub> emissions
- 22% CO<sub>2</sub> emissions



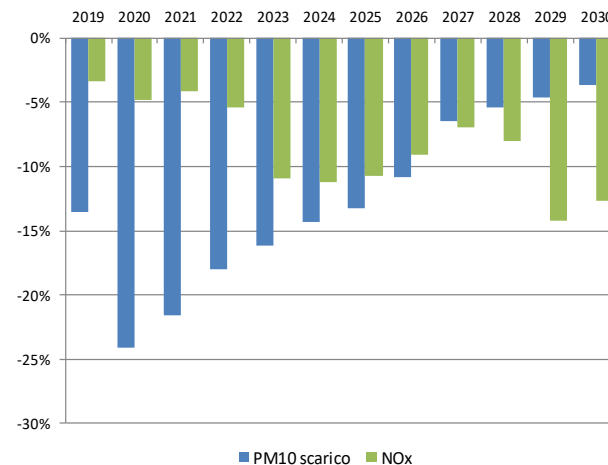
*Pilot project.*

**- 52% Black Carbon concentrations inside Area C**



## 'Area B': the Milan Low Emission Zone

- 50% PM<sub>10</sub> exhaust emissions within 4 years
- 50% NO<sub>x</sub> traffic emissions within 10 years



Starting from  
October 1st, 2021  
Area B is fully coordinated  
with the **MoVe-In**  
Lombardy Region initiative



# Black Carbon, a new Air Quality metric linked to Health

Several international studies have shown that **even if interventions limiting vehicular traffic does not always mean a reduction in PM10 and PM2.5 concentrations** measured in terms of mass, it is associated with them an **improvement in the 'quality' of particulate matter** that becomes **less toxic** (Reche *et al.*, 2011; Westerdahl *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2009; Bruckmann and Lutz, 2011; Kuenzli *et al.*, 2006).



# Worldwide sources of Black Carbon



**Black Carbon (BC)** - expression of the PM2.5 and PM10 fraction consisting mainly of **elemental carbon** - is a **'primary' pollutant** emitted during the incomplete combustion of **fossil fuels (oil and coal)** and **biomass**, and in urban areas can be taken as a **tracer of emissions from internal combustion engines** and the **wide range of chemical species of varying toxicity present in them** (US-EPA, 2012).

# Black Carbon: Air Quality metric linked to Health ...and Climate Change

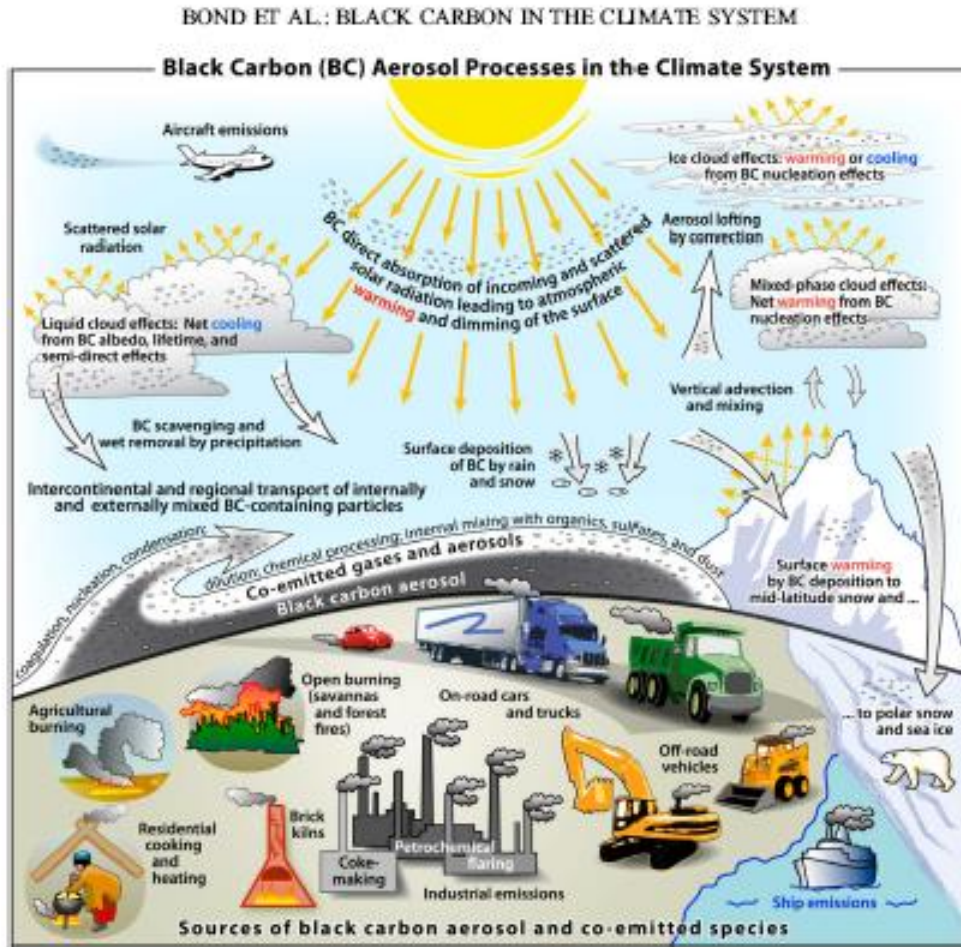
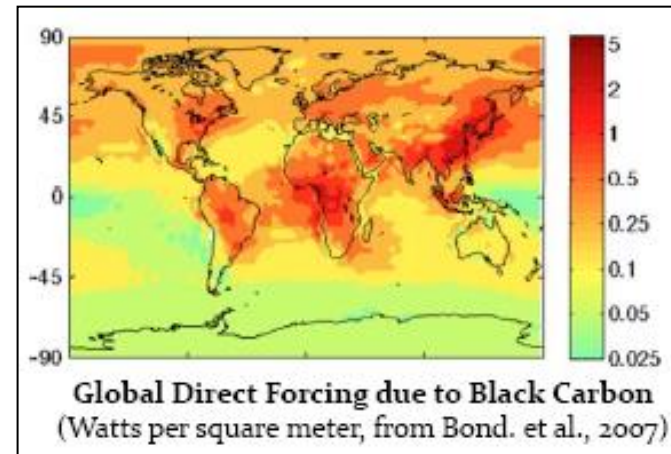
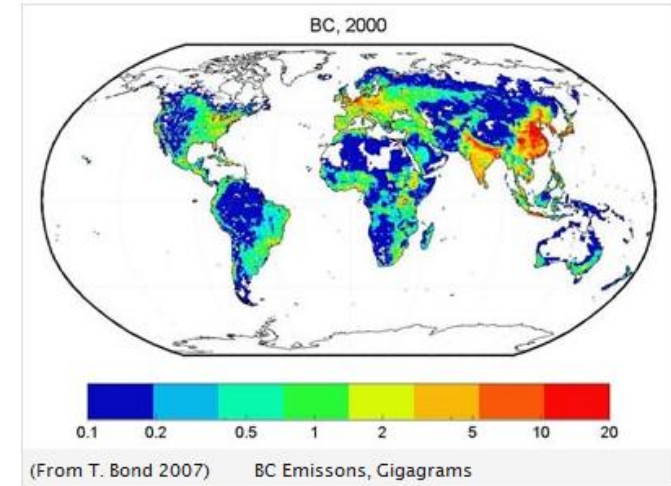
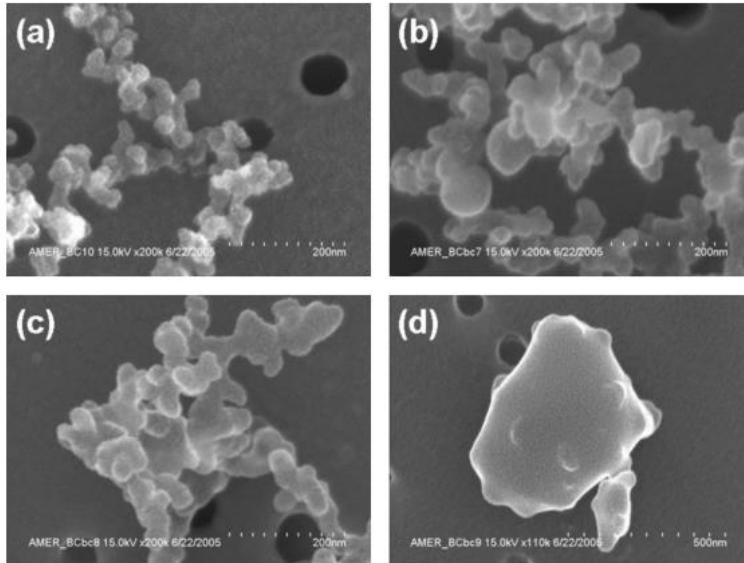


Figure 1. Schematic overview of the primary black-carbon emission sources and the processes that control the distribution of black carbon in the atmosphere and determine its role in the climate system.

Policies to reduce Black Carbon emissions are considered by the scientific community a **'win-win strategy'**, since recent studies demonstrated (Shindell *et al.*, 2012; Anenberg *et al.*, 2012) that in the face of measures designed to control Black Carbon and methane emissions, in addition to those aimed at the limitation of CO<sub>2</sub>, significant benefits are obtained as well as a **slowing of climate change processes** and in terms of **air quality and health effects** associated with it, which are measurable in **millions of premature deaths avoided by 2030 worldwide.**

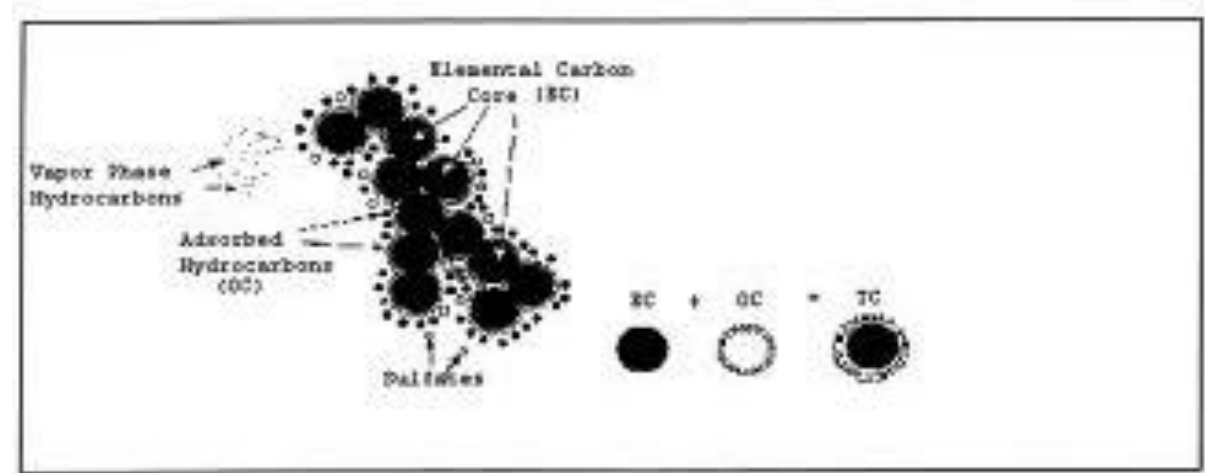


# Black Carbon and Health Effects



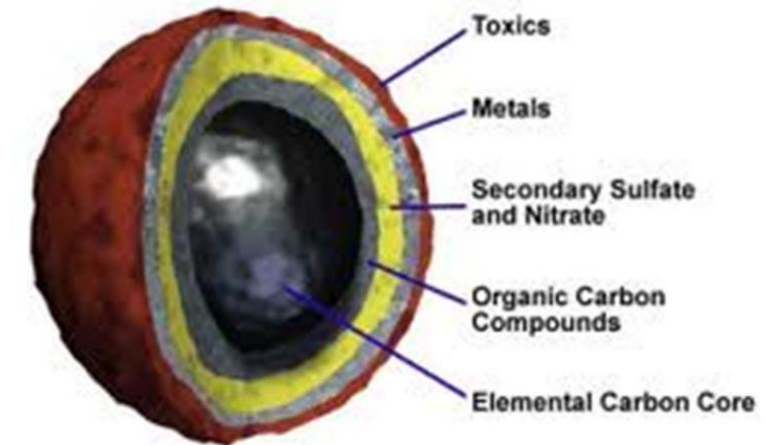
Scanning electron microscope (SEM) images of soot at four different equivalence ratios:  $\phi = 2.3$  (a),  $\phi = 2.8$  (b),  $\phi = 3.5$  (c), and  $\phi = 5.0$  (d).

Source: Slowik et al., 2007



Source: US-EPA, 2012

**Black Carbon (BC)** is a major component of ‘soot’, a complex light-absorbing mixture that also contains some organic carbon (OC). As reported by the recent WHO report (WHO, 2012), Black Carbon is **harmful** to the health both for its physical nature of **nanoparticle** both for the fact that its **high specific surface** is able to convey inside the human organism **toxic** and **carcinogenic** substances, such as **polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)** or **metals**.



Source: Williams M., 2013

# Black Carbon, Traffic Measures and Health Effects

## Black Carbon as an Additional Indicator of the Adverse Health Effects of Airborne Particles Compared with PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>

Nicole A.H. Janssen,<sup>1</sup> Gerard Hoek,<sup>2</sup> Milena Simic-Lawson,<sup>3</sup> Paul Fischer,<sup>1</sup> Leendert van Bree,<sup>4</sup> Harry ten Brink,<sup>5</sup> Menno Keuken,<sup>6</sup> Richard W. Atkinson,<sup>3</sup> H. Ross Anderson,<sup>7</sup> Bert Brunekreef,<sup>2,8</sup> and Flemming R. Cassee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, the Netherlands; <sup>2</sup>Institute for Risk Assessment Sciences, Utrecht University, Utrecht, the Netherlands; <sup>3</sup>Division of Population Health Sciences and Education and the Medical Research Council–Health Protection Agency Centre for Environment and Health, St. George’s, University of London, London, United Kingdom; <sup>4</sup>Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven, the Netherlands; <sup>5</sup>Energy Research Center of the Netherlands, Petten, the Netherlands; <sup>6</sup>Netherlands Applied Research Organization, Utrecht, the Netherlands; <sup>7</sup>Medical Research Council–Health Protection Agency for Environment and Health, King’s College, London, United Kingdom; <sup>8</sup>Julius Center for Health Sciences and Primary Care, University Medical Center Utrecht, Utrecht, the Netherlands

**BACKGROUND:** Current air quality standards for particulate matter (PM) use the PM mass concentration [PM with aerodynamic diameters  $\leq 10 \mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) or  $\leq 2.5 \mu\text{m}$  (PM<sub>2.5</sub>)] as a metric. It has been suggested that particles from combustion sources are more relevant to human health than are particles from other sources, but the impact of policies directed at reducing PM from combustion processes is usually relatively small when effects are estimated for a reduction in the total mass concentration.

**OBJECTIVES:** We evaluated the value of black carbon particles (BCP) as an additional indicator in air quality management.

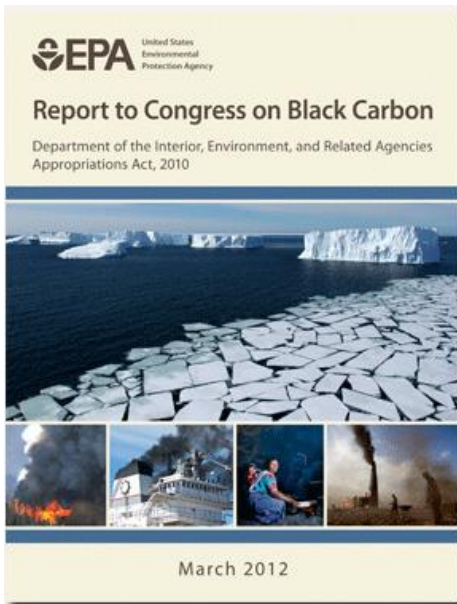
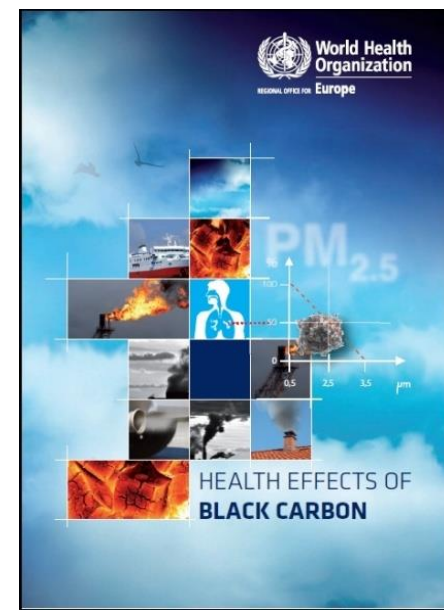
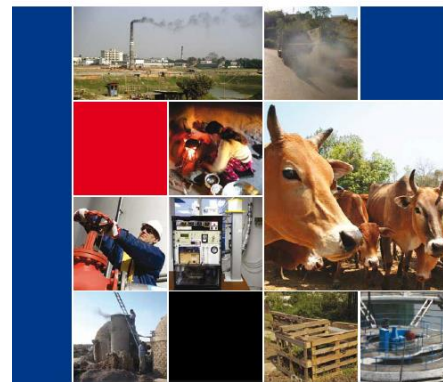
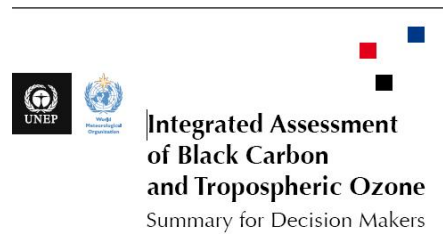
**METHODS:** We performed a systematic review and meta-analysis of health effects of BCP compared with PM mass based on data from time-series studies and cohort studies that measured both exposures. We compared the potential health benefits of a hypothetical traffic abatement measure, using near-roadway concentration increments of BCP and PM<sub>2.5</sub> based on data from prior studies.

**RESULTS:** Estimated health effects of a 1- $\mu\text{g}/\text{m}^3$  increase in exposure were greater for BCP than for PM<sub>10</sub> or PM<sub>2.5</sub>, but estimated effects of an interquartile range increase were similar. ~~Two-pollutant models in time-series studies suggested that the effect of BCP was more robust than the effect of PM mass.~~ The estimated increase in life expectancy associated with a hypothetical traffic abatement measure was four to nine times higher when expressed in BCP compared with an equivalent change in PM<sub>2.5</sub> mass.

**CONCLUSION:** BCP is a valuable additional air quality indicator to evaluate the health risks of air quality dominated by primary combustion particles.

**KEY WORDS:** air quality management, black carbon, combustion particles, health effects, particulate matter, review. *Environ Health Perspect* 119:1691–1699 (2011). <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1003369> [Online 2 August 2011]

thought to be effective in reducing exposure to traffic-related air pollution, but the estimated impact of such measures is relatively small when expressed in relation to a reduction in the PM mass concentration (Lefebvre et al. 2011; Millstein and Harley 2010; Tonne et al. 2008). Nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) is a regulated component of air pollution that is also used as an indicator of traffic-related air pollution in health impact assessment and air quality management (Tonne et al. 2008). However, NO<sub>2</sub> is not a suitable indicator to evaluate the effect of traffic abatement measures on exposure to combustion particles because some abatement measures, such as filters on diesel fueled vehicles, may increase NO<sub>2</sub> levels (Millstein and Harley 2010). In addition, spatial gradients near roadways are less pronounced for NO<sub>2</sub> than for black smoke (BS) and particle number because of high background concentrations of NO<sub>2</sub> (Krzyzanowski et al. 2005). This is less of a concern for nitric oxide (NO) and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), which is the sum of



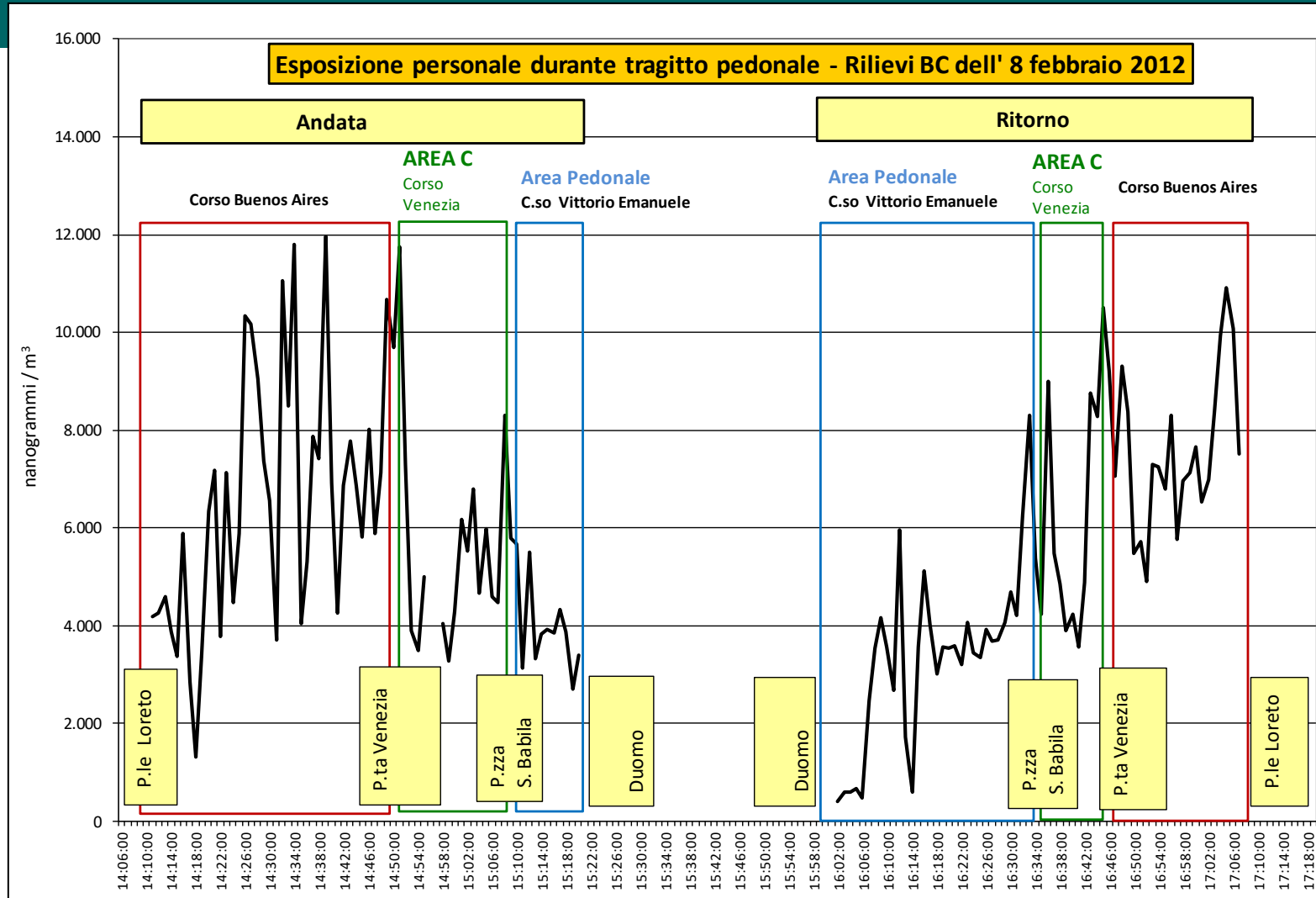
The increase in **life expectancy** associated with a hypothetical traffic abatement measure expressed in terms of Black Carbon can be **four to nine times higher** than that assessed on the basis of an equivalent variation of the PM2.5 mass concentrations.

Source: Janssen et al., 2011

# Esposizione personale - tragitto pedonale (In/Out 'Area C', Milano)

Diverse concentrazioni ed esposizione personale su percorso pedonale urbano da dentro a fuori Area C

Fonte: AMAT, 2012



**BLACK CARBON up to -43% inside Area C Ltz, up to -59% in Pedestrian Area**

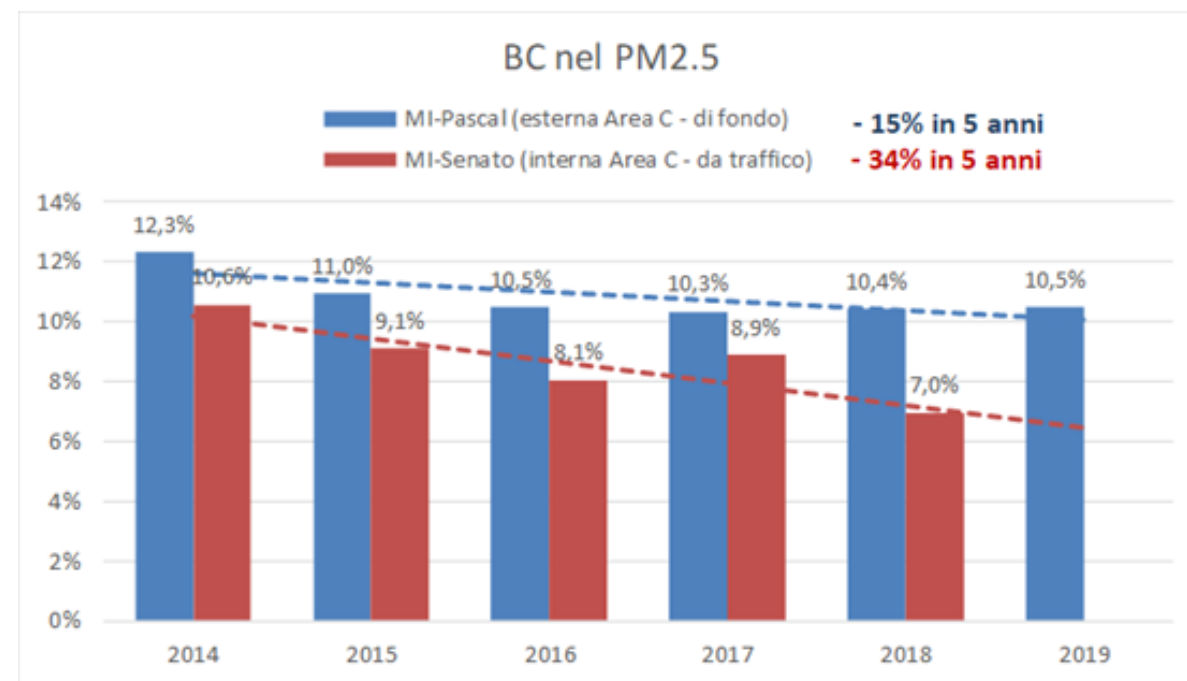
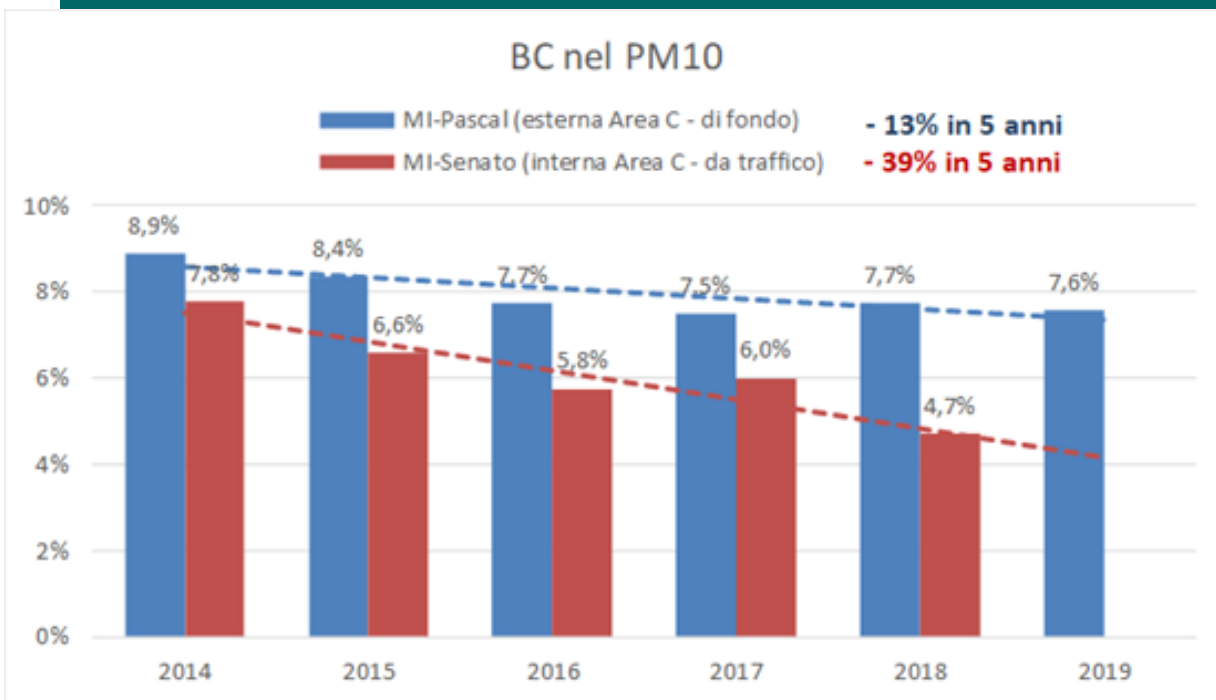
**BC/PM10 up to -46% in Area C Ltz, up to -63% in Pedestrian Area**



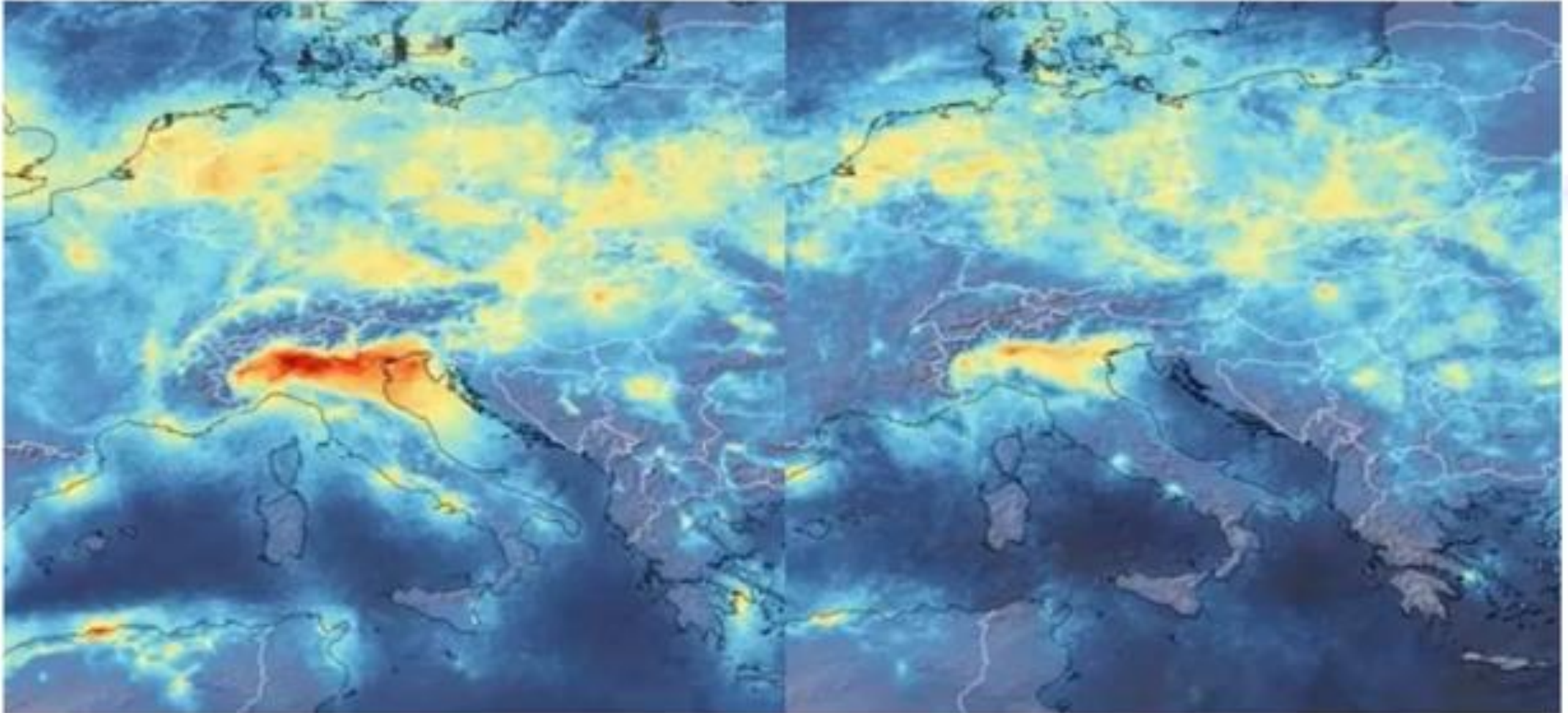
# Esposizione personale - tragitto pedonale (In/Out 'Area C', Milano)

Evoluzione delle concentrazioni di Black Carbon rilevate dalla rete istituzionale Arpa Lombardia fuori e dentro Area C

Fonte: Piano Aria e Clima, Comune di Milano - AMAT, 2022



# La qualità dell'aria si può migliorare...



Riduzione della concentrazione di Biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) sull'Europa prima e dopo il lockdown (Fonte: ESA)

Grazie per l'attenzione

