

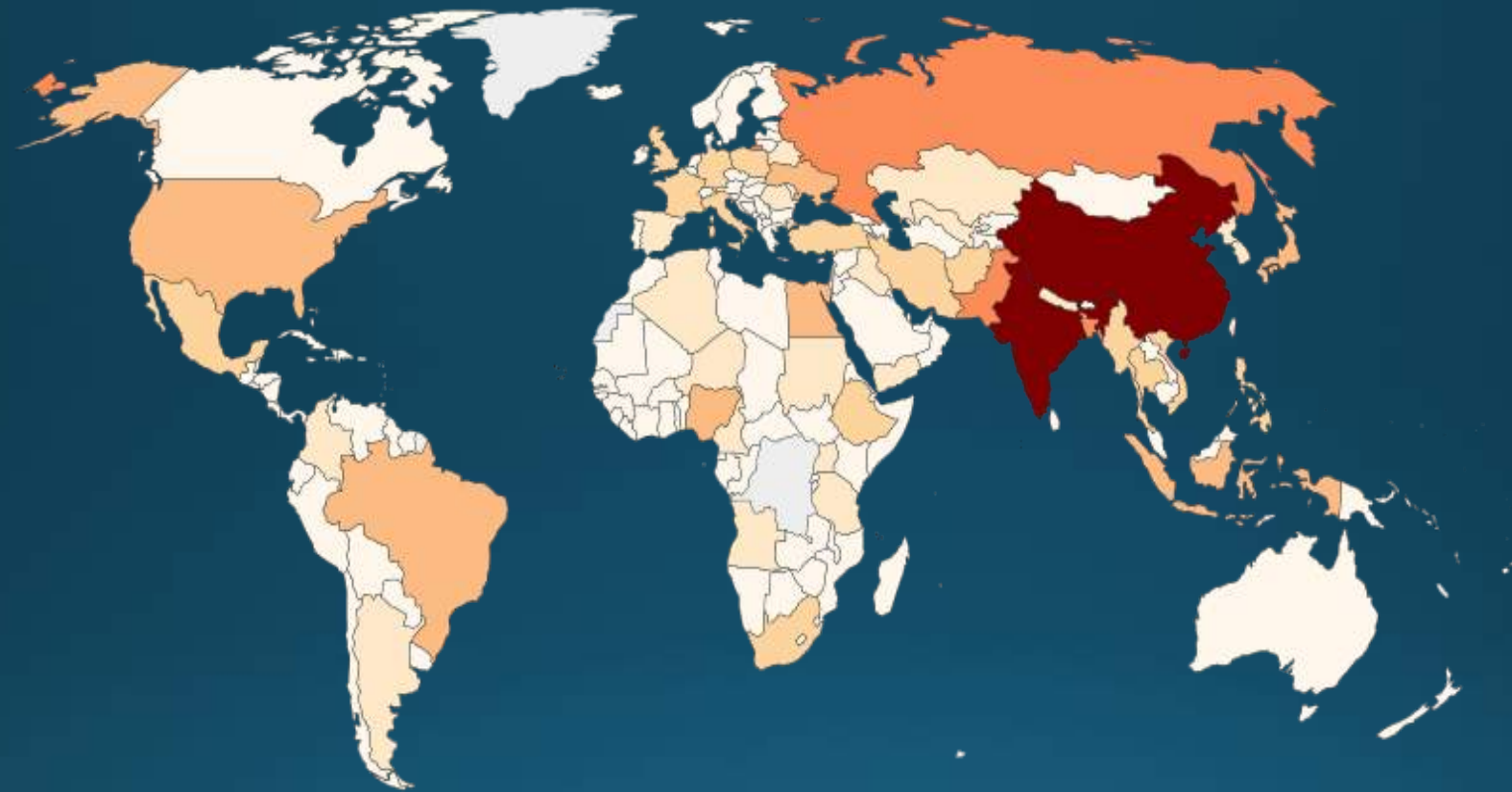
# **INQUINAMENTO ATMOSFERICO: COME AFFRONTARLO?**

**MODENA 28 MARZO 2024**

**Dr.Ludovico Trianni  
ISDE Modena**

# Numero di morti causate dal particolato nel 2015

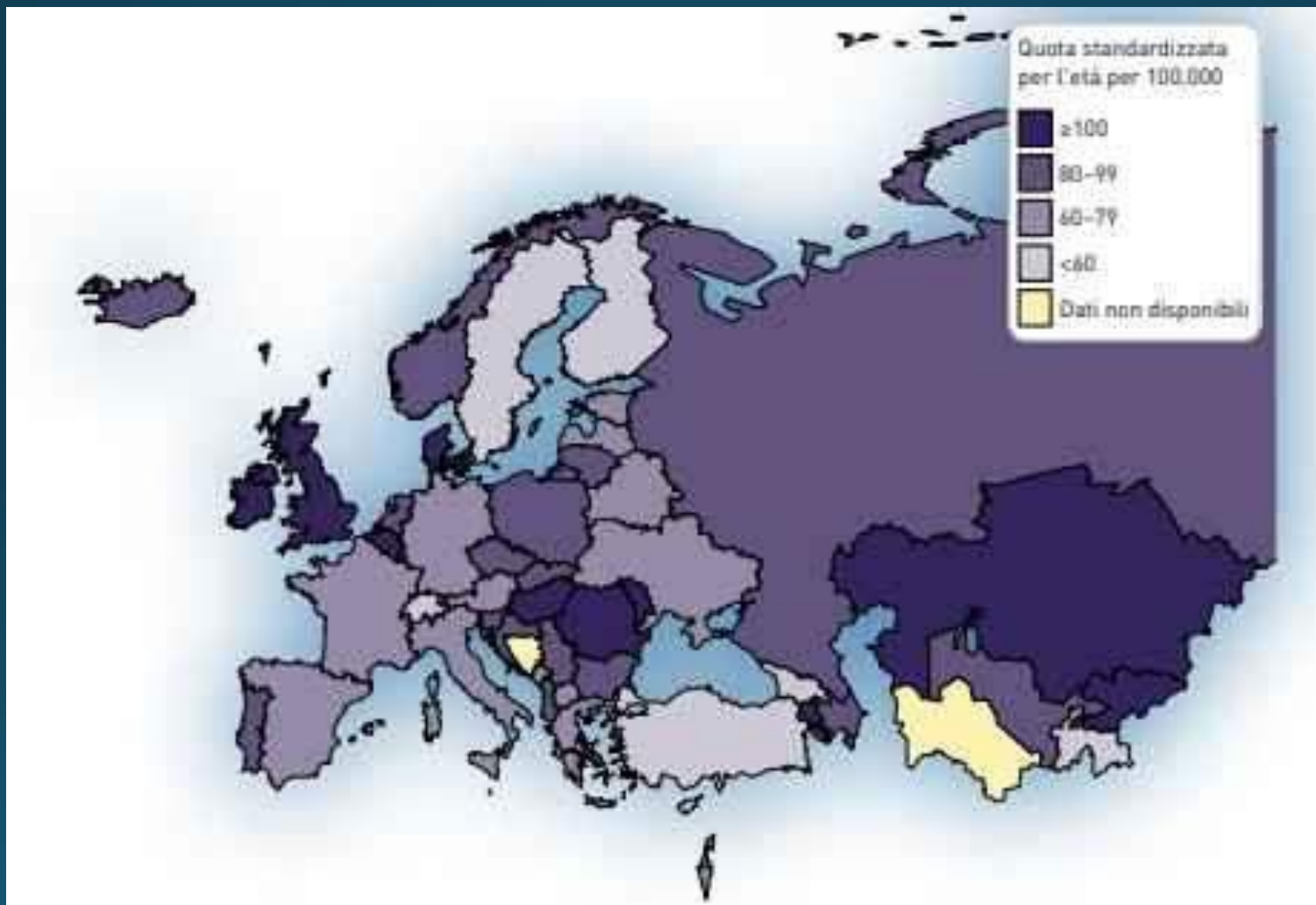
Absolute number of deaths per year attributed to ambient (outdoor) particulate matter (PM2.5) air pollution



Source: State of Global Air

## Mappa della mortalità standardizzata per l'età riguardo a tutte le patologie respiratorie.

Fonte: World Health Organization World and Europe Detailed Mortality Databases, aggiornamento Novembre 2011.

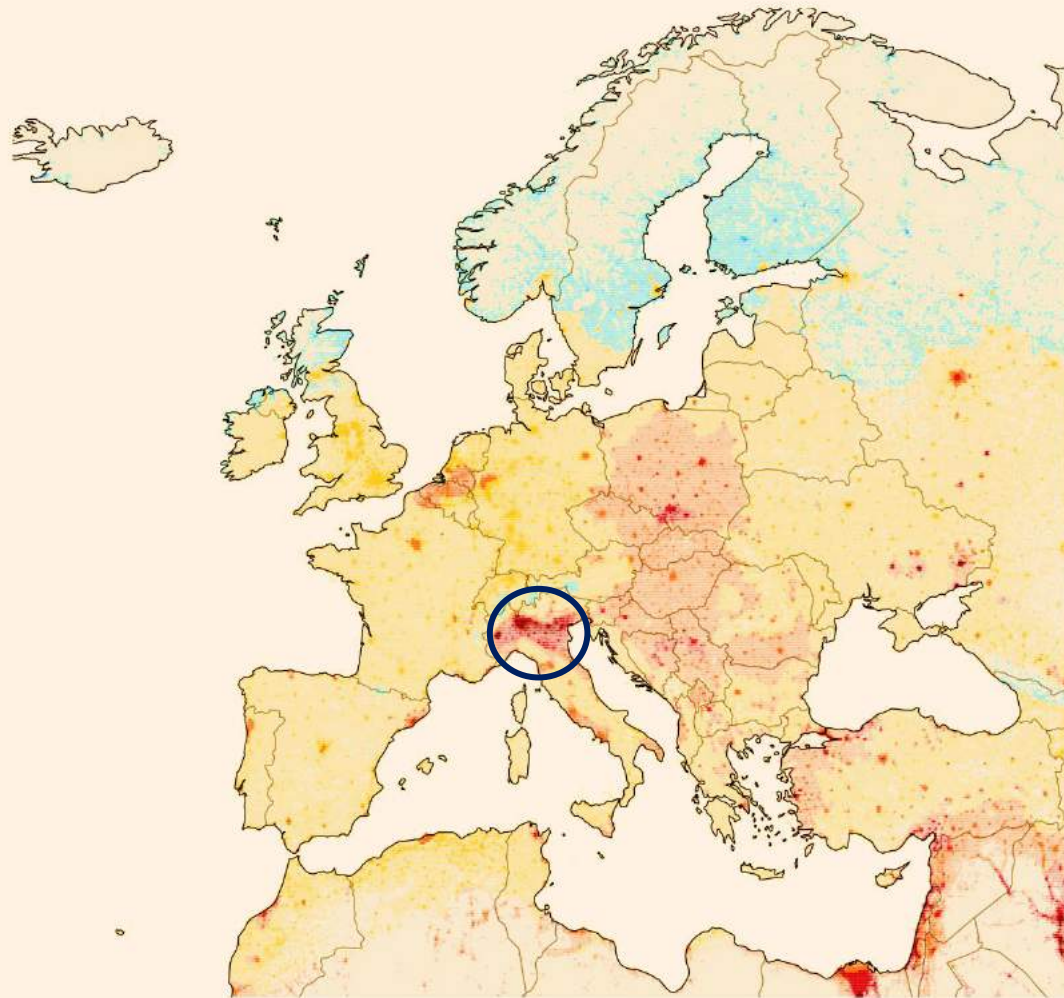


**Nel 2020 i decessi sono 746.324, 108.496 casi in più rispetto alla media del periodo 2015-19.**

**Sono 227.350 i morti per malattie circolatorie, 177.858 quelli per tumori, 78.673 per Covid-19 e 57.113 per malattie respiratorie.**

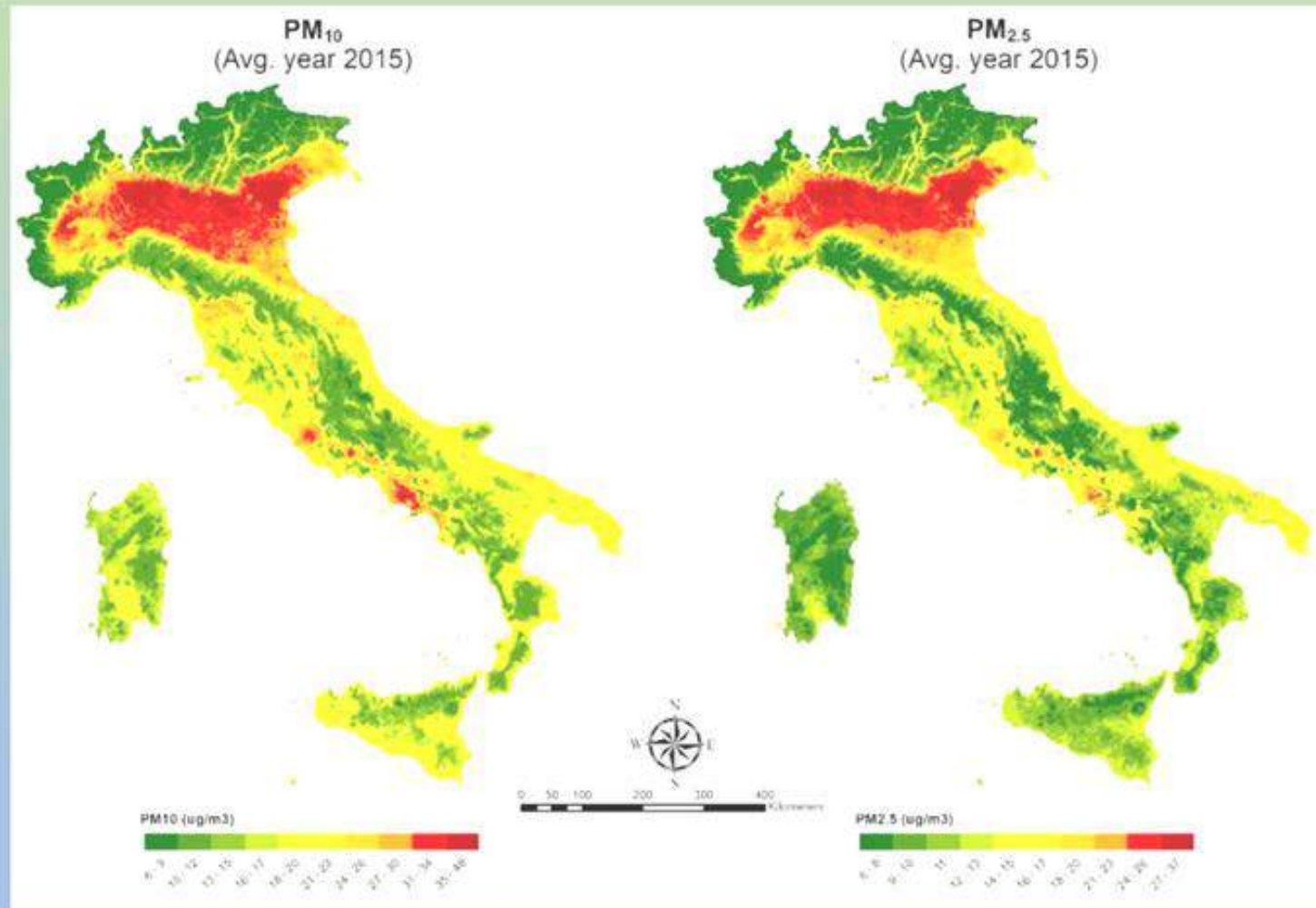
**Aumentano i tassi di mortalità per polmoniti e influenza (+13%), diabete (+12%), demenze (+6%), malattie genitourinarie (+11%), alcune circolatorie (+8%), cadute accidentali (+14%). Si riduce il tasso per gli incidenti da trasporto (-27%).**

**Crescono le morti per polmoniti e influenza negli istituti di cura (+42%), per demenze nelle strutture residenziali (+29%), per tutte le cause nelle abitazioni.**



...innanzi tutto notiamo come in ambito europeo la pianura Padania sia soggetta ad altissimo inquinamento atmosferico

**EPICENTRO ISS**



**Annual average concentrations of PM10 (left) and PM2.5 (right), Italy 2015**

# MACROSETTORI EMISSIVI



**MACROSETTORE 10**  
Agricoltura  
(Coltivazioni,  
allevamenti...)



**MACROSETTORE 11**  
Altre sorgenti  
e assorbimenti  
(Emissioni naturali  
e assorbimento forestale...)



**MACROSETTORE 8**  
Altre sorgenti  
mobili e macchinari  
(Aerei, navi,  
mezzi agricoli...)



**MACROSETTORE 9**  
Trattamento  
e smaltimento rifiuti  
(Inceneritori, discariche...)



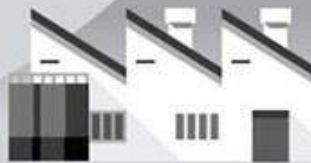
**MACROSETTORE 1**  
Produzione energia  
e trasformazione combustibili  
(Produzione energia elettrica,  
teleriscaldamento, raffinerie...)



**MACROSETTORE 3**  
Combustione nell'industria  
(Caldaje e forni  
per piastrelle, cemento,  
fusione metalli...)



**MACROSETTORE 4**  
Processi produttivi  
(Industria petrolifera,  
chimica, siderurgica,  
meccanica...)



**MACROSETTORE 5**  
Estrazione e distribuzione  
combustibili  
(distribuzione e stoccaggio  
benzina, gas...)



**MACROSETTORE 6**  
Uso di solventi  
(Produzione e uso  
di vernici, colle,  
plastiche...)



**MACROSETTORE 2**  
Combustione  
non industriale  
(Riscaldamento  
degli ambienti)



**MACROSETTORE 7**  
Trasporto su strada  
(Traffico di veicoli  
leggeri e pesanti...)



Il materiale particolato aerodisperso è caratterizzato da una grande varietà di caratteristiche fisiche, chimiche, geometriche e morfologiche. Solo una parte dell'inquinamento da polveri è di origine primaria, ossia dovuta ai processi di trasporto e diffusione di polveri direttamente emesse dalle varie sorgenti inquinanti (in particolare dal riscaldamento civile con legna e dal traffico), mentre la parte più consistente (circa il 70%) è di **origine secondaria**, ovvero dovuta ai processi chimico-fisici che avvengono in atmosfera a partire dai precursori (NH<sub>3</sub> , Nox , SO<sub>2</sub> , CO) emessi soprattutto dall'agricoltura, dai trasporti e dal comparto industriale



**TSP** è particolato caratterizzato da particelle più grossolane (tra 50  $\mu\text{m}$  e 100  $\mu\text{m}$  circa) (dall'inglese **Total Suspended Particles**)

**PM10** – particolato formato da particelle con dimensioni minori di 10  $\mu\text{m}$ ;

**PM2,5** – particolato fine con diametro inferiore a 2,5  $\mu\text{m}$ .

**UFP (ultrafine particulate)** particelle con diametro inferiore a 0,1  $\mu\text{m}$ ;[19][20][21]

nanopolveri (o PM0,001)

**TPS- PM10**

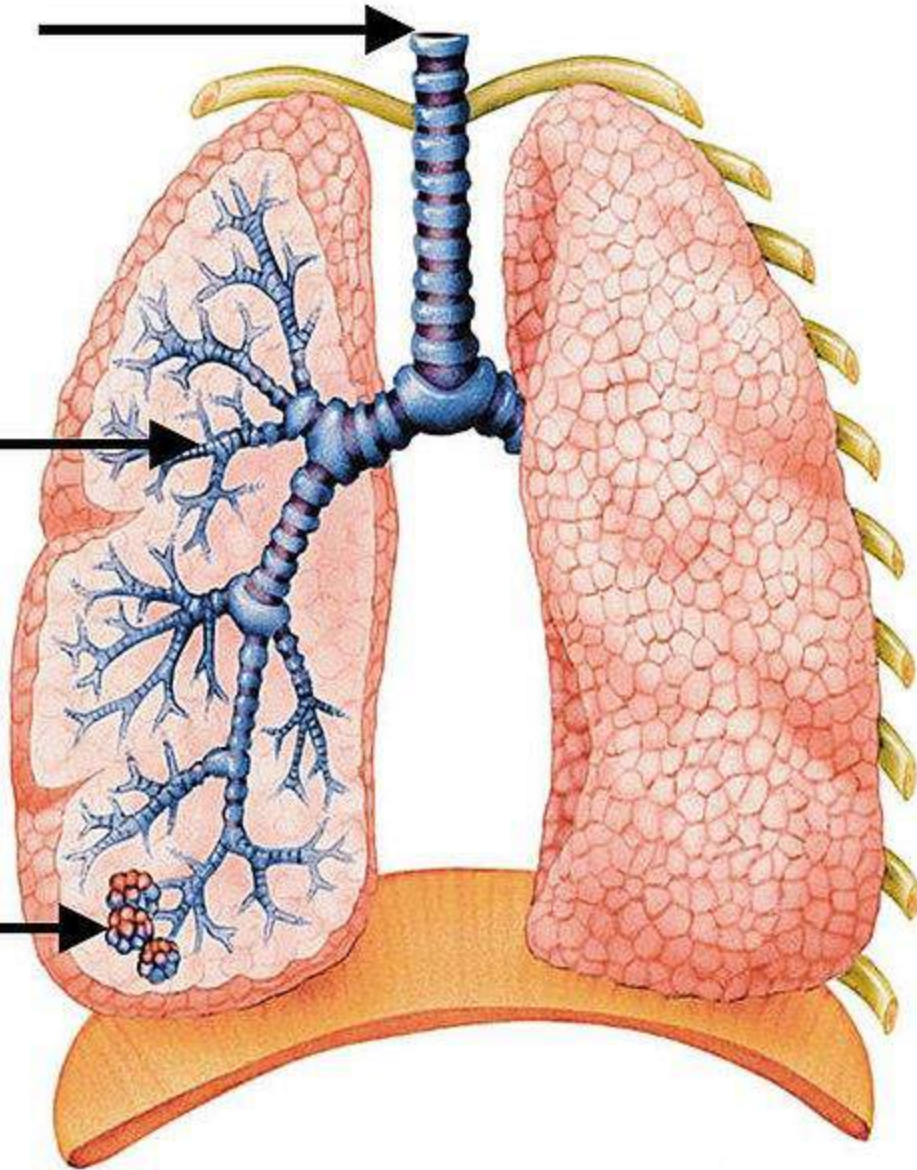
$< 100 \mu\text{m}$   
'Inhalable' fraction.  
Can enter the throat:  
Irritation

**PM2.5**

$< 10 \mu\text{m}$   
'Thoracic' fraction.  
Past the bronchus:  
Acute disease

**UFP**

$< 4 \mu\text{m}$   
'Respirable' fraction.  
Can reach the alveoli:  
Chronic disease



Per quanto riguarda la composizione chimica del materiale particolato, è possibile individuare tre classi principali:

1- gli ioni inorganici: solfati (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>);

2- la frazione carboniosa (TC) formata dal carbonio organico e dal carbonio elementare;

3- il materiale cristallino che può presentarsi o associato al pulviscolo atmosferico (Si, Ca, Al, ecc.) o a elementi in traccia (Pb, Zn, ecc.);

Queste componenti, che insieme costituiscono il materiale particolato, presentano dimensioni diverse e quindi contribuiscono in maniera differente al PM<sub>2,5</sub> o al PM<sub>10</sub>.

In particolare, le particelle più piccole sono costituite generalmente da vapori metallici, organici e frazione carboniosa, mentre le particelle più grossolane sono costituite generalmente da cristalli presenti naturalmente nella crosta terrestre e polveri provenienti dall'inquinamento veicolare e dalle industrie

# OZONO

La molecola di ozono si forma quando altri inquinanti, principalmente ossidi di azoto e composti organici volatili, reagiscono a causa della presenza della radiazione solare.

Gli inquinanti che producono ozono sotto l'azione della radiazione solare sono:

1- di tipo antropico (i veicoli a motore, le centrali termoelettriche, le industrie, i solventi chimici, i processi di combustione etc. )

2- di tipo naturale, quali boschi e foreste, che emettono i “terpeni” sostanze organiche volatili molto reattive.

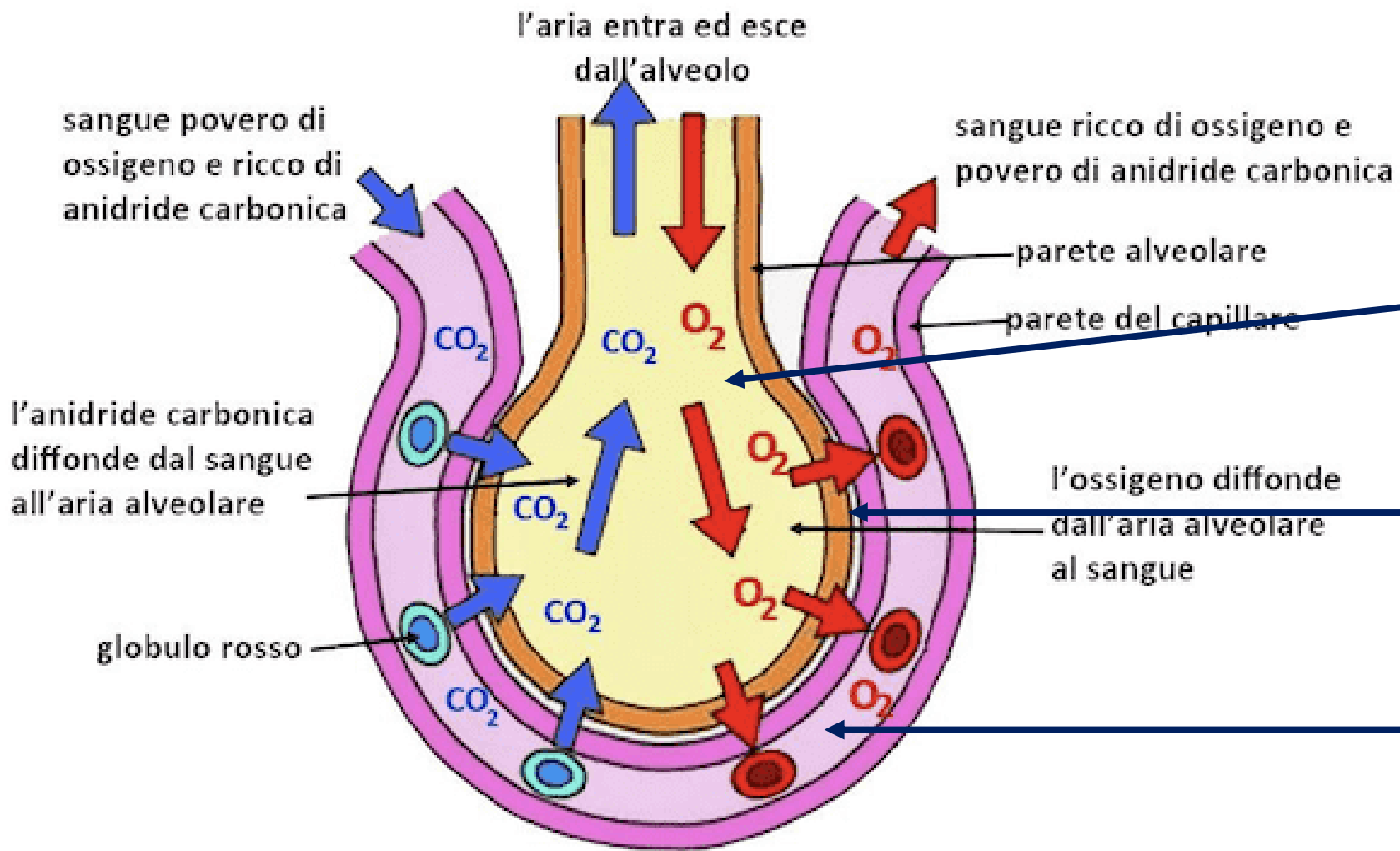
# Morti premature e anni di vita persi nelle province italiane nel 2021 per l'esposizione al PM2,5

morti premature per 100mila abitanti nel 2021



selezionando la singola provincia sono visibili i dati assoluti e gli anni di vita persi

Mappa: Ambientenonsolo • Fonte: Agenzia Europea per l'Ambiente • Creato con Datawrapper



**BPCO**  
**ASMA**

**FIBROSI POLMONARE ED**  
**ALTRE INTERSTIZIOPATIE**

**EPA**  
**IPERTENSIONE**  
**POLMONARE**  
**EDEMA POLMONARE**

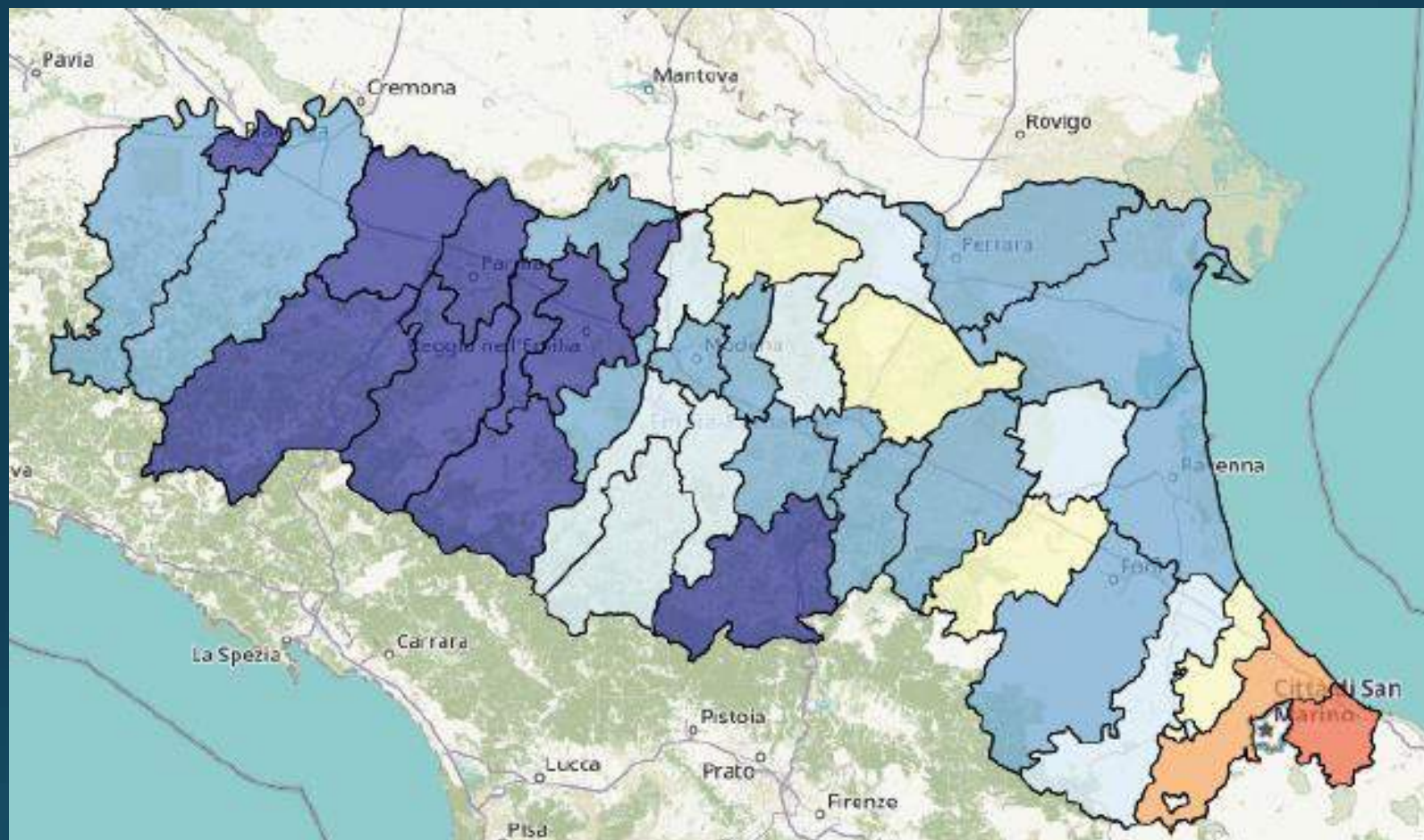
**TIPI DI DANNO DA INQUINAMENTO ATMOSFERICO A CARICO DEL SISTEMA RESPIRATORIO**

# PIANURA PADANA

L'inquinamento atmosferico nella pianura Padana è causato da diverse fonti di inquinamento tra loro sinergiche:

- lo smog del traffico.
- i riscaldamenti delle abitazioni, degli uffici e dei negozi
- le industrie che emettono grandi quantitativi di particolato, metano e ossidi di azoto.
- La zootecnia

# % pazienti con BPCO trattati nel 2017 per distretto RER



## Legenda

■  $\leq 23,8$

■  $> 23,8 - 27,4$

■  $> 27,4 - 31,0$

■  $> 31,0 - 34,6$

■  $> 34,6 - 38,2$

■  $> 38,2$



Nella provincia di Modena si stima vi siano 25 mila persone colpite da BPCO, con una frequenza media leggermente più alta di quella nazionale. Anche il numero di pazienti costretti a convivere con la bombola ad ossigeno a causa della BPCO è più alto: sono circa 600 le persone che in provincia accedono a questo servizio e quindi assicurarsi cure adeguate. Rispetto alla media nazionale, che è di circa 40, 50 persone per 100 mila abitanti, nel modenese sono più del doppio: 100 persone ogni 100 mila abitanti.”

# REGIONE EMILIA-ROMAGNA 2022

Prevalenza % e Casi stimati al 01/01/2021 per le principali patologie croniche non trasmissibili per ambito, età 18-69 anni. Ambiti territoriali, Ausl Romagna e Regione Emilia-Romagna

Età 18-69 anni	Ravenna	Forlì	Cesena	Rimini	Romagna	Regione ER
<b>Malattie respiratorie</b>						
Prevalenza	6,5	6,9	9,5	7,1	7,1	7,9
Casi stimati	16.555	8.209	13.140	16.031	52.131	231.959
<b>Malattie cardiovascolari</b>						
Prevalenza	4,0	3,8	4,9	5,2	4,7	5,2
Casi stimati	10.271	4.510	6.833	11.825	34.838	152.682
<b>Diabete</b>						
Prevalenza	4,9	4,2	4,0	4,4	4,3	3,9
Casi stimati	12.359	5.072	5.533	10.046	31.638	114.511
<b>Malattie epatiche</b>						
Prevalenza	1,4	1,2	1,6	1,5	1,6	1,5
Casi stimati	3.574	1.441	2.178	3.471	11.617	44.043
<b>Insufficienza renale</b>						
Prevalenza	0,7	0,8	1,6	0,9	1,0	0,9
Casi stimati	1663	931	2255	1961	7.265	26.426

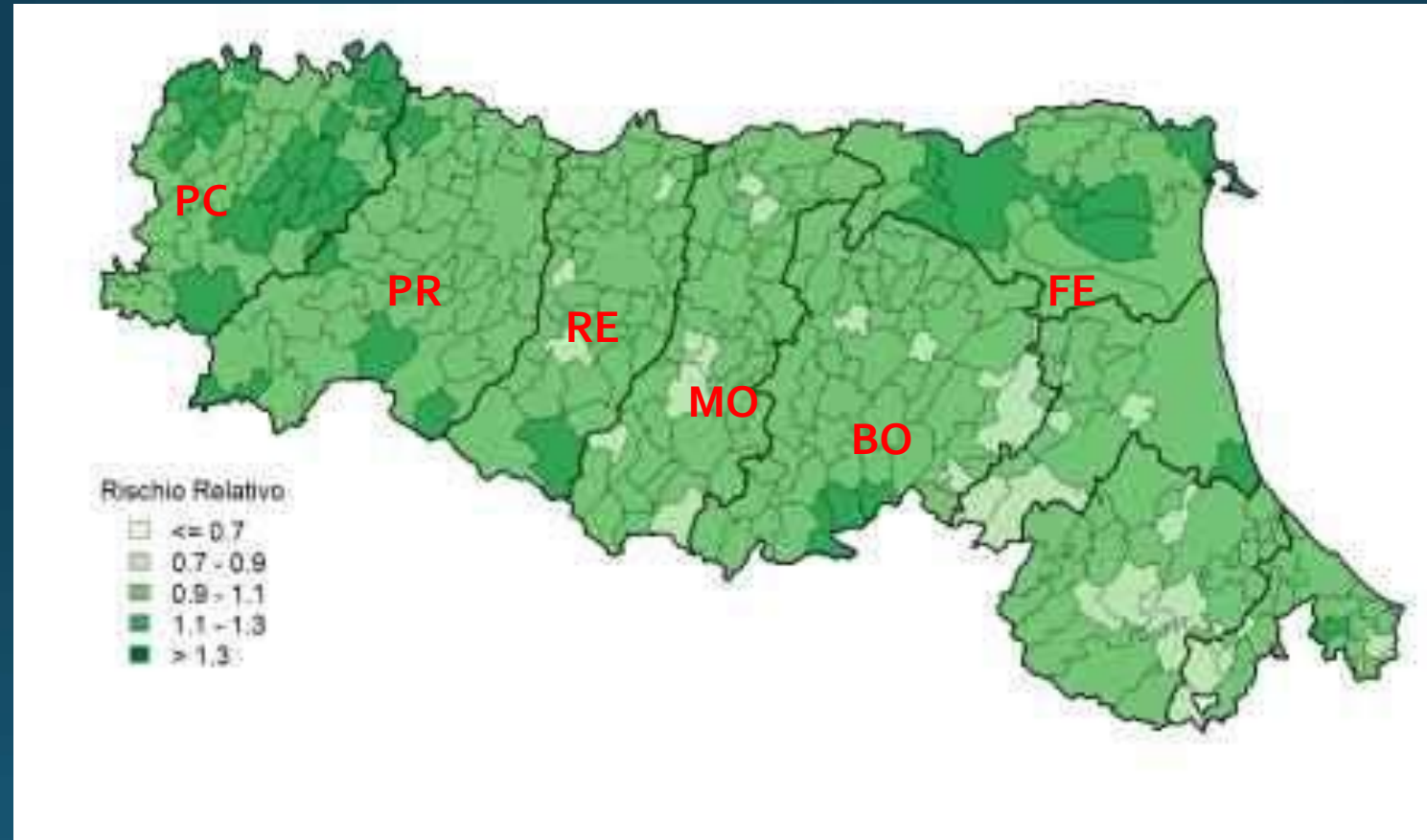
Fonte: PASSI 2016-2019

Per il calcolo dei casi stimati è stata utilizzata la popolazione residente ISTAT al 1-1-2021

\*per il calcolo dei casi stimati sopra i 70 anni è stata utilizzata la prevalenza romagnola

# EMILIA ROMAGNA

Tassi standardizzati di mortalità tumore vie respiratorie per 100.000 ab. distinti per Azienda USL e ambiti territoriali di residenza in Emilia-Romagna. Periodo 2014-2018.



# MODENA

Anche a Modena, le concentrazioni medie annuali degli inquinanti sono influenzate sia dall'andamento delle sorgenti inquinanti, sia da particolari condizioni climatiche che possono influenzare sensibilmente il valore misurato.

Tra i fattori meteorologici che influenzano le concentrazioni degli inquinanti, le inversioni termiche sono sicuramente un fenomeno rilevante, anche per la loro elevata frequenza nel territorio modenese.

Queste situazioni si registrano prevalentemente nel periodo invernale per le polveri sottili (PM10) e gli ossidi di azoto (NOx).

Le ore più critiche risultano quindi quelle serali, quando al fattore meteorologico si aggiunge anche l'incremento del traffico autoveicolare; la concomitanza di questi fattori può portare al superamento dei limiti di legge e quindi all'attuazione dei provvedimenti di limitazione della circolazione.

Inquinante	Rif. temporale	Valori Interim $\mu\text{g}/\text{m}^3$				L.G OMS 2021	L.G OMS 2005	Italia DLgs 155/2010
------------	----------------	---	--	--	--	--------------	--------------	----------------------

PM <sub>2.5</sub>	annuale	35	25	15	10	5	10	25
-------------------	---------	----	----	----	----	---	----	----

	24 ore	75	50	37.5	25	15	25	--
--	--------	----	----	------	----	----	----	----

PM <sub>10</sub>	annuale	70	50	30	20	15	20	40
------------------	---------	----	----	----	----	----	----	----

	24 ore	150	100	75	50	45	50	50
--	--------	-----	-----	----	----	----	----	----

O <sub>3</sub>	val. di picco stagionale	100	70	-	-	60	-	-
----------------	--------------------------	-----	----	---	---	----	---	---

NO <sub>2</sub>	annuale	40	30	20	-	10	40	40
-----------------	---------	----	----	----	---	----	----	----

	24 ore	120	50	-	-	25	-	-
--	--------	-----	----	---	---	----	---	---

SO <sub>2</sub>	24 ore	125	50	-	-	40	20	125
-----------------	--------	-----	----	---	---	----	----	-----

CO <sub>2</sub>	24 ore	7 mg/m <sup>3</sup>	-	-	-	4 mg/m <sup>3</sup>	-	<b>EPICENTRO ISS</b>
-----------------	--------	---------------------	---	---	---	---------------------	---	----------------------

## VALORI INQUINANTI ATMOSFERICI ottobre 2022 ASL MO

PM <sub>10</sub>	Valore limite giornaliero	Media giornaliera	<b>50</b> (20 OMS)	35 in un anno
PM <sub>2.5</sub>	Valore limite su base annua	Media giornaliera	<b>25</b> (5 OMS)	
NO <sub>2</sub>	Valore limite orario	Media oraria	<b>200</b> (40 OMS)	18 in un anno
O <sub>3</sub>	Soglia d'informazione	Media oraria	<b>180</b> (60 OMS)	
	Soglia d'allarme	Media oraria	<b>240</b>	
	Valore obiettivo	Max medie mobili su 8h	<b>120</b>	75 in 3 anni
CO <sub>2</sub>	Valore limite	Max medie mobili su 8h	<b>10</b> (4 OMS)	
SO <sub>2</sub>	Valore limite giornaliero	Media giornaliera	<b>125</b> (20 OMS)	3 in un anno
SO <sub>2</sub>	Valore limite orario	Media oraria	<b>350</b>	24 in un anno
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Valore limite su base annua	Media giornaliera	<b>5</b> (0,66 OMS)	

# MODENA

Le condizioni meteorologiche influiscono in modo determinante sulla concentrazione degli inquinanti in aria. Tra gli indicatori principali si trovano la direzione e la velocità del vento, la classe di stabilità dell'atmosfera, (creato da Frank Pasquill nel 1961 per suddividere in categorie la turbolenza atmosferica), il profilo verticale della temperatura, (la temperatura troposferica, generalmente, diminuisce all'aumentare dell'altezza) , la stagione, l'ora del giorno, ecc.

# MODENA

Nel periodo estivo, **l'aumento della radiazione solare** porta ad un maggior rimescolamento delle masse d'aria, perciò in generale i livelli di inquinamento relativamente alle polveri e agli ossidi di azoto risultano più contenuti. Tuttavia, in questa stagione, a causa dell'intensa radiazione solare, si forma lo "**smog fotochimico**", il cui tracciante principale è l'ozono.



L'inquinamento fotochimico (o **smog fotochimico**) è un particolare tipo di inquinamento atmosferico in giornate caratterizzate da condizioni meteorologiche di forte insolazione.

Gli ossidi di azoto e i composti organici volatili, emessi nell'atmosfera, vanno incontro ad un complesso sistema di reazioni fotochimiche indotte dalla luce ultravioletta presente nei raggi del sole; il tutto porta alla formazione di ozono, perossiacetilnitrato (PAN), perossibenzoil nitrato (PBN) e centinaia di altre sostanze a basse concentrazioni.

Questo particolare smog si può facilmente individuare per il suo caratteristico colore che va dal giallo-arancio al marroncino, colorazione dovuta alla presenza nell'aria di grandi quantità di ossidi di azoto.

I composti che costituiscono lo smog fotochimico sono sostanze tossiche per gli esseri umani, per gli animali ed anche per i vegetali; inoltre sono in grado di degradare molti materiali diversi per il loro forte potere ossidante.

# Cause di malattia di Modena e provincia

**Secondo i dati delle sorveglianze PASSI e PASSI d'Argento si stima che il 18% dei modenesi con 18-69 anni e il 66% degli ultra 69enni soffre di almeno una patologia cronica, valori simili a quelli regionali (rispettivamente 19% e 64%) e nazionali (rispettivamente 18% e 65%)**

# EPI 2021 Patologie a maggior prevalenza

non solo della popolazione generale ma anche di quella affetta da patologie croniche (Tabella 3).

Tabella 2. Tabella. Tasso Standardizzato di prevalenza x 1.000 assistiti. Anno 2018

Patologia	Carpi	Mirandola	Modena	Sassuolo	Pavullo nel Frignano	Vignola	Castelfranco Emilia	Ausi Modena
Scoppio cardiaco	10,3	12,4	11,2	12,4	15,4	12	11,5	11,8
Cardiopatia ischemica	42,4	43,1	47,9	39,6	44,9	42,3	47,4	44,1
Iperpressione arteriosa	49,9	55,4	50,4	53,7	57,5	41,1	48,8	50,4
Condizioni reumatologiche	29,2	28,4	23,5	25,3	25,1	26,7	21	25,5
Malattie psichiatriche	18,6	16	18,8	19,3	27,4	19,9	20,4	19,3
Iperlipidemia	128,4	137,5	126,4	124,6	105,2	111,6	128,2	124,9
Iperplasia prostatica benigna	34,5	31,6	35,1	38,2	38,4	38	36,2	35,8
Insufficienza renale cronica	5,1	4,1	4,1	3,7	3	3,9	3,6	4,1
Disordini della tiroide	63,5	59,8	58,6	60,1	60,3	60,3	62,5	60,5
Diabete mellito	67,1	65,8	58,7	64,6	62,7	64,9	69,3	63,9
BPCO	20,6	24,7	20,9	23	26,9	21,5	22,4	22,2
Asma	9,6	13,4	11,3	10,5	10,9	11	11	11
Morbo di Paget/Osteoporosi	17,2	21,6	21,5	21,8	18	15,9	23,7	20,2
Parkinson's	6	4,8	5,2	4,4	5,4	4,6	4	4,9

Fonte: Regione Emilia-Romagna. Profili Nuclei Cure Primarie

Nel territorio modenese, così come nella regione Emilia-Romagna, le principali cause di morte nel **2019** sono state:

- le malattie del sistema circolatorio (2.377; 32,4%),
- i tumori (2.039; 27,8%),
- le patologie dell'apparato respiratorio (631; 8,6%)
- i disturbi psichici e comportamentali (settore nosologico che contiene le demenze) (611; 8,3%)

**Da segnalare un eccesso di tumori di stomaco, pancreas e cervice nelle aree di montagna, ma in collina e montagna si registrano meno i tumori di colon, polmone, melanoma, mammella.**

Per quanto riguarda la malattia respiratoria in provincia di Modena colpisce lavoratori dei seguenti settori :

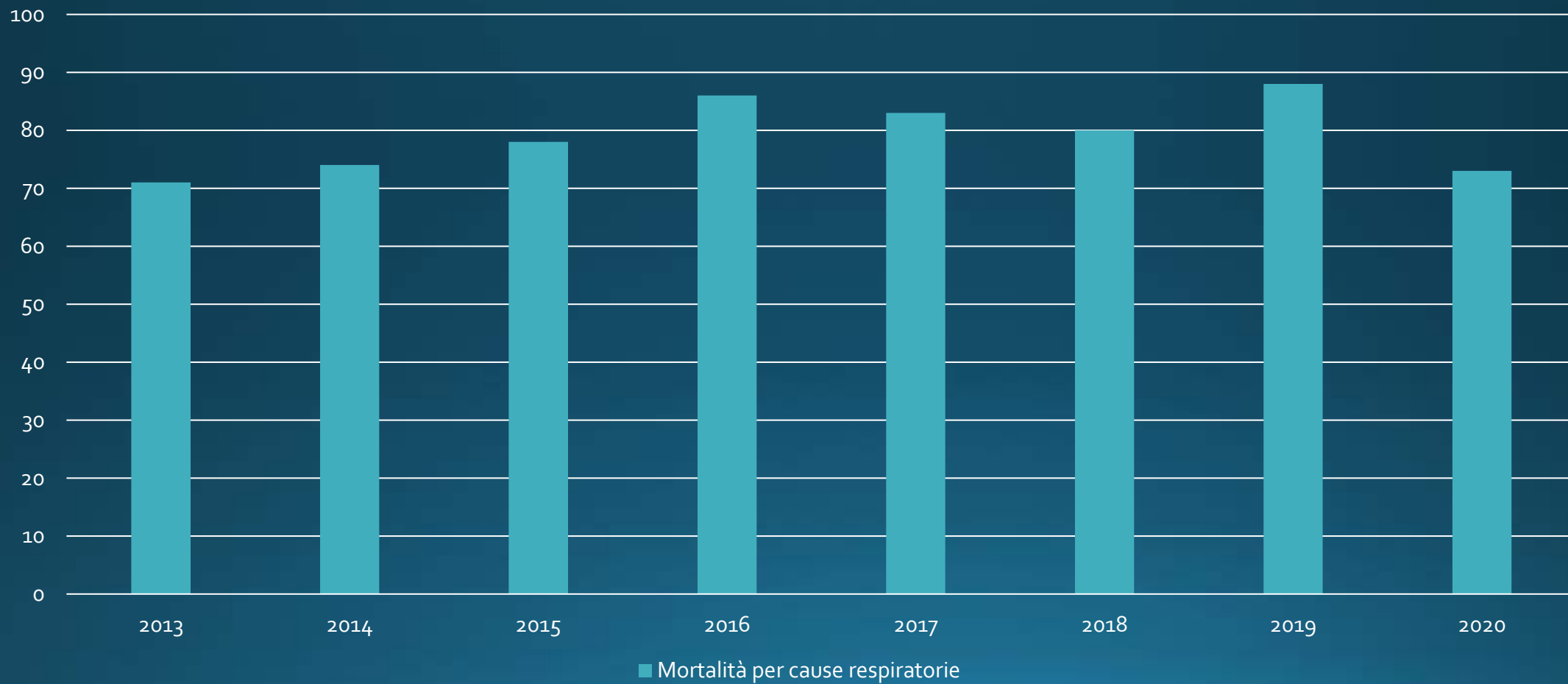
- industria metalmeccanica
- industria della ceramica
- edilizia
- manutenzione strade
- stoccaggio industriale
- artigianato ( falegnami, tornitori, carpentieri)
- alimentare (es farine)
- agricoltura

Nella mia personale esperienza ventennale di diagnosi e cura dei pazienti affetti da sintomi respiratori:

- circa il 16% presenza valori spirometrici al di sotto della norma pur non essendo fumatori, asmatici, cardiopatici o affetti da malattie dismetaboliche
- in aumento la frequenza e la riacutizzazione dell malattia asmatica tra i pazienti provenienti dall'Africa sub-sahriana.



# Mortalità per cause respiratorie ASL MO



# COPATOLOGIE CRONICHE IN PAZIENTI AFFETTI DA BPCO

- Ipertensione	32.9%
- Cardiopatia ischemica	13.4%
- Aritmie cardiache	14%
- Scompenso cardiaco	13.2%
- Patologie valvolari cardiache	3.6%
- malattia vascolare periferica	4.7%
- depressione e disturbi psichiatrici	20.5%
- Neoplasie	14.5%
- Dislipidemia	31.1%
- Diabete mellito	17 %

# MIE RIFLESSIONI

Molte delle statistiche sanitarie che sono volte a definire le cause di mortalità e morbilità di una popolazione sono redatte rispetto alla segnalazione della patologia d'organo che ha causato la morte o la morbilità dell'individuo

In realtà la mortalità/morbilità di un individuo è causata da diversi fattori che sommandosi gli uni con gli altri in un numero infinito di variabili determinano la sofferenza dell'organo o di più organi con la conseguente e probabile loro disfunzione.

Questo perché probabilmente alla determinazione della morte o della malattia di un individuo concorrono fattori genetici, ambientali e stili di vita, in proporzioni e con intensità diverse a secondo di dove si vive, di dove si lavora, di dove si abita e di come si gestisce il proprio patrimonio di salute

L'essere umano è infatti al centro di un ecosistema che da lui alterato altera lui stesso.

Il suo modello di sistema sociale, lungi dal proteggerlo dalla malattia, è causa esso stesso di malattia, in un vincolo inscindibile e spesso inestricabile di cause ed effetti spazio-temporali

Inoltre concorrono alla comparsa di una malattia ad esito più o meno favorevole, diversi fattori individuali che si combinano variamente tra di loro:

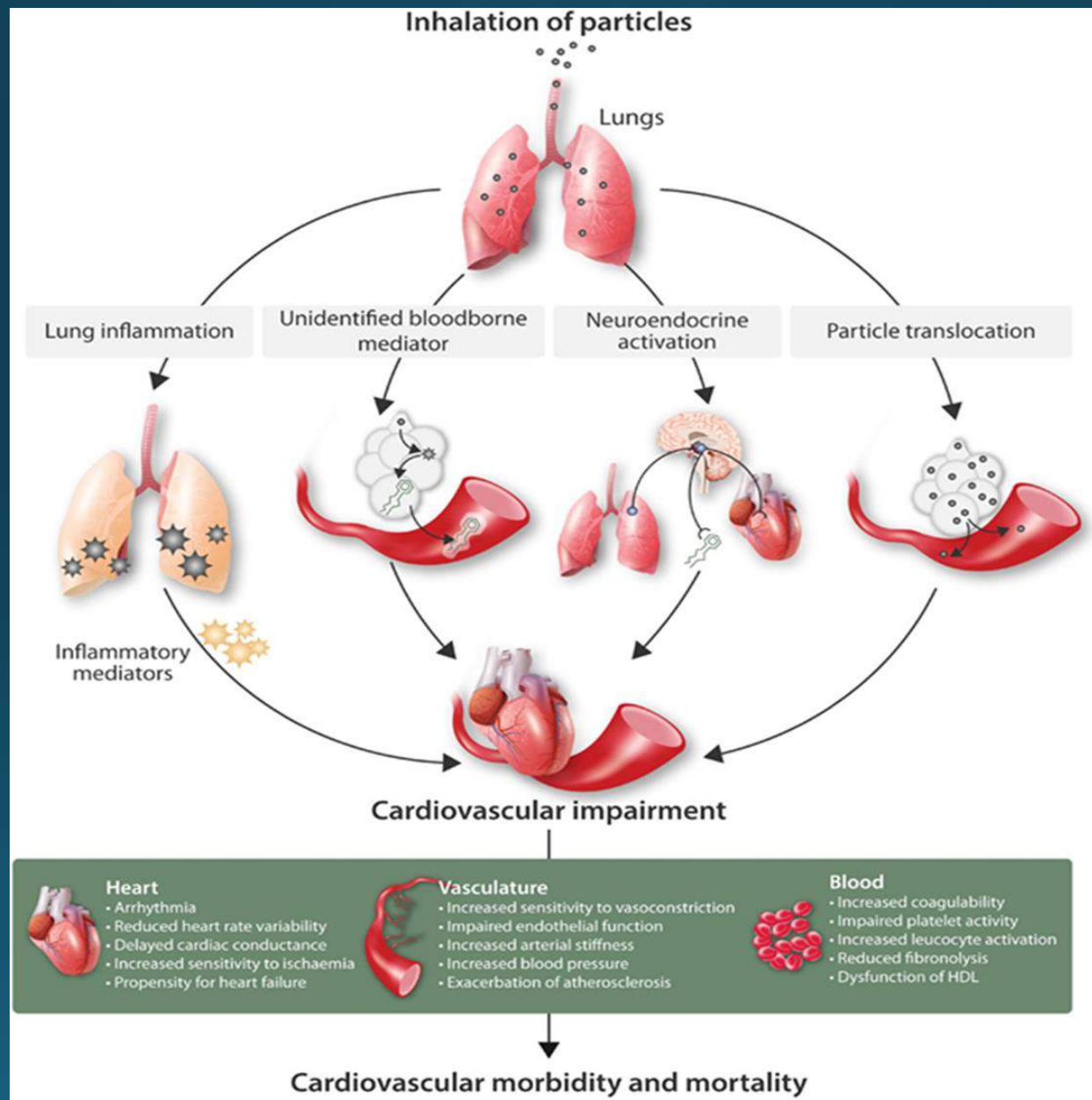
- fattori genetici
- fattori epigenetici (espressione fenotipica dei geni senza modificare la sequenza del DNA causata da fattori ambientali e stili di vita)
- ambiente di lavoro
- stili di vita



Parliamo ad esempio di disfunzione respiratoria come causa di malattia e mortalità respiratoria e lo facciamo superficialmente, incorrendo in numerosi bias concettuali

In questo caso specifico dovremmo infatti sempre ricordare che è errato parlare di apparato respiratorio, ma occorre parlare di unità cardiorespiratoria, unità di due organi strettamente coesi dal punto di vista anatomico, fisiologico e funzionale. Se si ammala uno, si ammala l'altro, per cui chi dei due sarà veramente causa maggiore di malattia, di disabilità o di morte?

# Ciò è ancor più valido per quanto riguarda l'inquinamento atmosferico a carico dell'Unità Cardiorespiratoria



La ricerca sulla multimorbilità è ancora scarsamente rappresentata: gli studi esistenti continuano ad essere in numero di gran lunga inferiore a quelli sulle condizioni/patologie d'organo.

Inoltre, la stessa epidemiologia della multimorbilità necessita ancora di essere approfondita e di trovare un accordo nei metodi comuni di analisi.

Negli ultimi decenni sono stati identificati molti biomarcatori di esposizione, suscettibilità e malattia in relazione all'esposizione all'inquinamento atmosferico, ed è importante considerare i loro cambiamenti come esiti potenzialmente avversi per la salute. Ad esempio, il marcatore di suscettibilità genetica GSTM1 (Glutathione-S-transferase M1) e le misurazioni quali quella del F.E.N.O (forced exhaled nitric oxide fraction) che hanno evidenziato variazioni negli individui esposti a particolato e soggetti a variazione epigenetica

# Criteri di Bradford Hill

Includono nove punti di vista in base ai quali valutare le prove epidemiologiche umane per determinare se la causalità può essere dedotta:

- forza,
- coerenza,
- specificità,
- temporalità,
- gradiente biologico,
- plausibilità,
- coerenza,
- esperimento e analogia.

A joint ERS/ATS policy statement:  
what constitutes an adverse health effect of air pollution? An analytical framework. Eur Respir  
J 2017; 49: 1600419

La co-presenza di più malattie in un singolo individuo ha portato a differenti concettualizzazioni condizionate dalla natura stessa delle condizioni cliniche, dalla possibilità o meno di identificare una patologia principale, dalla cronologia di manifestazione, dall'impatto delle varie patologie (morbidity burden), dalla necessità di tenere conto della severità clinica delle patologie e della complessità del paziente (ruolo dei fattori socioeconomici) (Valderas 2009).

## Key Messages

**Se è vero che l'inquinamento atmosferico utilizza le vie aeree per penetrare l'organismo, è anche vero che esso provocherà i danni maggiori in questo o quell'organo a seconda dell'impatto che esso avrà su un notevole numero di variabili ambientali e individuali.**



A mio parere dovremmo:

a) considerare maggiormente il concetto della multifattorialità

alla base degli indici e delle cause di mortalità e morbilità

b) indirizzare maggiormente la ricerca scientifica verso

l'interdipendenza delle cause e degli effetti della mortalità e

della morbilità

Tutto ciò concorrerebbe:

1- ad una più precisa analisi del rischio di malattia della popolazione

2- darebbe base scientifica più solida alle istituzioni per implementare iniziative di politica socio-sanitaria mirate al fine di assicurare programmi più efficaci di prevenzione e di cura

# GRAZIE

## AIR POLLUTION – THE SILENT KILLER



Every year, around  
**7 MILLION DEATHS**  
are due to exposure  
from both outdoor  
and household air  
pollution.

Source: World Health Organization

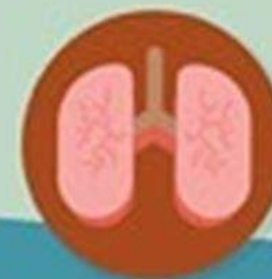
**Air pollution is a major environmental risk to health.** By reducing air pollution levels, countries can reduce:



Stroke



Heart  
disease



Lung cancer, and  
both chronic and acute  
respiratory diseases,  
including asthma