

**Università degli Studi di Firenze  
Corso di Laurea in Medicina e Chirurgia**

**ADE x studenti del 3°-4° anno  
20 gennaio – 3 febbraio 2026**

***“UN'EMERGENZA SANITARIA: CRISI CLIMATICA E  
INQUINAMENTO AMBIENTALE”***

**I determinanti ambientali di salute con particolare  
attenzione all'inquinamento atmosferico**

Prof.ssa Elisabetta Chellini

## **Gli argomenti affrontati in questa lezione:**

- **I determinati di salute : cosa sono e perché è importante conoscerli**
- **I determinanti ambientali di salute**
- **L'inquinamento atmosferico, uno dei determinanti ambientali di salute**

- **I determinanti di salute : cosa sono e perché è importante conoscerli**

# CODICE DI DEONTOLOGIA MEDICA (18-5-2014)

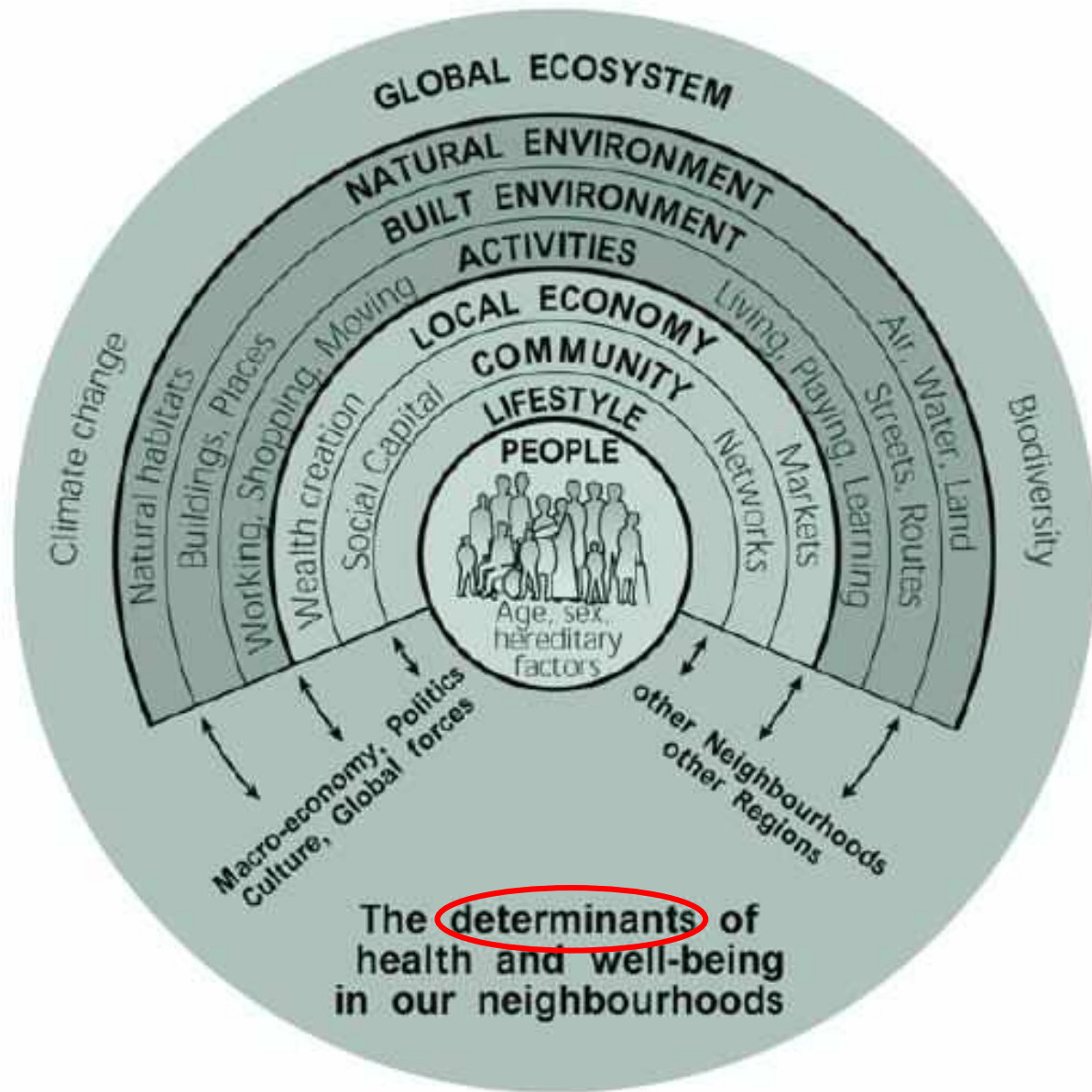
## Articolo 5 - **Promozione della salute, ambiente e salute globale**

Il medico, nel considerare l'ambiente di vita e di lavoro e i livelli di istruzione e di equità sociale quali determinanti fondamentali della salute individuale e collettiva, collabora all'attuazione di idonee politiche educative di prevenzione e di contrasto alle disuguaglianze alla salute e promuove l'adozione di stili di vita salubri, informando sui principali fattori di rischio. Il medico, sulla base delle conoscenze disponibili si adopera per una pertinente comunicazione sull'esposizione e sulla vulnerabilità a fattori di rischio ambientale e favorisce un utilizzo appropriato delle risorse naturali, per un ecosistema equilibrato e vivibile anche dalle future generazioni.

X

“Chi vuole indagare in campo medico deve procedere così: all’inizio considerare le **stagioni** dell’anno e gli effetti che producono. Poi i venti, il **caldo** e il **freddo**, specialmente quelli che sono comuni a tutti i paesi, e poi quelli che sono specifici di ciascuna località. Nello stesso modo, quando uno arriva in una città che non conosce, dovrebbe considerare la direzione dei venti e quando fa giorno; se il suo giaciglio è a nord o a sud, verso il sorgere del sole o verso il tramonto. Dovrebbe considerare molto attentamente l’**acqua** che gli abitanti usano, se è acquitrinosa, leggera o dura, se viene da sorgenti alte e rocciose, se è salata e non buona per la cottura dei cibi; e la **terra**, se è spoglia, povera di acqua o boscosa e umida, se è in un avvallamento, confinata o alta e fredda; e il **modo in cui gli abitanti vivono**, quali sono le loro **occupazioni**, se amano **bere** e **mangiare** in abbondanza, se sono indolenti oppure se sono dediti **all’esercizio fisico** e al **lavoro**.”

[Ippocrate (470-400 a.C) tratto da “Sull’aria, le acque e i posti”]



Viviamo in un mondo in cui fattori individuali, sociali e ambientali sono strettamente interconnessi tra loro e possono svolgere un ruolo, di per sé e in sinergia, nell'insorgenza delle malattie

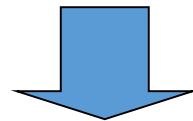


più che parlare di **cause** è più corretto parlare di **determinanti di salute**

Diagram by Barton, H & Grant, M, 2006, derived from Whitehead, M & Dahlgren, G, The determinants of health and well-being, 1991.

perché siamo di fronte ad  
associazioni o correlazioni di tipo probabilistico  
tra esposizioni ed effetti

Ovvero non sappiamo che cosa accadrà a soggetti esposti, ma possiamo conoscere la probabilità di accadimento (**RISCHIO**) di alcuni eventi morbosi, proprio in relazione alle esposizioni di interesse



ciò siamo in un 'accezione della **causa quale condizione determinante** di un evento morboso

**Non tutti gli esposti si ammalano**

**Non tutte i determinanti noti (*chiamanti nel gergo comune «cause»*) fanno ammalare**

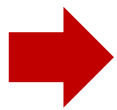
**Ad es.**

- **non tutti gli esposti a fumo di tabacco attivo o passivo si ammalano di tumore del polmone o sviluppano una malattia cardiovascolare**
- **In questo caso gli effetti sanitari si possono osservare sia ad alti sia a bassi livelli di esposizione**



**e quindi il fumo di tabacco non è un agente né necessario né sufficiente di per sé a determinare tali effetti sulla salute, anche se può essere fortemente correlato ad essi**

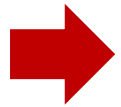
Di solito definiamo CAUSA quel fattore espositivo sufficiente a produrre un evento avverso (malattia) e quindi è quel set minimo di condizioni ed eventi necessario allo sviluppo dell'evento avverso (e questo viene considerato vero per le **malattie infettive**)



Prevenire quel fattore necessario  
implica bloccare lo sviluppo della malattia

...e infatti la prevenzione delle malattie infettive ha fatto passi da gigante ... sono stati messi in atto strumenti di prevenzione primaria ottimali (le vaccinazioni)

**Per le malattie cronic-degenerative** la situazione è più complessa perchè **possono svolgere un ruolo causale più fattori**, nessuno dei quali è necessario e sufficiente a determinare l'effetto avverso



Prevenire uno o più dei fattori che entrano in gioco implica soltanto ridurre una quota di malattie ad essi correlati, ovvero ridurre il rischio di loro insorgenza

**Perché solo alcuni individui esposti si ammalano ?**

Quelli che non si ammalano sono i «più fortunati»?

**E' questo fenomeno legato al fatto che vi sono più esposizioni che variano nel tempo e nello spazio ?**

Ma cosa ne sappiamo delle sinergie tra queste esposizioni?

Gli effetti si sommano?

Si moltiplicano?

Si modificano?

Esiste una gerarchia fra i vari fattori espositivi?

Quali sono le conoscenze disponibili?



List of classifications by cancer sites with sufficient or limited evidence in humans, IARC Monographs Volumes 1–138<sup>a</sup>

Cancer site	Carcinogenic agents with <u>sufficient evidence</u> in humans	Agents with <u>limited evidence</u> in humans
Lung	Acheson process, occupational exposure associated with Acrylonitrile Aluminium production Arsenic and inorganic arsenic compounds Asbestos (all forms) Beryllium and beryllium compounds Bis(chloromethyl)ether; chloromethyl	Acid mists, strong inorganic Art glass, glass containers and pressed ware (manufacture of) Benzene Biomass fuel (primarily wood), indoor emissions from household combustion of Bitumens, occupational exposure to hard bitumens and their

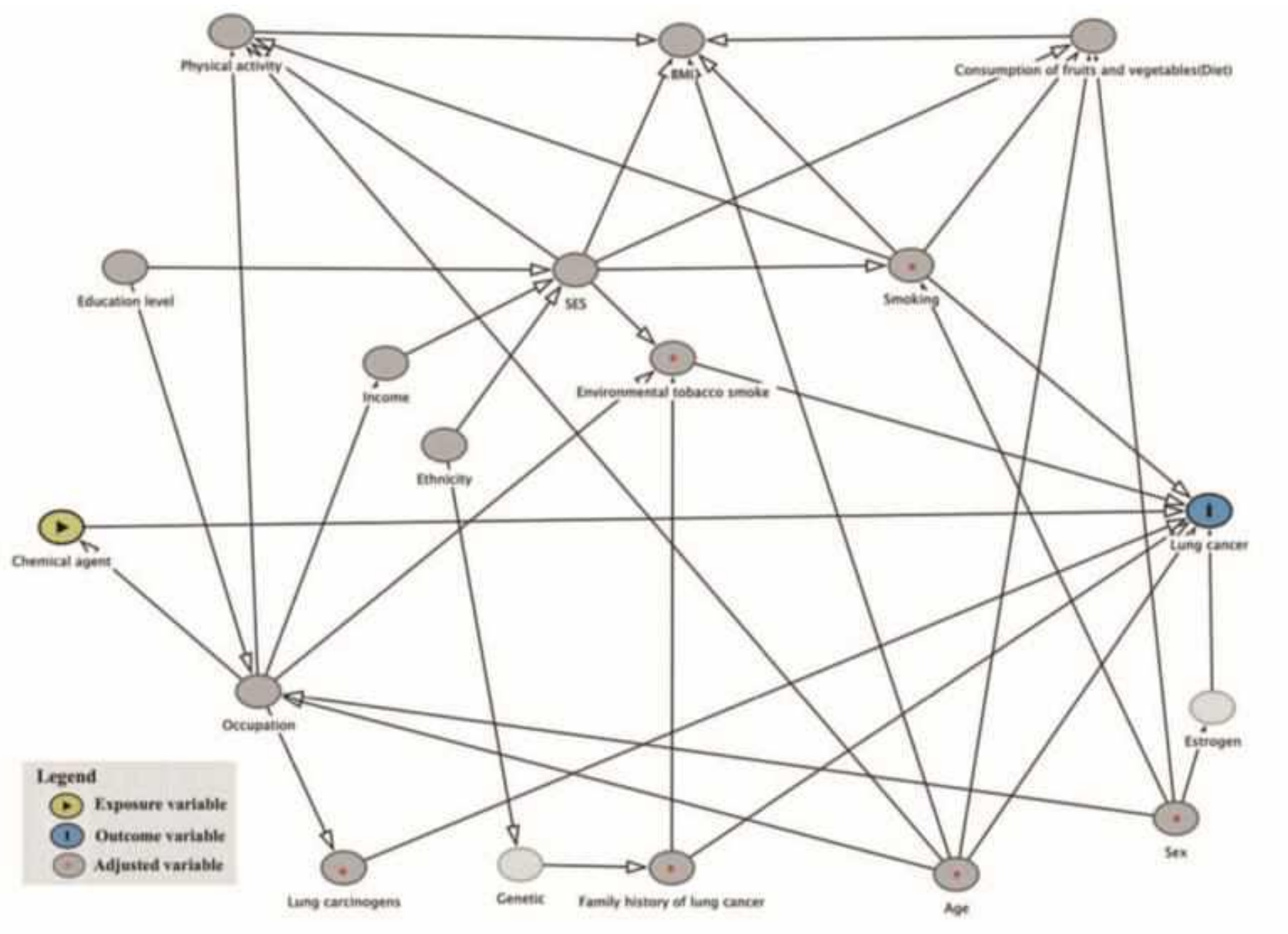
...

...

[[https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2019/07/Classifications\\_by\\_cancer\\_site.pdf](https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2019/07/Classifications_by_cancer_site.pdf)]

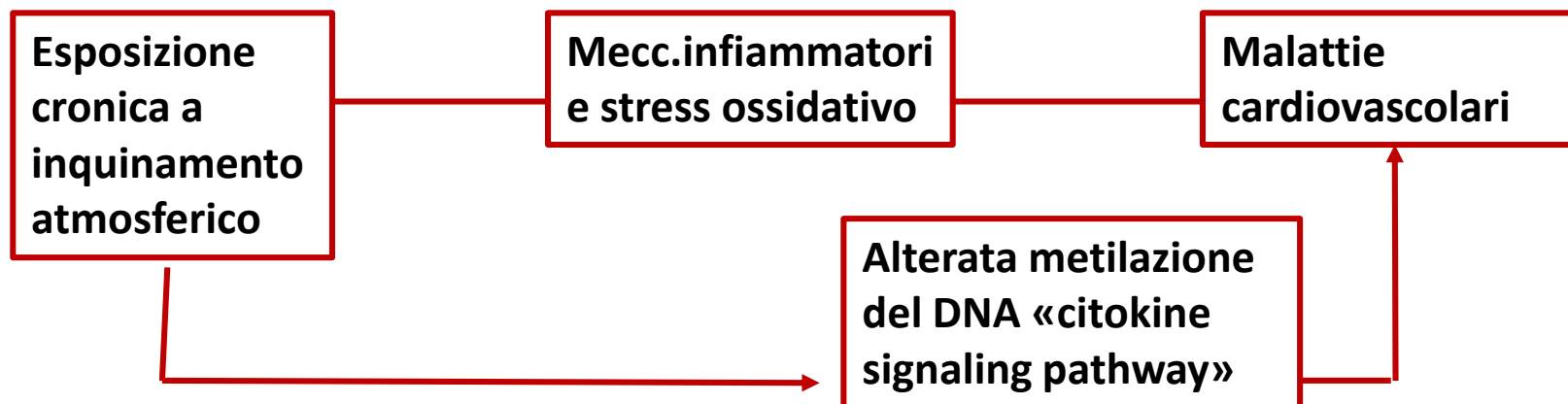
•••	<ul style="list-style-type: none"> <li>methyl ether (technical grade)</li> <li>Cadmium and cadmium compounds</li> <li>Chromium(VI) compounds</li> <li>Coal, indoor emissions from household combustion</li> <li>Coal gasification</li> <li>Coal-tar pitch</li> <li>Coke production</li> <li><u>Engine exhaust, diesel</u></li> <li>Haematite mining (underground)</li> <li>Iron and steel founding (occupational exposure during)</li> <li>MOPP and other combined chemotherapy including alkylating agents</li> <li>Nickel compounds</li> <li>Opium consumption</li> <li><u>Outdoor air pollution</u></li> <li><u>Outdoor air pollution, particulate matter in</u></li> <li>Painter (occupational exposure as a)</li> <li>Plutonium</li> <li>Radon-222 and its decay products</li> <li>Rubber manufacturing industry</li> <li>Silica dust, crystalline, in the form of quartz or cristobalite</li> <li>Soot (as found in occupational exposure of chimney sweeps)</li> <li>Sulfur mustard</li> <li>Tobacco smoke, secondhand</li> <li>Tobacco smoking</li> <li>Welding fumes</li> <li>X- and Gamma-radiation</li> </ul>	•••
		<ul style="list-style-type: none"> <li>emissions during mastic asphalt work</li> <li>Bitumens, occupational exposure to oxidized bitumens and their emissions during roofing</li> <li>Carbon electrode manufacture</li> <li><i>alpha</i>-Chlorinated toluenes (benzal chloride, benzotrichloride, benzyl chloride) and benzoyl chloride (combined exposures)</li> <li>Cobalt metal with tungsten carbide</li> <li>Creosotes</li> <li>Diazinon</li> <li>Frying, emissions from high-temperature</li> <li>Hydrazine</li> <li>Non-arsenical insecticides (occupational exposures in spraying and application of)</li> <li>Printing processes (occupational exposures in)</li> <li>Silicon carbide, fibrous</li> <li>2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-<i>para</i>-dioxin</li> <li>Trivalent antimony</li> <li>Uranium, mixture of isotopes</li> </ul>

[[https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2019/07/Classifications\\_by\\_cancer\\_site.pdf](https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2019/07/Classifications_by_cancer_site.pdf)]



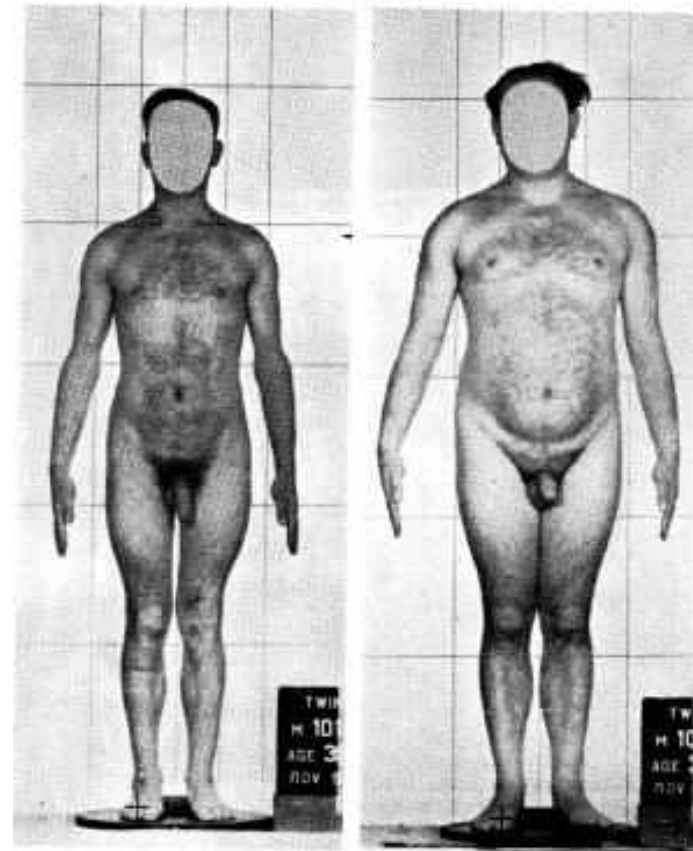
[Moayedi-Nia, J Occup Environ Med, 2022]

Siamo quindi in un **contesto complesso e di incertezza** nel quale si sono sviluppati gli studi sui meccanismi molecolari che potrebbero spiegare meglio la correlazione tra esposizioni ed effetti, come ad esempio tra l'esposizione ad inquinamento atmosferico e le malattie cardiovascolari



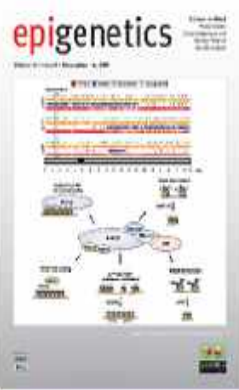
Si sono sviluppati studi sui **fattori predisponenti**

Da un punto di vista aneddótico si può citare questa osservazione dallo studio di Shields del 1962 su 44 coppie di gemelli omozigoti separati alla nascita



CASE S m P 9. Somatotype photograph of Alfred (left) and Harry, age 39, illustrating a large difference in weight occurring in a pair of monozygotic twins.

**Altro es. : gli autori di questo studio hanno esaminato coloro che erano stati esposti durante la gestazione alla carestia olandese.**



epigenetics

Epigenetics

ISSN: 1559-2294 (Print) 1559-2308 (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/kepi20>

---

**The epigenome: Archive of the prenatal environment**

Bastiaan T. Heijmans, Elmar W. Tobi, L.H. Lumey & P. Eline Slagboom

**La Carestia Olandese («*Hongerwinter*»), l'inverno della fame): si verificò durante l'inverno del 1944-45, negli ultimi mesi prima della fine della seconda guerra mondiale, nella parte dei Paesi Bassi ancora occupata dall'esercito tedesco**

**Le razioni giornaliere per un adulto arrivano ad un max di 700Kcal**

**Gli studi su coloro che erano stati esposti durante la gestazione hanno permesso di capire in che modo esposizioni che avvengono in fasi molto precoci della vita possono poi influire sull'occorrenza delle malattie che avvengono successivamente in età adulta**



**Figure 2.** A typical daily ration distributed by the local authorities in the famine-struck western part of the Netherlands consisted of two slices of bread, two potatoes and piece of sugar beet. The newspaper in the background announces the closure of the soup kitchens.

I soggetti esposti alla carestia materna in epoca fetale, rispetto ai nati nei periodi precedenti o seguenti la carestia, sono risultati avere un aumentato rischio di obesità, ipertensione, diabete di tipo II e disturbi psicopatologici (schizofrenia e depressione) trasmessi con meccanismi epigenetici

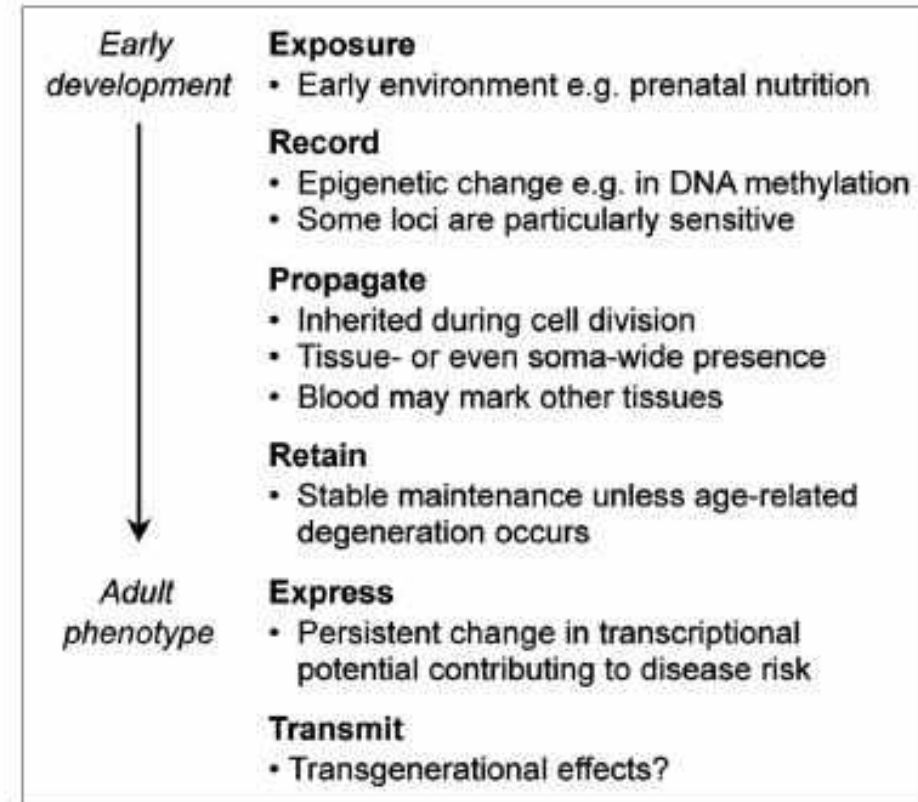
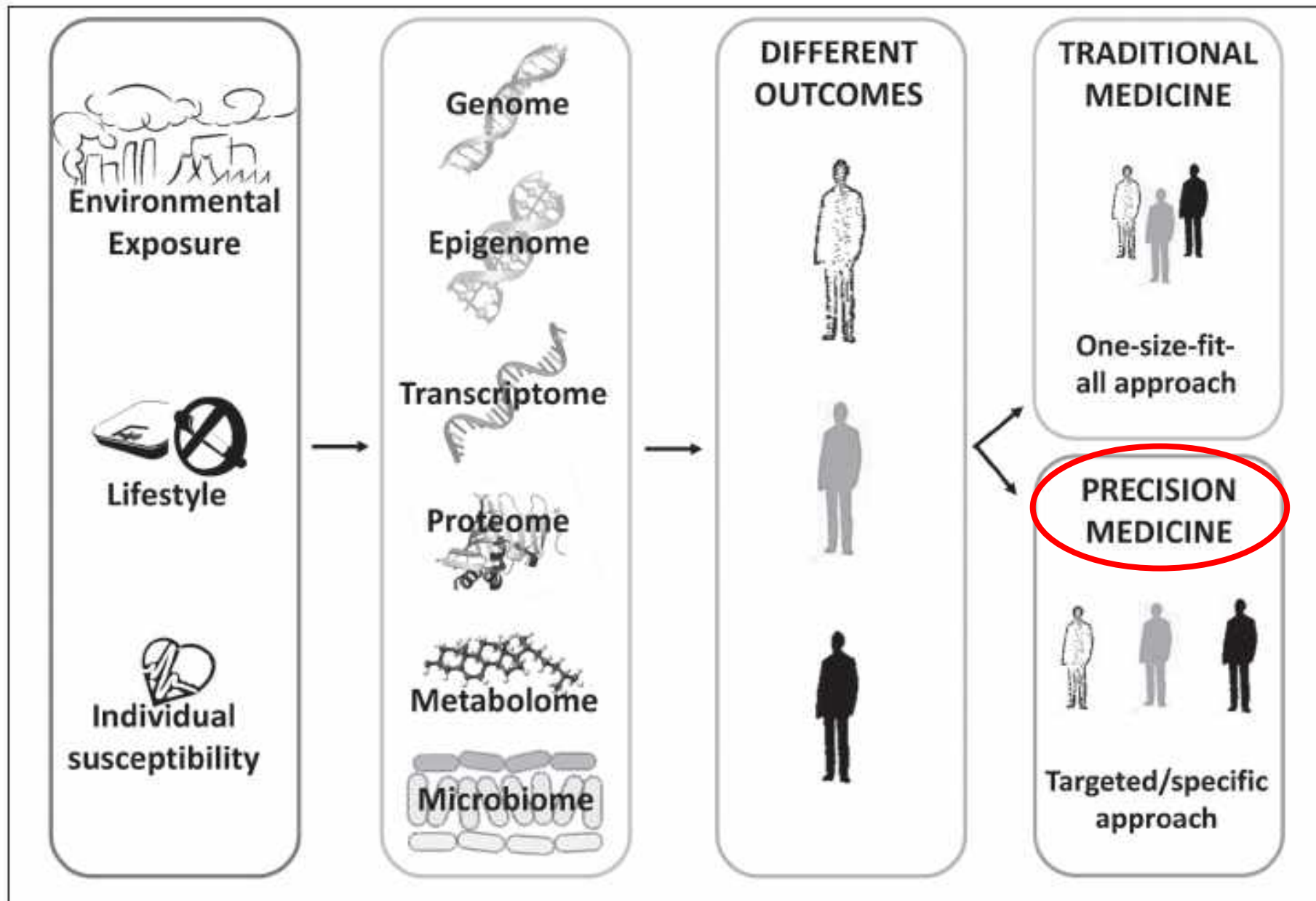


Figure 1. How the epigenome can link early development and adult disease.

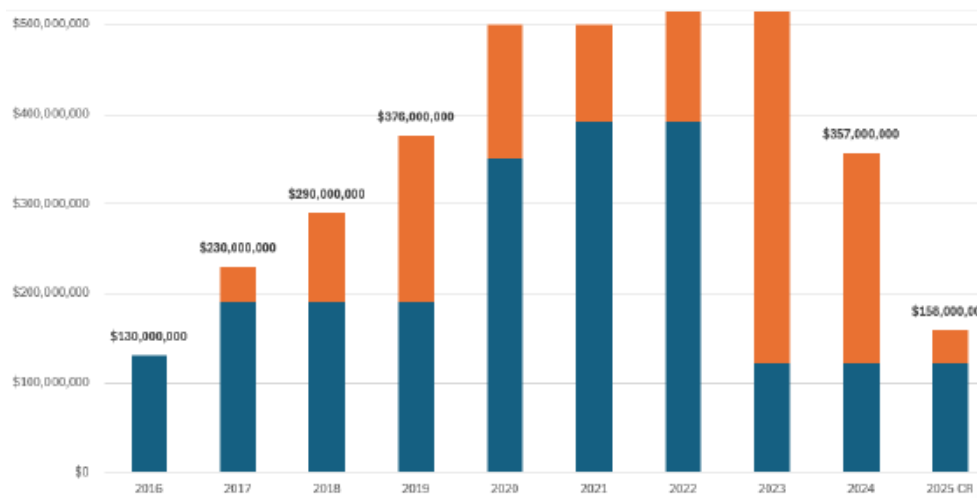


[Bollati, 2020]



**Ha coinvolto 1 milione di americani che sono stati sottoposti a sequenziamento genomico oltre a fornire informazioni sulla storia espositiva e su quella clinica. E' un progetto di ricerca del NIH americano che si sarebbe dovuto concludere nel 2025 e potrebbe fornire risultati molto interessanti nell'ambito della medicina di precisione**

**..... ma come altri progetti nel 2024 ha subito un drastica riduzione del finanziamento dal nuovo governo USA e quindi speriamo che sia stato ultimato ...**



In questa situazione di **grande complessità espositiva** dove le esposizioni sono multiple e avvengono in momenti e con modalità diverse per ogni soggetto e nel corso della vita

l'approccio classico di studio  
«*un'esposizione – un effetto*»

**NON** è del tutto appropriato anche se più semplice

è stato infatti sviluppato il concetto di **ESPOSOMA**, ovvero **l'insieme delle esposizioni non genetiche a cui l'uomo è esposto nel corso della sua vita** (esposizioni ambientali + esposizioni legate al proprio stile o condizioni di vita + e processi interni molecolari, ormonali, ecc.)

**Methods for collection, storage and interpretation of working life exposome data**



**Studies for better knowledge of the working life exposome in relation to non-communicable diseases**



**Methods for impact assessment**

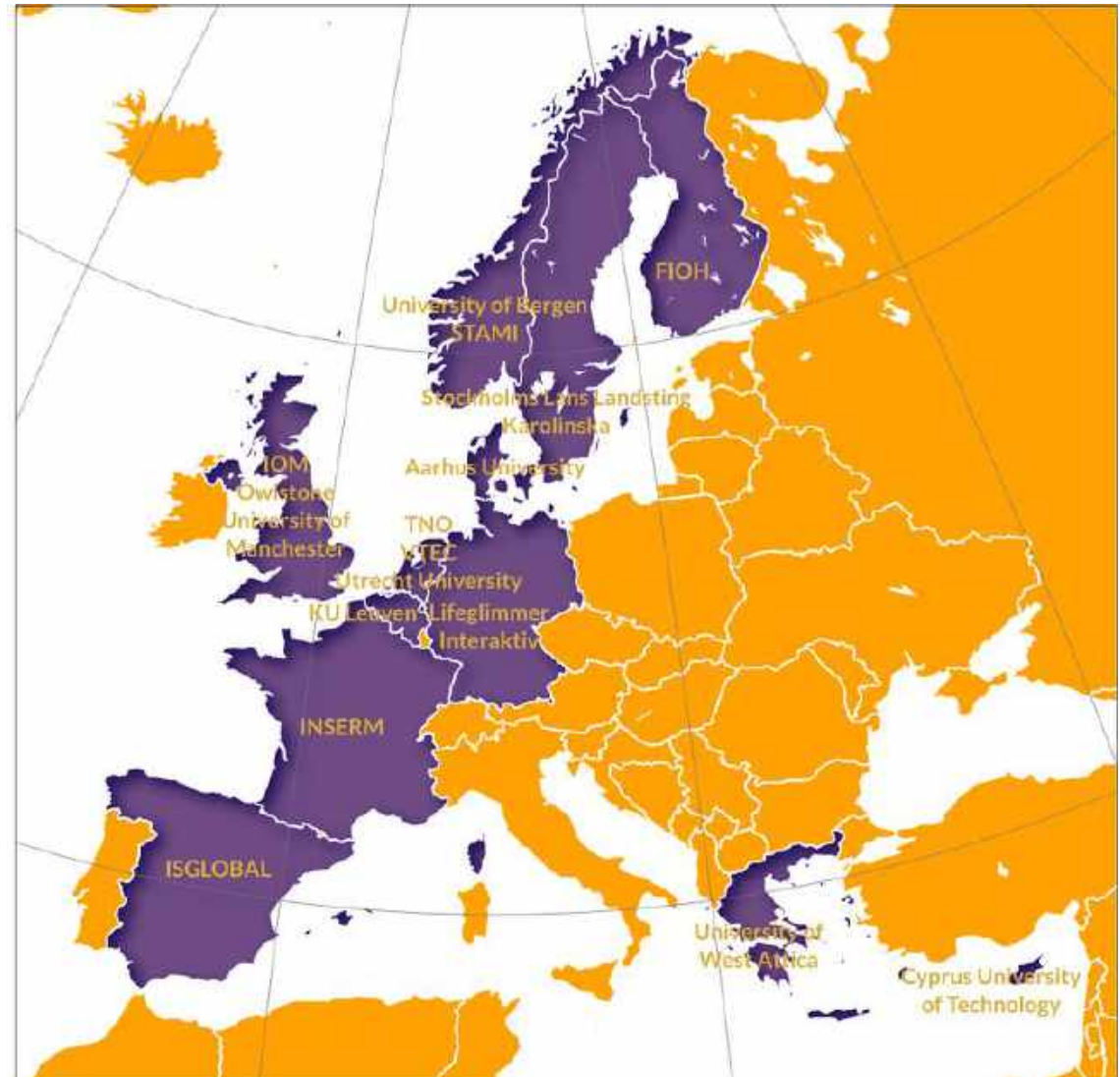


**Better and More Complete Knowledge**

- Multiple exposures within the working life exposome in relation to non-communicable diseases
- Complex interactions of exposures, internal markers and vulnerability

**Innovative Methods for Working Life Exposome**

- Collection, storage and interpretation
- Impact assessment



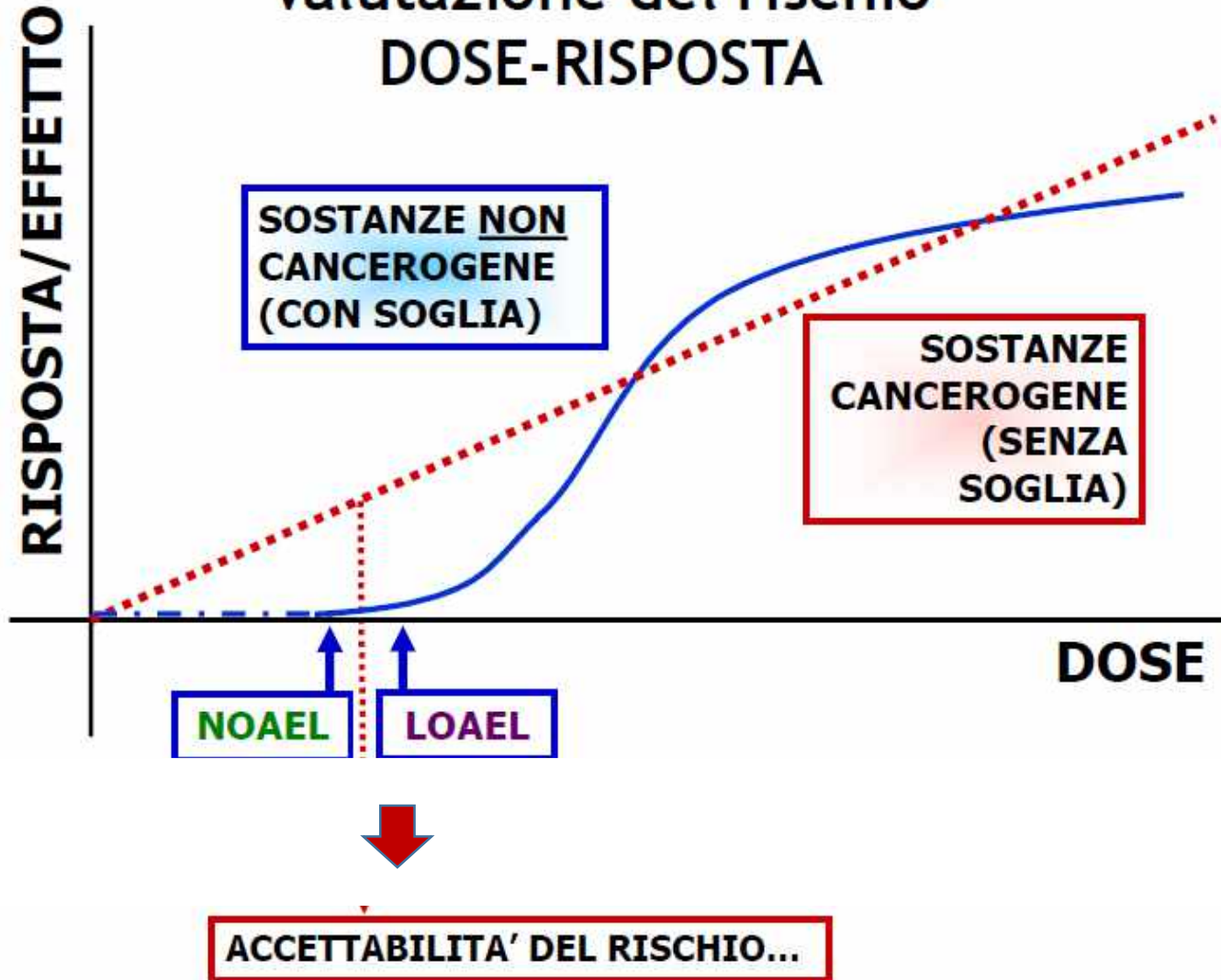
**Jan 2020** **Jun 2025**  
Start End

[<https://www.ephor-project.eu/>]

**In sanità quello che ci interessa conoscere è  
sia il PERICOLO, nella sua accezione più  
ampia di ESPOSOMA sia il RISCHIO**

<b>PERICOLO (HAZARD)</b>	<b>RISCHIO (RISK)</b>
<p>Qualsiasi agente (fisico, chimico o biologico) o condizione/attività che può determinare un evento avverso per la salute umana.</p> <p>E' una proprietà intrinseca di un agente o condizione, ma legato a tutte le esposizioni di un individuo</p>	<p>La probabilità di accadimento di un evento avverso in relazione all'esposizione ad un pericolo.</p> <p>E' una probabilità stimata statisticamente</p>

# Valutazione del rischio DOSE-RISPOSTA



E considerando i vari fattori a cui siamo esposti, possiamo trovarci in queste 3 condizioni:

- **IGNORANZA** – non conosciamo il suo impatto e la probabilità del suo impatto sulla salute (le osservazioni rappresentano una “sorpresa” da approfondire)
- **ATTEGGIAMENTO CAUTELATIVO (o di PRECAUZIONE)** – le **informazioni scientifiche disponibili sono incerte**, ovvero ne conosciamo l’impatto ma la probabilità di accadimento è incerta
- **PREVENZIONE** – i rischi sono ragionevolmente ben noti, ovvero ne conosciamo l’impatto e le probabilità di accadimento

## Principio di precauzione

***“When an activity raises threats of harm to human health or the environment, precautionary measures should be taken even if some cause and effect relationships are not fully established scientifically. In this context the proponent of an activity, rather than the public, should bear the burden of the proof. The process of applying the Precautionary Principle must be open, informed, and democratic and must include potentially affected parties. It must also involve an examination of a full range of alternatives, including no action.”***

[WHO,2001]

# ● I determinati ambientali di salute

In questa concezione della causalità  
come si inseriscono le **cause ambientali** ?

Teoricamente per cause ambientali si dovrebbero  
intendere tutte le cause non genetiche nel loro complesso  
(anche gli agenti microbici) che possono o meno entrare a  
far parte di un set di cause di eventi avversi.

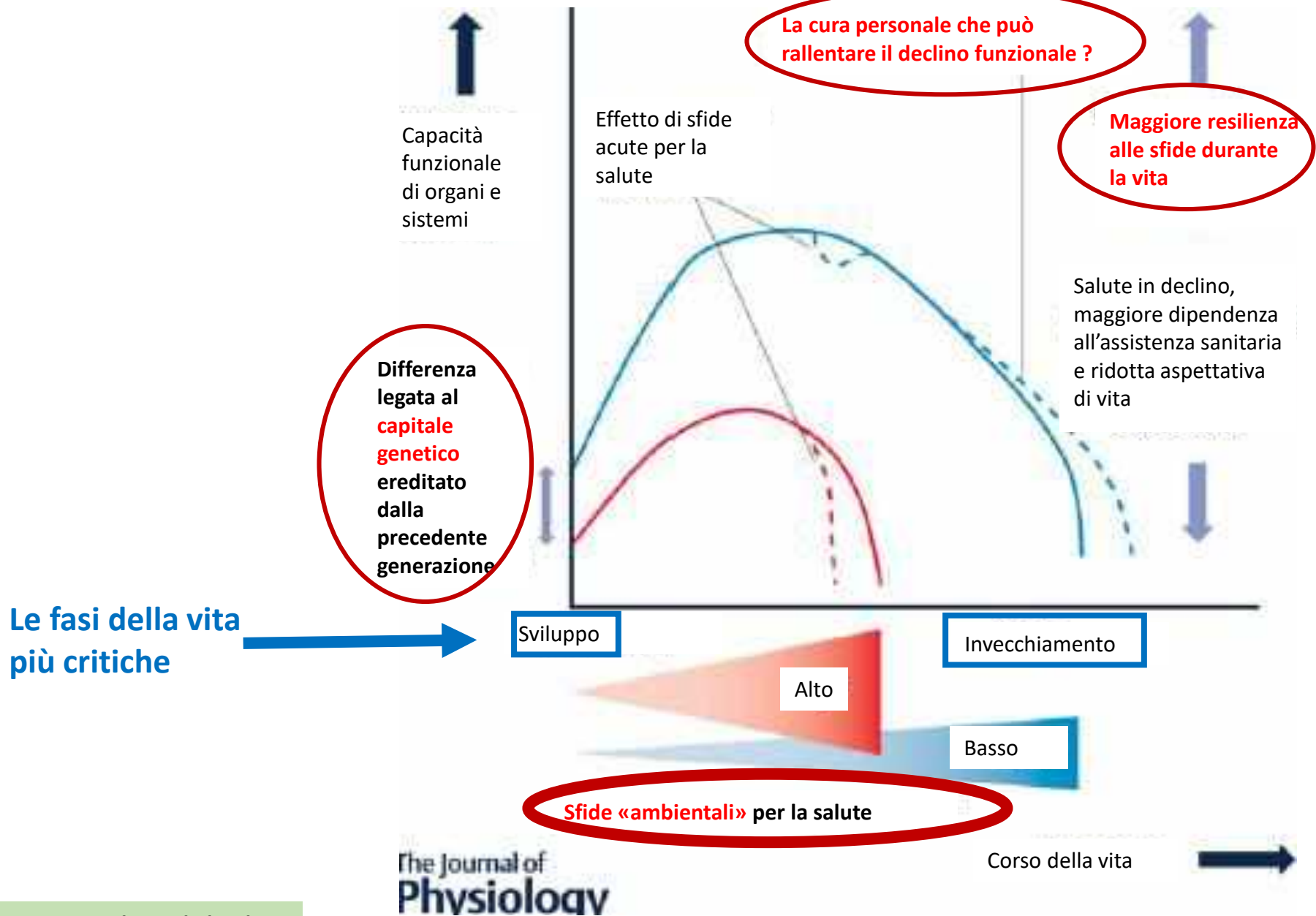
**Teoricamente quindi quasi il 100% delle  
malattie è su base ambientale, ma  
praticamente si intendono solo quei  
fattori esterni (naturali o antropici)**



Diagram by Barton, H & Grant, M, 2006, derived from Whitehead, M & Dahlgren, G, The determinants of health and well-being, 1991.

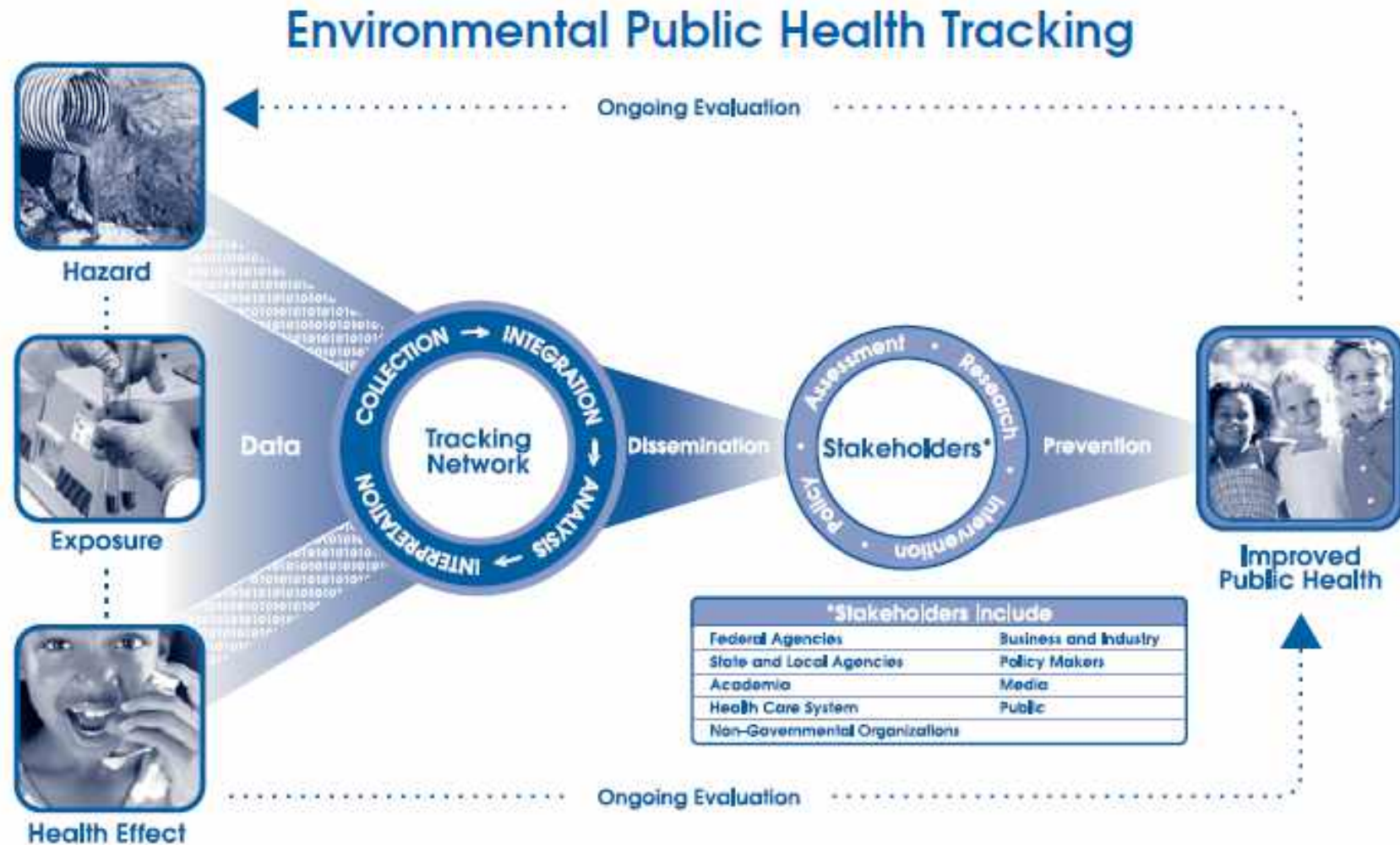
**e oggi giorno è sempre più pressante raccogliere, analizzare e interpretare le problematiche ambientali che possono generare direttamente o indirettamente effetti indesiderati sulla salute umana**

**Questa NECESSITA' è legata alla  
crescita della popolazione mondiale,  
al consumo progressivo delle risorse naturali  
e alla occorrenza di nuove situazioni ambientali  
problematiche per la salute umana**



[Hanson 2016]

Già dal 2002 il US-CDC (Center for Disease Control) aveva istituito il programma denominato



[Fonte: NCEH Pub No. 04-0296]

## Alphabetical Listing of Topics on the Tracking Network

[Acute Toxic Substance Releases](#)

[Air Quality \(Outdoor\)](#)

[Asthma](#)

[Biomonitoring: Population Exposures](#)

[Birth Defects](#)

[Cancer](#)

[Carbon Monoxide Poisoning](#)

[Childhood Lead Poisoning](#)

[Chronic Obstructive Pulmonary Disease](#)

[Climate Change](#)

[Community Characteristics](#)

[Community Design](#)

[Developmental Disabilities](#)

[Drinking Water](#)

[Drought](#)

[Environmental Justice](#)

[Heart Disease & Stroke](#)

[Heat & Heat-related Illness](#)

[Hormone Disorders](#)

[Lifestyle Risk Factors](#)

[Pesticide Exposures](#)

[Populations & Vulnerabilities](#)

[Precipitation & Flooding](#)

[Preparedness & Response](#)

[Radon Testing](#)

[Reproductive & Birth Outcomes](#)

[Sunlight & UV](#)

In linea generale l'**ESPOSIZIONE** ad un fattore di rischio è caratterizzabile in termini di :

- intensità
- durata
- dose (intensità x durata)

Tendenzialmente maggiore è l'esposizione più grande è il rischio

## Innanzitutto occorre fare una distinzione tra CONTAMINANTI e INQUINANTI

CONTAMINANTE	INQUINANTE
Sostanza presente nell'ambiente a concentrazioni superiori rispetto a quelle ritenute normali	Sostanza estranea all'ambiente derivante esclusivamente <u>da attività antropiche</u>
Sostanza presente in un bene ad una concentrazione tale da permetterne ancora la fruizione	Sostanza presente in un bene ad una concentrazione tale da non permetterne la fruizione
Sostanza che provoca contaminazione, ovvero modifica le proprietà delle matrici o la loro disponibilità e la qualità delle risorse disponibili	Sostanza che provoca inquinamento, ovvero un <u>danno misurabile a carico di un sistema biologico</u>

**L'INQUINAMENTO AMBIENTALE** si può distinguere in:

A seconda dell'origine:

NATURALE  
ARTIFICIALE

A seconda dell'ambiente:

OUTDOOR  
INDOOR

A seconda del tipo di inquinante:

CHIMICO  
FISICO  
BIOLOGICO

A seconda della matrice inquinata:

ARIA  
ACQUA  
SUOLO  
ALIMENTI  
BIOTA

**E la distribuzione nelle varie matrici dipende dalle caratteristiche delle varie matrici e da quelle chimico-fisiche degli inquinanti stessi**

# XENOBIOTICI

Sono molecole, sostanze estranee all'organismo umano sia naturali sia di sintesi che vengono assorbite e che in quanto tali necessitano di essere rimosse se in grado di produrre effetti nocivi

Nell'ambiente antropizzato sono pressochè diffuse in tutte le matrici e si trovano generalmente sotto forma di «**microinquinanti**» ovvero a concentrazioni molto basse (in traccia), anche sotto forma di **miscele di sostanze**

**Ad es. sono xenobiotici:**

- **prodotti chimici industriali (come i pesticidi)**
- **prodotti di pirolisi della cottura dei cibi**
- **alcaloidi (metaboliti secondari delle piante; sostanze azotate prodotte a partire da amminoacidi aromatici)**
- **tossine prodotte da funghi, piante, animali**
- **farmaci**

**Possono essere assorbiti attraverso la pelle, i polmoni o introdotti con l'alimentazione:**

- se **inalati** sono eliminati direttamente con l'aria espirata
- se **ingeriti** vanno incontro a idrolisi nell'ambiente acido dello stomaco e vengono eliminati con le feci
- se **assorbiti** vengono escreti per via urinaria, o eliminati per via biliare nelle feci o mediante esalazione polmonare

**I fenomeni avversi per la salute dipendono:**

- dalla tipologia, concentrazioni e modalità di **esposizione**
- e dalla **risposta dell'organismo umano**, ovvero dai meccanismi biologici che avvengono in relazione al possibile assorbimento, distribuzione, biotrasformazione, o eliminazione dello xenobiotico dall'organismo stesso



**DISTRIBUZIONE NELLE MATRICI**



**ADSORBIMENTO**

**BIOACCUMULO**

**DEGRADAZIONE**



**ACCUMULO**

Inoltre, **ogni sostanza tende a concentrarsi in particolari tessuti:**

- **es. ossa, pelle e unghie** sono serbatoi dei sali insolubili dei metalli pesanti,
- **es. fegato e tessuto adiposo** sono serbatoi dai quali le sostanze possono essere rilasciate per effetto del ricambio naturale o in seguito a particolari condizioni fisiologiche (sforzo fisico, gravidanza, allattamento, dimagrimento)

**Il metabolismo nell'organismo umano è molto importante perché può diminuire o abolire le proprietà tossiche di una sostanza (detossificazione), ma anche aumentarle (bioattivazione)**

**Nel metabolismo entrano in gioco degli enzimi:**

- **il fegato è l'organo più ricco di enzimi metabolizzanti**
- **la mucosa nasale e il cristallino hanno un'elevata concentrazione di enzimi ma il loro contributo al metabolismo degli xenobiotici è pressochè nullo date anche le loro dimensioni**
- **i polmoni, i reni e il sangue sono poco attivi**

[...ma **vi sono anche fattori genetici, fisiologici** (età , sesso, ormoni) e **ambientali** (altre sostanze, stress) **che possono modificare il metabolismo**]

## **Polimorfismi enzimatici o genetici o metabolici:**

**Gli enzimi del metabolismo e del riparo del DNA sono in gran parte polimorfici ed hanno geni che li codificano**

### **Cosa comporta un polimorfismo metabolico?**

- **Maggiore o minore suscettibilità ad effetti tossici**
- **Ci consentono di identificare gruppi a rischio**
- **Risposta peggiore ad un trattamento farmacologico o avere effetti collaterali**

**Dopo questi aspetti generali e di lessico tecnico,  
vediamo alcuni inquinanti ambientali di cui  
presumibilmente avete sentito parlare, anche  
perché sono stati oggetto di situazioni  
emblematiche anche in Italia**

## Persistent Organic Pollutants (POPs)

*United Nations Environmental Program (UNEP): la "Sporca Dozzina"*



**I POPs sono regolamentati a livello mondiale:**

- **dalla convenzione di Aarhus del 1998 in merito alla giustizia ambientale**
- **dalla convenzione di Stoccolma del 2001**
- **Regolamento POP (Regulation EU n.2019/1021 of the European Parliament and of the Council del 20-6-2019)**

## **REGOLAMENTO (UE) 2019/1021 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 20 giugno 2019 relativo agli inquinanti organici persistenti**

### *Articolo 1*

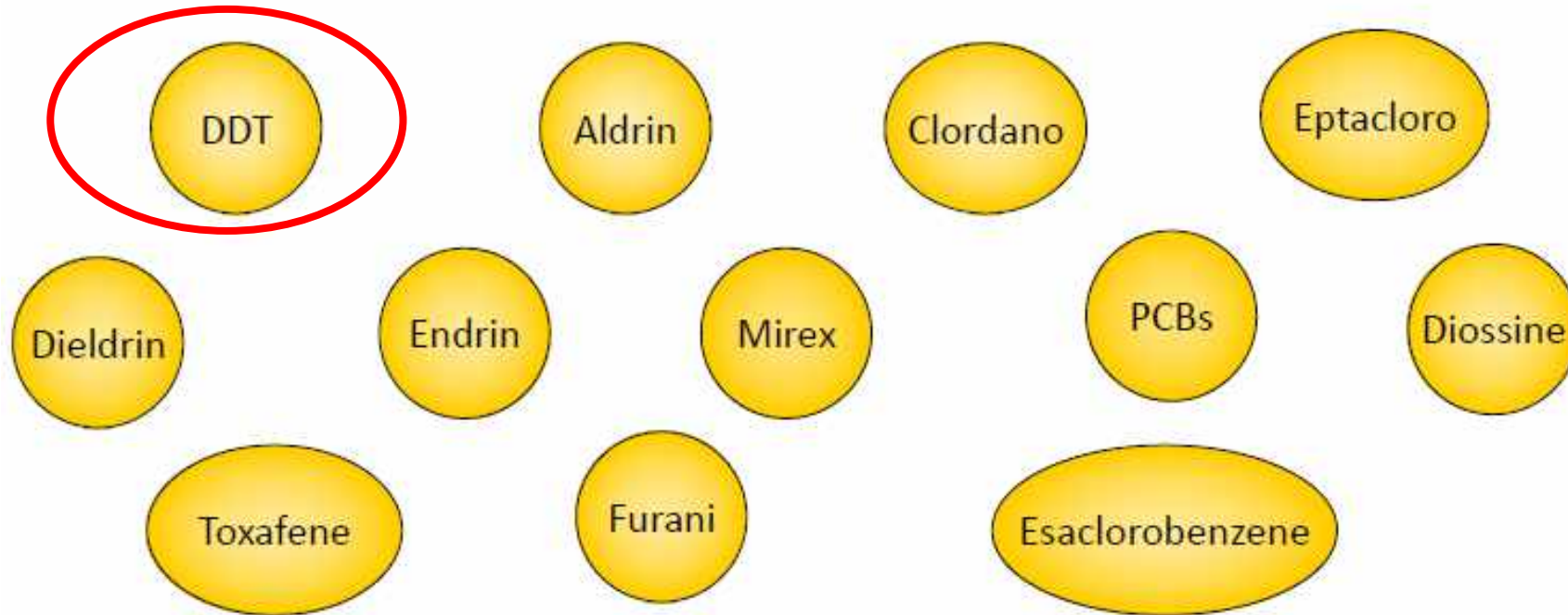
#### **Obiettivo e oggetto**

Tenendo conto, in particolare, del principio di precauzione, l'obiettivo del presente regolamento è quello di tutelare la salute umana e l'ambiente dai POP vietando, eliminando gradualmente il prima possibile o limitando la fabbricazione, l'immissione in commercio e l'uso di sostanze soggette alla convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti («convenzione») o al protocollo sugli inquinanti organici persistenti della convenzione del 1979 sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza («protocollo»), riducendo al minimo, in vista dell'eliminazione, ove possibile e in tempi brevi, il rilascio di tali sostanze ed istituendo disposizioni concernenti i rifiuti costituiti da tali sostanze o che le contengono o che ne sono contaminati.

Se del caso, gli Stati membri possono applicare obblighi più rigorosi rispetto a quelli stabiliti nel presente regolamento, conformemente al TFUE.

## Persistent Organic Pollutants (POPs)

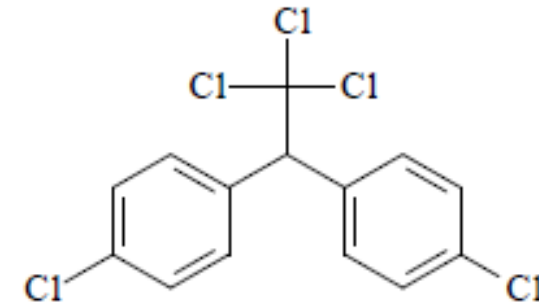
*United Nations Environmental Program (UNEP): la "Sporca Dozzina"*



# DDT

Dicloro-difenil-tricloroetano

Si trova sotto forma di cristalli incolore o di polvere bianca, non ha odore o un debole odore aromatico. E' insolubile in acqua.



Scoperto nel **1939**, è diventato un prodotto comunemente usato per le sue proprietà di **insetticida**, anche per obiettivi di salute pubblica. In agricoltura è stato utilizzato in vari Paesi fino ai primi anni '70.

La produzione nel mondo **dagli anni '40** è stata stimata pari a **1.8 milioni di tonnellate**.

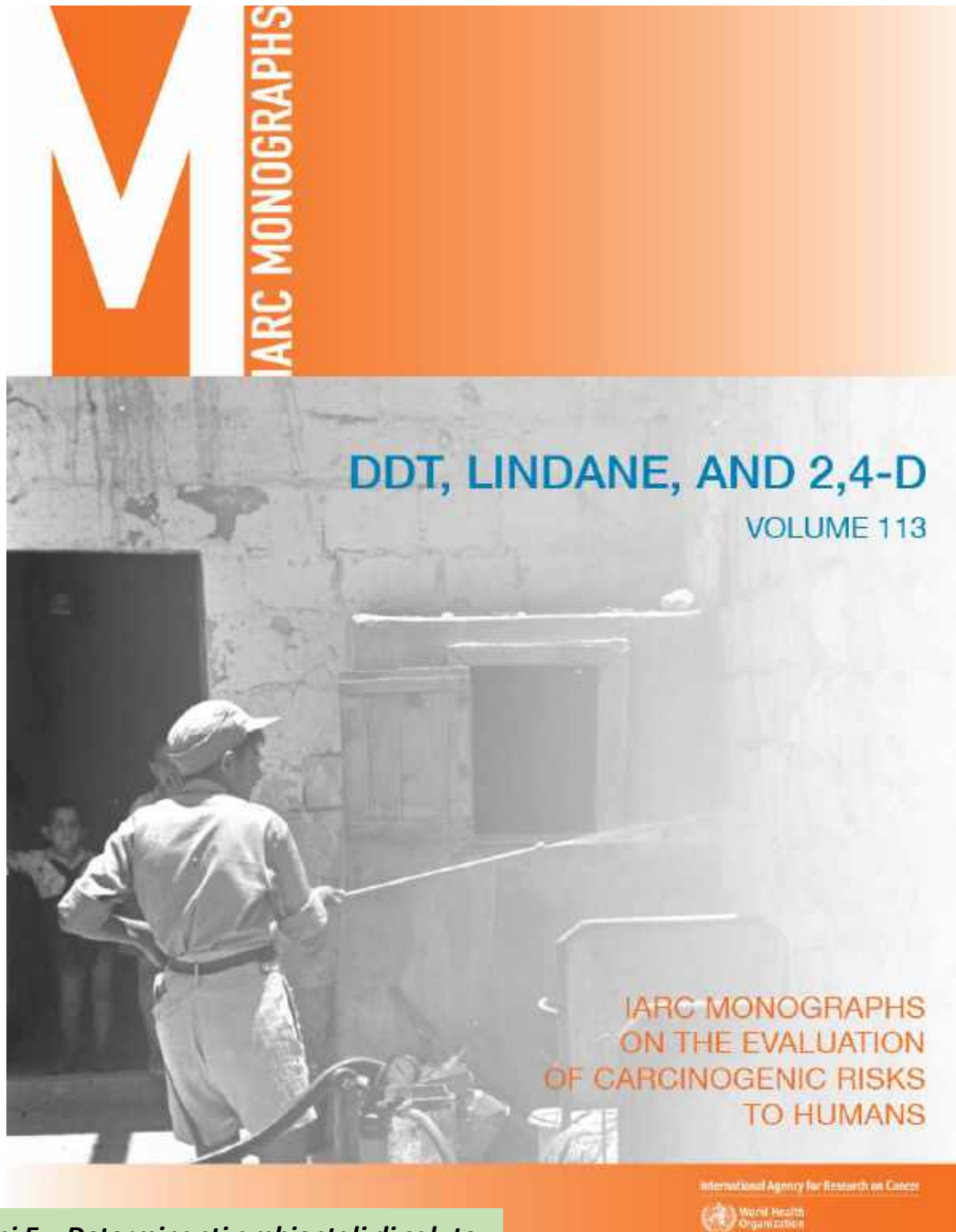
**Inizialmente usato durante la Seconda Guerra Mondiale per **controllare la malaria, il tifo, i pidocchi e la peste bubbonica**, è diventato poi lo strumento principale per l'eradicazione della malaria in Italia e negli USA**

In Italia nel 1946 vi erano 400 000 casi di malaria e nel 1950 erano scomparsi. In Italia si stima che durante la seconda guerra mondiale il DDT sia stato spruzzato a Napoli su oltre 3 milioni di soldati e civili compresi i bambini per combattere un'epidemia di tifo.

**Visto l'esito «positivo» (!) sul tifo e la malaria è stato poi usato nelle isole del Pacifico per debellare molte malattie tropicali**

**A fine anni '50 veniva anche spruzzato perché si credeva che le zanzare fossero anche portatrici del virus della poliomielite**

**Quello che è successo dopo è che le zanzare sono diventate resistenti al DDT mentre gli uccelli e i mammiferi sono diventati vulnerabili agli effetti del pesticida**



La IARC lo ha riclassificato nel 2018 nel **Gruppo 2A** dei cancerogeni probabili per l'uomo per le limitate evidenze in studi sull'uomo e sufficienti in studi su animale oltre che per i meccanismi biologici sottesi (effetti recettore-mediate, immunosoppressivi e di induzione di stress ossidativo)

I tumori più frequentemente associate all'esposizione a DDT e suoi metaboliti sono il tumore del fegato, del testicolo, della prostata, dell'endometrio, del pancreas, dei polmoni e del colon.

[IARC, vol 113, 2018]



## Foto d'archivio

### Spruzzata di DDT

Un'infermeria spruzza DDT su una bambina nella scuola di Nicholsburger Platz a Wilemsdorf, in Germania, nell'ottobre del 1945. Il DDT veniva usato per uccidere le pulci che trasmettevano il tifo e le zanzare che portavano la malaria, oppure come insetticida nell'agricoltura. Negli anni Settanta si scoprì che il DDT era cancerogeno e per questo il suo uso venne proibito in Europa e negli Stati Uniti (George Konig/Keystone Features/Getty Images)

Il DDT è' stato poi usato come **insetticida in agricoltura** :  
dagli USA all'Unione Sovietica dove è stato usato  
intensivamente a metà del secolo scorso fino ai primi anni '90

**E' ancora uno dei 12 insetticidi raccomandati dall'OMS  
per uso indoor per il controllo di vettori di malaria  
(l'uso è comunque attualmente limitato  
come insetticida in Paesi dell'Africa e dell'Asia)**

DDT e i suoi metaboliti hanno un **emivita lunga (nel suolo fino a 30  
anni e in acqua fino a 150 anni)** : sono stati rilevati nell'aria, nel suolo,  
nella pioggia, nei ghiacciai, negli animali, nelle piante , nel cibo.....può  
essere quindi ancora presente nell'ambiente dove è stato rilasciato per  
l'uso in agricoltura oltre che per il controllo della malaria

# Persistent Organic Pollutants (POPs)

*United Nations Environmental Program (UNEP): la "Sporca Dozzina"*



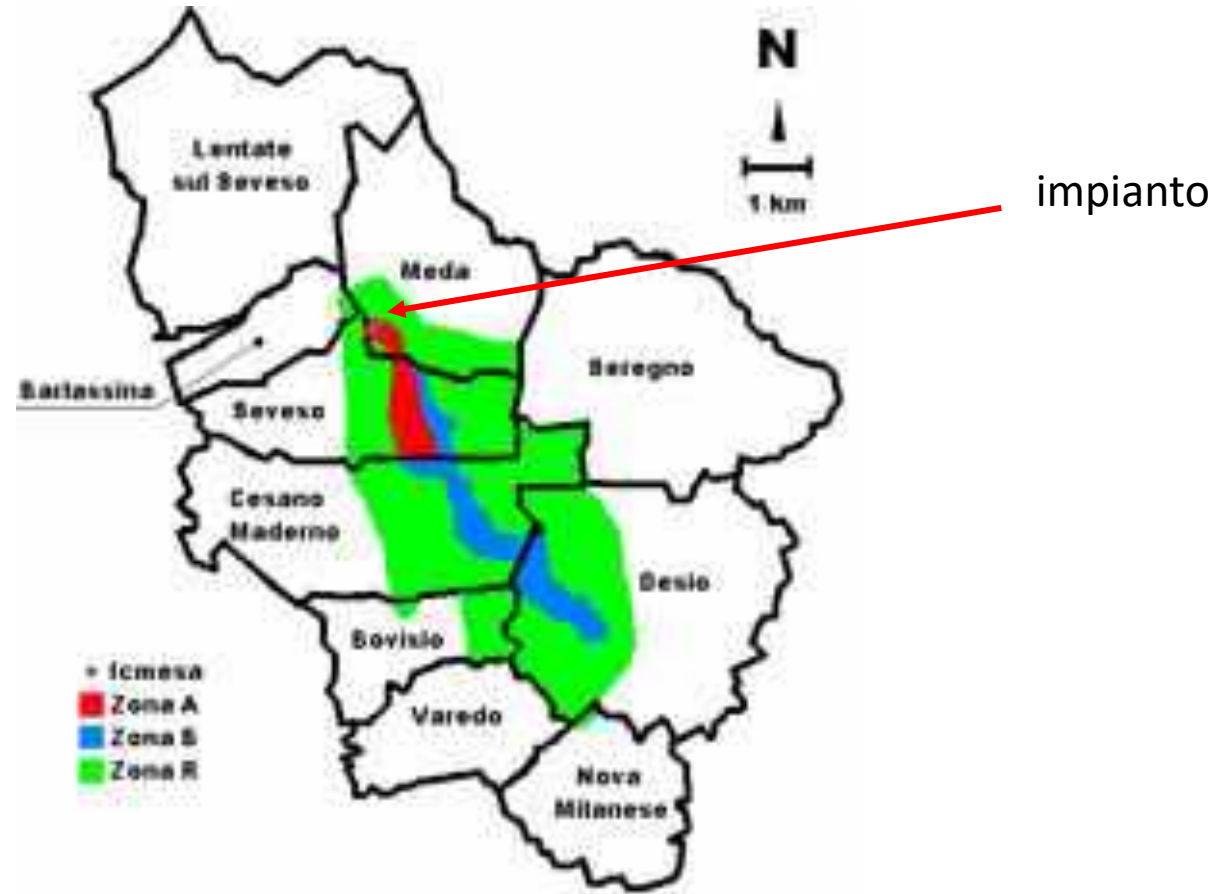
## INCIDENTI RILEVANTI DA DIOSSINE FURANI

1949	Nitro, Virginia USA
'60	Midland, Michigan USA
1963-75	Vietnam
1968	Bolsover, UK
1971	Times Beach, Missouri USA
1976	Seveso, Italia
1998	Francia
1999	Belgio

## **Seveso, ITALIA (1976)**

**Sabato 10 luglio 1976** una nube tossica fuoriuscì da un reattore dell'impianto della azienda chimica ICMESA (Industrie Chimiche Meda Società) con 170 dipendenti e di proprietà della società Givaudan di Ginevra, a sua volta acquisita dal gruppo Hoffmann-La Roche. L'impianto, a circa 15 km a nord di Milano, produceva intermedi per l'industria cosmetica e farmaceutica, tra i quali il 2,4,5-triclorofenolo (TCP), composto tossico non infiammabile utilizzato per la sintesi di erbicidi

La nube venne rapidamente propagata dal vento nel territorio circostante, densamente popolato, in direzione sud-est, per circa 6 km, favorendo l'allargamento della fascia colpita ma anche disperdendo la diossina emessa



ZONE	Superficie [ha]	Abitanti	Concentrazione TCDD [ $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ]
A	87,3	706	580,4-15,5
B	269,4	4.613	4,3-1,7
R	1430	30.774	1,4-0,9

**14 luglio:** primi effetti come casi di intossicazione, ricoveri e moria di molti animali domestici e di allevamento; dopo una settimana: 200 casi di cloracne.

**20 luglio:** nei laboratori dello stabilimento Givaudan di Ginevra (gruppo Hoffmann-La Roche), si riuscì ad identificare la sostanza chimica fuoriuscita con l'incidente: era la TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina)

**24 luglio** un'area di quindici ettari venne evacuata e cinta di reticolati, militarizzata e suddivisa in tre zone a seconda del grado di tossicità raggiunto

**25 luglio:** 700 persone vennero fatte sfollare, e l'allarme si estese anche ad altri undici comuni limitrofi

**L'intero strato superficiale (max 40 cm) di terreno della zona A fu rimosso e lo stabilimento e le altre abitazioni furono demoliti.**

**Il terreno contaminato, macerie degli edifici e le attrezzature usate per le operazioni di bonifica furono collocate in discariche speciali controllate, poste a poca distanza dal sito dell'incidente.**

**Oggi vi un parco, il "Bosco delle Querce".**

**Nelle zone B ed R, la semplice aratura, effettuata a partire dal 1977 e continuata negli anni successivi, ridusse, nei primi 7 cm di terreno, i livelli di TCDD in maniera considerevole. L'aratura comportava il trasferimento della diossina dagli strati più profondi a quelli superficiali, facilitando la degradazione fotochimica.**

**Furono monitorati i corsi di acqua e il pulviscolo atmosferico**

## Mortality in a Population Exposed to Dioxin after the Seveso, Italy, Accident in 1976: 25 Years of Follow-Up

Dario Consonni<sup>1,2</sup>, Angela C. Pesatori<sup>1,2</sup>, Carlo Zocchetti<sup>3</sup>, Raffaella Sindaco<sup>1</sup>, Luca Cavalieri D'Oro<sup>4</sup>, Maurizia Rubagotti<sup>2</sup>, and Pier Alberto Bertazzi<sup>1,2</sup>

*Am J Epidemiol* 2008;167:847–858

The Seveso accident in 1976 caused a large, populated area north of Milan, Italy, to be contaminated by 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin (TCDD). In this study, the authors followed up the exposed population for chronic effects; this paper reports the results of the mortality follow-up extension for 1997–2001. The study cohort includes 278,108 subjects resident at the time of the accident or immigrating/born in the 10 years thereafter in three contaminated zones with decreasing TCDD soil levels (zone A, very high; zone B, high; zone R, low) and in a reference territory comprising surrounding, noncontaminated municipalities. Vital status and cause-of-death ascertainment were 99% complete. Adjusted rate ratios and 95% confidence intervals were calculated by using Poisson regression. Results confirmed previous findings of excesses of lymphatic and hematopoietic tissue neoplasms in zones A (six deaths; rate ratio = 2.23, 95% confidence interval: 1.00, 4.97) and B (28 deaths; rate ratio = 1.59, 95% confidence interval: 1.09, 2.33). These zones also showed increased mortality from circulatory diseases in the first years after the accident, from chronic obstructive pulmonary disease, and from diabetes mellitus among females. A toxic and carcinogenic risk to humans after high TCDD exposure is supported by the results of this study.

6 anni dopo l'incidente, nel **1982** fu varata la **Direttiva Seveso** n. 82/501/CEE, per l'identificazione degli impianti industriali a rischio e la prevenzione di grandi incidenti legati a questi impianti

Ci sono poi stati aggiornamenti tecnici di quella Direttiva:

- nel **1996**: **Direttiva Seveso II** n.96/82/CE

- nel **2012**: **Direttiva Seveso III** n. 2012/18/UE

Quest'ultima recepita in Italia con il D.Lgs 26 giugno 2015, n° 105

# Persistent Organic Pollutants (POPs)

*United Nations Environmental Program (UNEP): la "Sporca Dozzina"*



## **INCIDENTE RILEVANTI DA PCB: il caso Caffaro a Brescia**

L'azienda chimica Caffaro dal 1906 produceva soda caustica e altre sostanze chimiche tra le quali fitofarmaci e pesticidi, ed anche il cloro, il mercurio, l'arsenico, il tetracloruro di carbonio

**Dal 1938 al 1984 ha prodotto policlorobifenili (PCB)** su licenza Monsanto. Inizialmente l'impianto era fuori città, in una zona agricola nei pressi del cimitero cittadino. Con l'espandersi della città, l'Azienda è stata progressivamente inglobata nel tessuto cittadino.

L'inquinamento provocato dall'attività produttiva della Caffaro, oltre ad aver contaminato i terreni sottostanti lo stabilimento, si è diffuso nelle aree a sud dell'azienda mediante lo scarico delle acque industriali nelle rogge, e la movimentazione dei rifiuti e dei suoli contaminati.

Nel **febbraio 2003** il ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha definito **l'area Caffaro come Sito di Interesse Nazionale (SIN)** dove sono state identificate altre nuove sostanze inquinanti

La produzione di PCB fu vietata per la prima volta in Giappone nel 1972, a seguito di un incidente che coinvolse 2000 persone.

In seguito fu vietata negli Stati Uniti a partire dal 1977  
**In Italia è stata vietata nel 1983.**

La Caffaro era l'unica azienda italiana a produrre PCB.

# METALLI PESANTI

(si intendono convenzionalmente quei metalli che hanno una densità maggiore di 4,5 grammi per cm<sup>3</sup>)

Si trovano:

- **in natura** : per erosione dei suoli ed eruzioni vulcaniche
- **di derivazione antropica**: da varie fonti di origine industriale (attività minerarie, fonderie, raffinerie, inceneritori di rifiuti, ecc.), da utilizzo di combustibili fossili.

Tendono ad accumularsi nelle piante e nei tessuti animali

**In genere ad alte concentrazioni sono tossici**

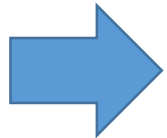
Alcuni sono anche cancerogeni

## Sintomi da intossicazione da alcuni metalli pesanti

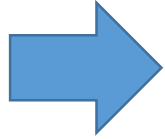
<b>Alluminio</b>	Neurotossico, nefrotossico, interferisce con l'utilizzo di elementi essenziali (Ca e Fe) e quindi con il metabolismo osseo e con la funzionalità del sistema emopoietico
<b>Antimonio</b>	Danni cardiaci, diarrea, vomito, ulcera allo stomaco
<b>Argento</b>	Argiria
<b>Arsenico</b>	Cancro della vescica, fegato, cancro della pelle
<b>Bario</b>	Ipertensione, paralisi
<b>Berillio</b>	Danni respiratori
<b>Bismuto</b>	Dermatite, stomatite ulcerosa, diarrea
<b>Cadmio</b>	Malattia itai-itai, diarrea, dolori di stomaco, vomito, fratture ossee, danni immunitari, disordini psicologici, tumore
<b>Cromo</b>	Danni ai reni e al fegato, problemi respiratori, cancro polmonare

## Sintomi da intossicazione da alcuni metalli pesanti

<b>Gallio</b>	Irritazione alla gola, difficoltà respiratorie, dolori alla cassa toracica
<b>Indio</b>	Danni al cuore, reni e fegato.
<b>Iridio</b>	Irritazione agli occhi e al tratto digestivo
<b>Manganese</b>	Alterazioni della coagulazione del sangue, intolleranza al glucosio, disordini allo scheletro.
<b>Mercurio</b>	Danni al sistema nervoso, al DNA
<b>Nichel</b>	Embolia polmonare, difficoltà respiratorie, asma e bronchite cronica, reazioni allergiche della pelle
<b>Palladio</b>	Tossico e cancerogeno, irritante per le mucose

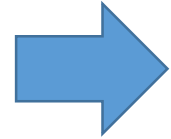


## Sintomi da intossicazione da alcuni metalli pesanti



<b>Piombo</b>	Danni al cervello, disfunzioni alla nascita, danni ai reni, difficoltà di apprendimento, distruzione del sistema nervoso
<b>Platino</b>	Generalmente innocuo data la sua inerzia chimica, i suoi composti sono tuttavia da considerarsi altamente tossici, generando cancro, danni all'intestino e reni ed alterazioni del DNA
<b>Rame</b>	Irritazioni al naso, bocca ed occhi; cirrosi epatica, danni al cervello e ai reni. Eemicranie croniche
<b>Rodio</b>	Macchie alla pelle, potenzialmente tossico e sospetto cancerogeno
<b>Rutenio</b>	Tossico e cancerogeno, danni alle ossa.

## Sintomi da intossicazione da alcuni metalli pesanti



<b>Stronzio</b>	Cancro ai polmoni, nei bambini difficoltà di sviluppo delle ossa
<b>Tallio</b>	Danni allo stomaco, al sistema nervoso, coma e morte, per chi sopravvive al Tallio rimangono danni al sistema nervoso e paralisi
<b>Tungsteno</b>	Danni alle mucose e alle membrane, irritazione agli occhi
<b>Vanadio</b>	Disturbi cardiaci e cardiovascolari, infiammazioni allo stomaco ed intestino

## 1932-1968 - Minamata

L'industria chimica Chisso rilasciò **metilmercurio** nelle acque reflue dal 1932 al 1968. Questo composto chimico si accumulò nei molluschi, crostacei e pesci della baia di Minamata e del mare di Shiranui, entrando nella catena alimentare e causando l'avvelenamento da mercurio degli abitanti del luogo.



L'evento portò all'identificazione di una sindrome neurologica causata da intossicazione acuta da mercurio, in alcuni casi associata a disordine mentale, paralisi, coma e morte nel giro di alcune settimane dai primi sintomi.

Una forma congenita della malattia può essere trasmessa al feto durante la gravidanza.

Hg

## 1932-1968 - Minamata

Vi furono **2 epidemie**: nel **1956** a Minamata e nel **1965** a Niigata. Le paralisi cerebrali infantili, denominate “*malattia congenita di Minamata*”, erano dovute all’esposizione a metilmercurio per via transplacentare e tramite il latte materno



J Child Neurol. 2000 Jul;15(7):458-64. Congenital Minamata disease: warnings from Japan's experience. Kondo K.



A **marzo 2001**, circa **2.265 vittime ufficialmente riconosciute** (1.784 decessi), e più di 10.000 persone hanno chiesto risarcimenti. Le cause e le richieste di risarcimento continuano tuttora.

<http://www.env.go.jp/en/chemi/hs/minamata2002/ch2.html>

<http://www.nimd.go.jp/archives/english/index.html>

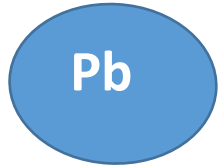
Environ Health Perspect. 2010 Aug;118(8):1137-45.  
Comment in: EHP. 2010 Aug;118(8):a352 and EHP 2011 Jul;119(7):A284

Hg

Nell'ambito dell'esposizione extra-lavorativa a mercurio sono importanti:

- le **amalgame dentarie** da cui viene rilasciato in dipendenza della loro composizione, del pH della saliva, delle abrasioni meccaniche e dell'attività dei microorganismi del cavo orale (ad es. in seguito a masticazione di gomma o bruxismo)
- **preparati (cosmetici, liquidi per lenti a contatto, vaccini, etc.)** contenenti disinfettanti mercuriali (es. Thimerosal), specialmente quando questi vengono utilizzati con regolarità come nel caso di lavaggio e disinfezione delle lenti a contatto
- il **fumo di tabacco** (è stato riscontrato un contenuto del metallo nel tabacco dell'ordine di 5 ng/sigaretta)

# Piombo



**Nel 1998 il CDC lanciò un allarme riguardo all'intossicazione da Pb nei bambini indicando che 1 su 20 bambini negli USA soffriva di forme subcliniche di tale intossicazione**

**... eppure gli effetti del Pb erano noti già da molti decenni**

<b>1848</b>	Primi dati sugli effetti tossici nei lavoratori e nei bambini
Primi 3 decenni del '900	Vengono pubblicati molti articoli scientifici sui danni da piombo
<b>1909</b>	In Francia, Belgio e Austria vengono approvate norme che aboliscono o riducono la quantità di piombo nelle vernici
<b>1921</b>	Analoghe norme vengono approvate in <b>Italia</b>

# Finger Prints



**T**HERE is no cause for worry when fingerprint smudges or dirt spots appear on a wall painted with Dutch Boy white-lead. A little soap and water will remove them easily without harming the paint or marring the beauty of the finish. Painted walls are sanitary, cheerful and bright.

We carry a complete line of painting supplies including Dutch Boy white-lead, linseed oil, flattening oil, brushes and all other accessories.

Visit our store and let us help you plan your home decoration.

Dealer's Name and Address Here



## CHILDREN'S PAINT BOOKLET

**P**ARENTS are always interested in the things that interest their children. There is no question but that the Dutch Boy paint book interests youngsters. Distributing this booklet, therefore, to children in your neighborhood will bring you to the attention of their parents, identifying your store as headquarters for the Dutch Boy white-lead they see advertised in newspapers.



Pb

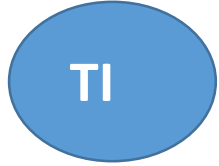
<b>1954</b>	<p>L'American Medical Association raccomanda di porre sull'etichetta delle vernici con Pb la seguente dicitura «<b>WARNING: this paint contains an amount of lead which may be poisoning and should not be used to paint children's toys or furniture or interior surfaces in dwellings units which might be chewed by children</b>»</p> <p>Il N.York City Health Dept. propone di bandire la vendita di vernici che contengano più dell'1% di Pb, di etichettare come velenose e di proibirle per la pittura di interni</p>
<b>1956</b>	La CBS manda in onda un programma sull'argomento
<b>1970</b>	Una legge federale negli USA proibisce l'uso di vernice con Pb negli edifici federali
<b>1971</b>	Da un'indagine del NY City Health Dept su 76 vernici mostrò che 8 contenevano Pb in un range del 2,6-10,8%
<b>1978</b>	Negli USA la Consumer Products Safety Commission <b>proibisce l'uso di qualsiasi vernice con Pb</b>

Pb

## E cosa ne è stato del Pb nelle benzine?

Solo **dal 1º gennaio 2002**, l'unico tipo di benzina disponibile in Europa è la **benzina “verde” o senza piombo**.

Questa misura ha avuto un effetto significativo nell'abbassare i livelli di piombo nell'atmosfera e, quindi, non solo l'esposizione diretta per via inalatoria, ma anche quello indiretto attraverso la riduzione della quantità di piombo presente al suolo e sui vegetali



## Contaminazione da tallio dell'acqua potabile a Pietrasanta (Lucca): approccio multidisciplinare per la gestione dell'emergenza

**2013/2014:** studio idrogeologico dei ricercatori del Dip.Sienze della Terra - UniPI evidenzia elevate concentrazioni di Tallio delle vecchie miniere di pirite a monte di Valdicastello, miniere attive fino agli anni '80 e mai messe in sicurezza

**Settembre 2014:** controlli sulla rete di distribuzione dell'acqua evidenziano valori di TI > 2 µg/L (valore raccomandato da EPA, il tallio non è infatti incluso tra i parametri di controllo per la potabilità delle acque nel Dlgs 31/2001)

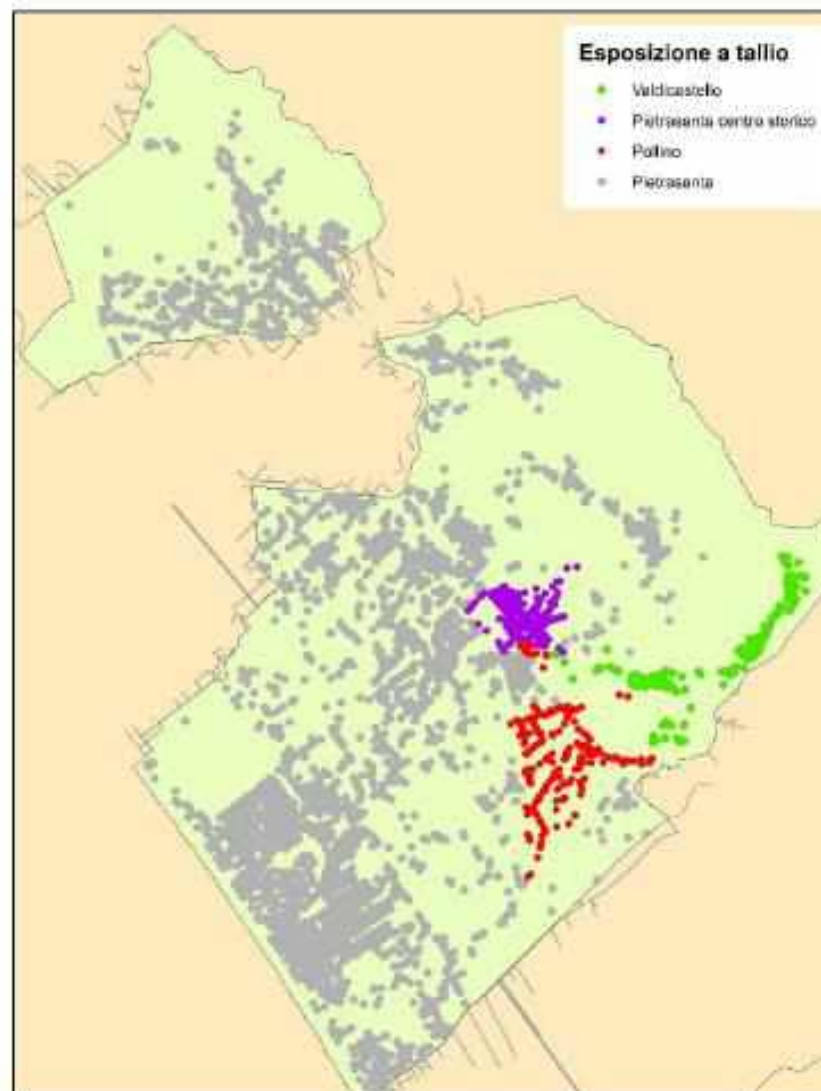
**3 ottobre 2014:** prima ordinanza di divieto di utilizzo dell'acqua per uso potabile e alimentare nella frazione di Valdicastello.

## Le aree interessate all'esposizione a tallio

	abitanti
Valdicastello	1.500
Pietrasanta centro	3.500
Pollino	1.700
Pietrasanta	25.000

Oltre 2500 campioni da  
Ente gestore e Asl

Fontane pubbliche  
Pozzi/sorgenti  
Ingressi/Uscite Serbatoi  
Rubinetti di casa



## EFFETTI ACUTI

Numerosi studi su animali e uomo su effetti da intossicazione da alte dosi:

- Polineuropatie, effetti gastrointestinali, alopecia
- Disfunzioni cardiache, disturbi del sonno
- Disfunzioni renali, problemi dermatologici, distrofia delle unghie, disturbi del nervo ottico e della visione

## EFFETTI CRONICI

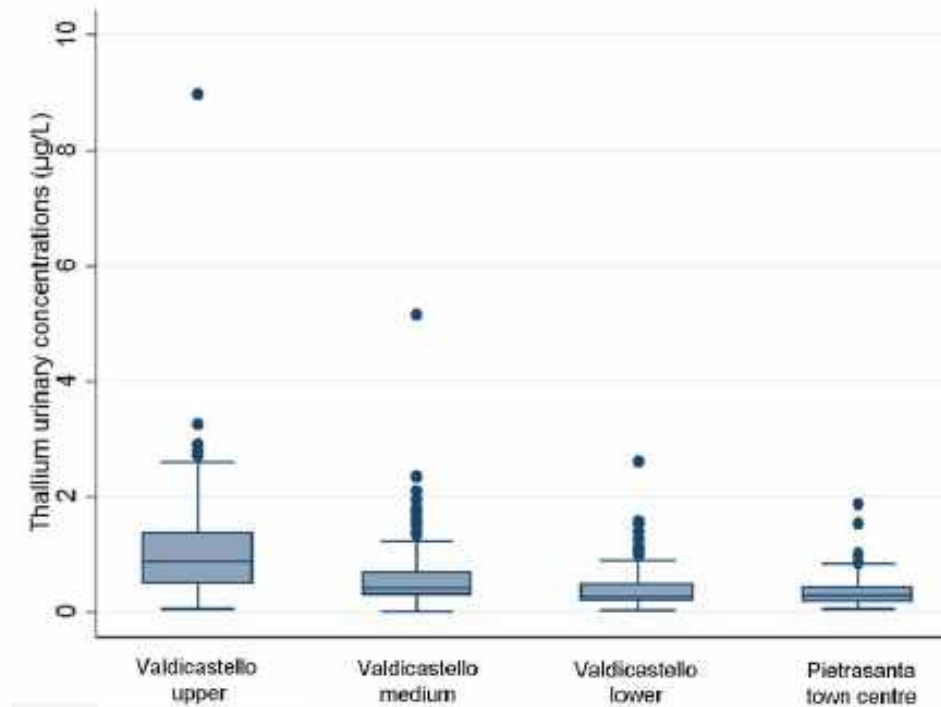
**Pochissimi studi su effetti dell'esposizione cronica a basse dosi.**

[Nuvolone 2022]

## Biomonitoraggio umano: 2154 campioni urina e 254 campioni capelli

Si è evidenziata una riduzione statisticamente significativa tra campione A e campione B ( $p < 0.0001$ ).

Si è osservata una differenza statisticamente significativa tra le aree geografiche, con un gradiente in diminuzione man mano che si scende da Valdicastello alto verso le zone più a valle della frazione



Anche i valori di tallio nei capelli nei residenti a Valdicastello erano significativamente più alti di quelli del gruppo di controllo

**Studio di coorte retrospettivo su 33.708 persone (15.940 maschi e 17.768 femmine), delle quali 6.854 persone vivevano o avevano vissuto nelle aree di esposizione**

Le conclusioni furono:

- **nessun eccesso di rischio in termini di mortalità e ospedalizzazione** nella popolazione residente nelle aree servite da rami dell'acquedotto contaminati da tallio (valori  $> 2 \mu\text{g/l}$ ), rispetto al resto del comune di Pietrasanta
- **segnali di eccesso di rischio (non significativi) di basso-peso alla nascita** nelle aree di esposizione, in linea con i risultati di un analogo studio cinese

[Nuvolone 2022]

# Continuiamo a parlare di inquinamento dell'acqua



## Esposizione umana:

- Consumo
  - Igiene personale e domestica
  - Uso potabile
- Usi agricoli, zootecnia, produzione alimentare
- Usi ricreazionali, esposizione professionale, ecc.

I **criteri per garantire la sicurezza delle acque destinate al consumo** umano, ed i conseguenti parametri minimi di qualità, sono frutto dell'evoluzione di conoscenze multidisciplinari e si basano sugli **orientamenti dell'Organizzazione Mondiale della Sanità**.

Vi è una normativa italiana specifica che è riconducibile a Direttive specifiche Europee

# La qualità delle acque in Italia

Alcuni pareri ISS in merito a parametri “emergenti” nelle acque da destinare e destinate a consumo umano (2010-2017)

- Cianobatteri - tossine
- Composti organoclorurati
- Cromo esavalente
- Composti aromatici
- Vanadio
- Dinitrotoluene
- ◆ Legionella
- ◆ Sospetta contaminazione intenzionale
- Uranio
- Tallio
- ✂ Composti perfluoroalchilici
- ◆ Ammine aromatiche
- Idrocarburi
- *P. aeruginosa*
- Norovirus
- Manganese
- Alluminio
- Altri indicatori
- Arsenico



[Lucentini, 2017]

**Le acque possono quindi essere soggette a contaminazione microbiologica oltre che chimica, da:**

- **virus (enterovirus, epatite A, rotavirus, astrovirus, ecc.)**
- **batteri (aeromonas idrofila, campilobacter, escherichia coli, salmonelle, vibrione del colorea**
- **protozoi (entameba istolitica, giardia lamblia, ecc)**
- **alghe**
- **elminti**

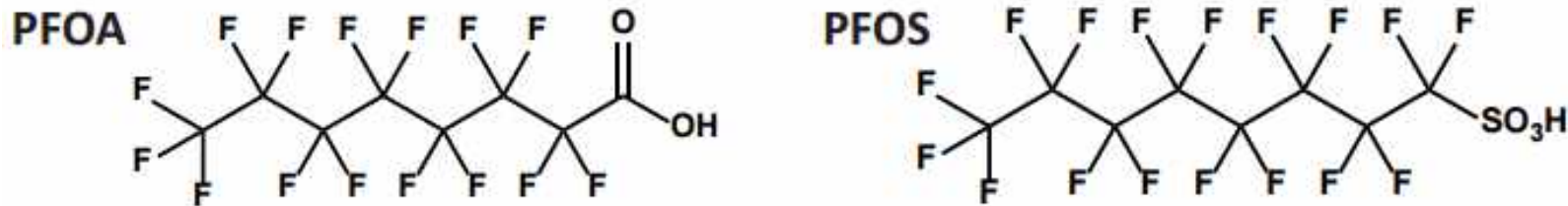
**Adesso vi accennerò a due inquinanti  
che sono stati oggetto di grande  
attenzione in Italia negli ultimi anni:**

 **PFAS**

 **Glifosate**

## PFAS – sostanze perfluoralchiliche

Le molecole più utilizzate e studiate di questa famiglia sono l'acido perfluoroottanoico (PFOA) e l'acido perfluoroottansolfonico (PFOS).



Sono sostanze idro- e oleo-repellenti, **di natura antropogenica** e **persistenti nell'ambiente**: sono stati trovati in aria, sulle polveri, nelle acque superficiali e profonde, sul suolo e i sedimenti, specialmente nelle vicinanze delle industrie che li producono.

La **via di esposizione** principale è quella **ingestiva**



Keeping our water clean: the case of water contamination in the Veneto Region, Italy

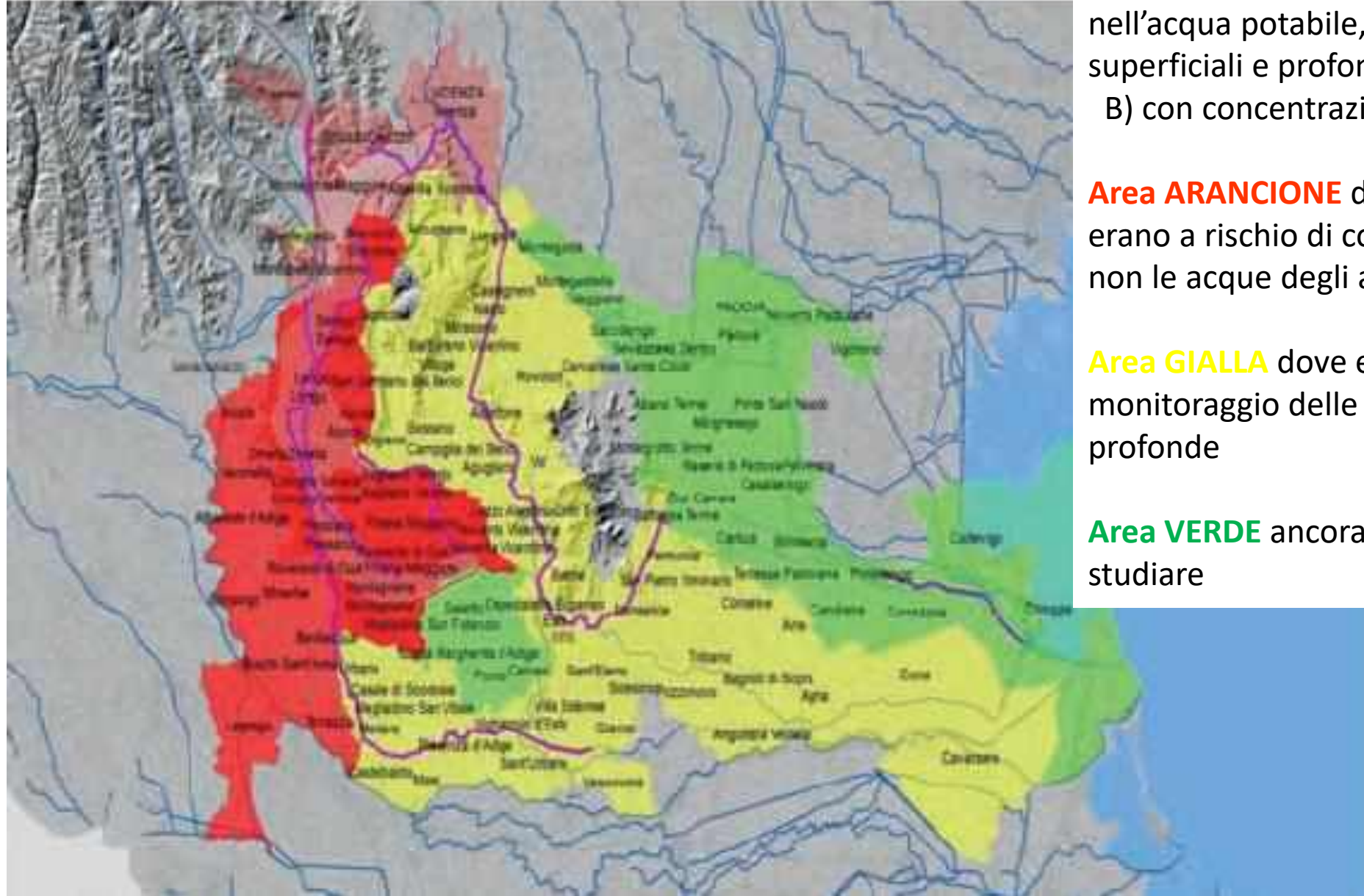


La contaminazione da **PFAS n Veneto** è legata a produzioni industriali attive dal 1968 di erbicidi , prodotti farmaceutici e PFAS.

Nel 1977 una serie di controlli effettuati dal medico provinciale avevano rilevato la presenza di derivati del trifluorobenzene in molti acquedotti

Per decenni fino al 2013 le popolazioni residenti in 21 comuni del Sud-Ovest del Veneto ignoravano che l'acqua potabile contenesse PFAS

# Health impact areas



**Area ROSSA** di massima esposizione  
A) a più alta concentrazione di PFAS nell'acqua potabile, e nelle acque superficiali e profonde  
B) con concentrazioni minori

**Area ARANCIONE** dove i pozzi privati erano a rischio di contaminazione ma non le acque degli acquedotti

**Area GIALLA** dove era attivo un monitoraggio delle acque superficiali e profonde

**Area VERDE** ancora da monitorare e studiare

## **La contaminazione da PFAS in Veneto è stata risolta**

**.... ma nel documento si parlava di aspetti ancora da affrontare:**

- La comunicazione del rischio senza generare paure**
- Il rapporto con i media ed i loro articoli sensazionalistici**
- Come far fronte ai costi affrontati e a quelli ancora da affrontare**
- La responsabilità legale**
- Le risorse nel frattempo utilizzate per questa emergenza e non utilizzate per l'attività corrente di monitoraggio, sorveglianza, e prevenzione**
- L'uso e interpretazione dei dati, specialmente quelli relativi al biomonitoraggio umano**
- I gap nei dati scientifici**

**La produzione è iniziata negli anni '40 e da allora sono stati utilizzati in moltissimi settori industriali. Sono ormai diffusi ovunque, e sono stati rintracciati anche nei tessuti degli orsi polari**



**Es. di uso per le proprietà idrorepellenti:  
in film che ricoprono i pannelli solari**

**Es. di uso per tessuti  
idrorepellenti per sciare**



## Effetti sulla salute dei PFAS

- immunotossicità
- ipercolesterolemia
- aumento dei trigliceridi
- aumento della pressione sanguigna e ipertensione (maggiore nelle donne)
- alterazione della glicemia
- aumento della percentuale di grasso corporeo in ragazze con esposizione prenatale della madre
- effetti epatici
- patologie tiroidee
- alterazione livelli urea ed effetti renali
- diminuita risposta vaccinale
- colite ulcerosa
- tossicità materna e fetale: diminuito peso alla nascita, preeclampsia, alterazioni del sistema riproduttivo femminile, obesità e alterazioni metaboliche in età adulta



**interferenti endocrini**

# INTERFERENTI ENDOCRINI O ENDOCRINE DISRUPTER (EC)

***“An ED is an exogenous substance or mixture that alters function(s) of the endocrine system and consequently causes adverse health effects in an intact organism, its progeny or (sub)populations”***

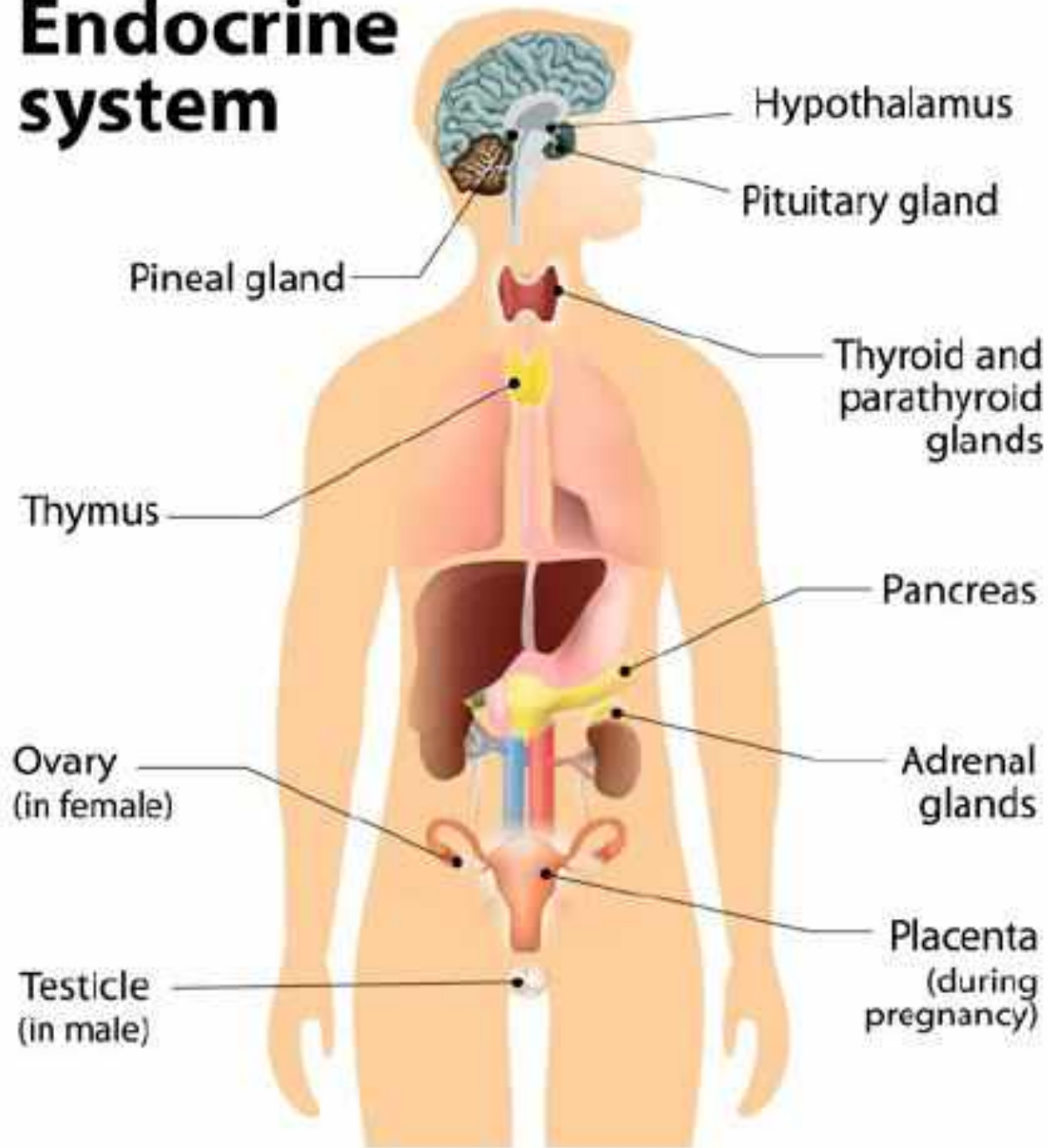
[WHO/IPCS , 2002]

## **Endocrine active substance (EAS)**

***“A substance having the inherent ability to interact or interfere with one or more components of the endocrine system resulting in a biological effect, but need not necessarily cause adverse effects”***

[EFSA,2013]

# Endocrine system



## Tossicità nella fertilità e sviluppo fetale e infantile :

- Ridotta fertilità
- Alterata qualità spermatica
- Alterazioni riproduttive
- Alterazioni dello sviluppo
- Alterato sviluppo cognitivo

*Microplastiche come vettori di EDC:  
evidenze emergenti e implicazioni  
sanitarie*



Dr.ssa Maria Grazia Petronio  
Vicepresidente International Society of Doctors for Environment (SDE-Italia)  
Già dir, UOC Igiene e Sanità Pubblica Az.USL Toscana Centro  
Già Commissario CT VIA-VAS Ministero Ambiente  
Già Prof.ssa ac UNI FI e UNI PI

Ordine provinciale  
dei Medici Chirurghi  
e degli Odontoiatri  
di Firenze

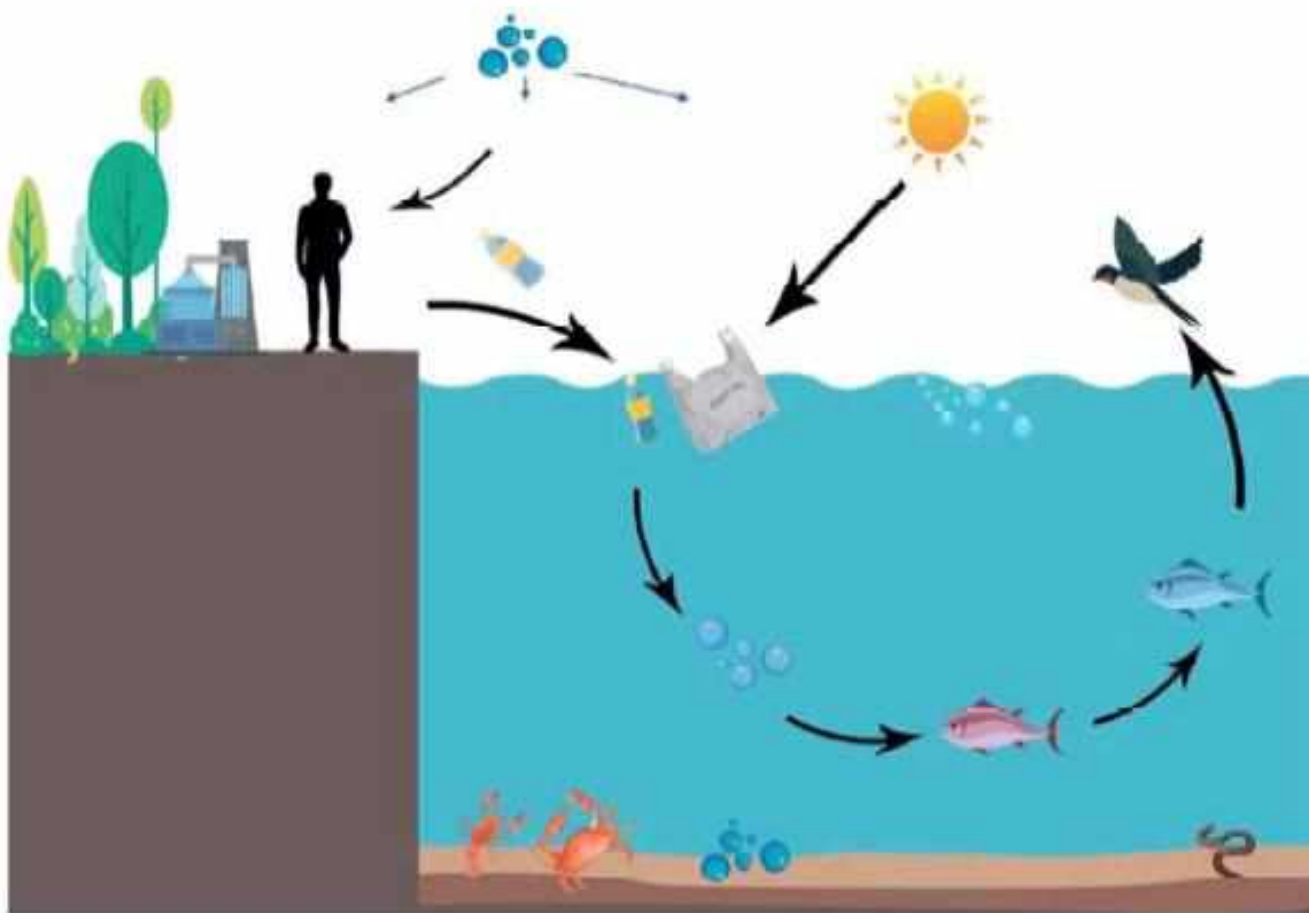
**Sabato  
29 Novembre 2025  
08.30 - 17.30**

**INTERFERENTI ENDOCRINI,  
AMBIENTE E SALUTE:  
EVIDENZE SCIENTIFICHE E AZIONE MEDICA**

Responsabile Scientifico  
Prof. Dr. Maria Grazia Petronio

Per iscriversi:  
cliccare [QUI](#)

Sala Meeting "Giovanni Turziani" OMCoO Firenze,  
Via Giulio Cesare Vanini, 15  
CREDITI ECM 7  
Evento n. 2603 - 466207



### Vie di esposizione:

- **Ingestione**
- **Inalazione**
- **Transcutanea**
- **Farmaci**

Fonte: modificata da Yang W et al. Front Toxicol, 2022

Petronio MG, 2025

# GLIFOSATE

Sintetizzato per la prima volta nel 1950 come potenziale prodotto farmaceutico, le sue proprietà di erbicida sono state scoperte nel 1970, e da allora il suo uso è aumentato tanto che è l'erbicida più utilizzato in assoluto nel mondo

E' un **erbicida ad ampio spettro**  
in grado di sopprimere tutti i tipi di vegetazione

La produzione mondiale solo nel 2012 era più di 700.000 tonnellate in oltre 750 prodotti

I cambiamenti nelle pratiche agricole e lo sviluppo di raccolti geneticamente modificati resistenti al glifosate hanno contribuito ad aumentare il suo utilizzo

**Negli USA dal 2001 al 2007 è stato il secondo pesticida più utilizzato dopo il 2,4-D per uso domestico (piante ornamentali e ortaggi,... per togliere le erbacce ...)**

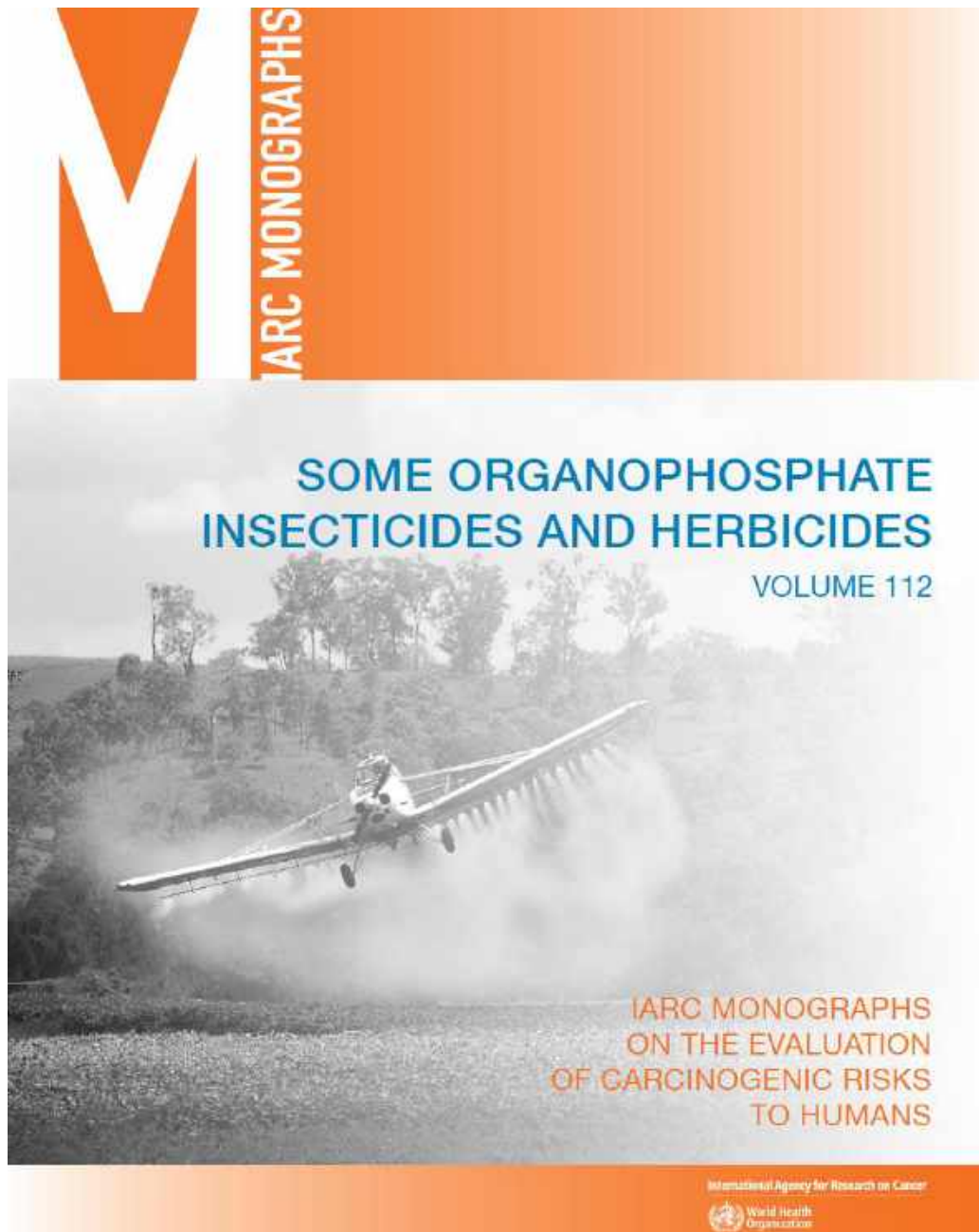
**Una volta nell'ambiente è assorbito dal suolo e portato in profondità  
Nelle acque superficiali può persistere a lungo dato che non è molto fotodegradabile**

**La quantità utilizzata è di:**

**1.5–2 kg/ha nella fase pre-semina e post-impianto**

**4.3 kg/ha spruzzato direttamente sulle viti, sui frutteti,  
sulle silvocolture e sui pascoli**

**2 kg/ha come erbicida acquatico**



La IARC lo ha riclassificato nel 2018 nel **Gruppo 2A** dei cancerogeni probabili per l'uomo per le limitate evidenze in studi sull'uomo e sufficienti in studi su animale. Il tumore più frequentemente associato è il linfoma non-Hodgkin.

[IARC, vol 112, 2017]

## Il Glifosate in Lombardia

Allarme nel **2015** dopo che sul numero 4/2015 di BEA, rivista di ricerca applicata alla conoscenza del territorio e degli ecosistemi, organo ufficiale di UN.I.D.E.A. (Unione Italiana degli esperti ambientali), furono pubblicati due articoli scientifici relativi all'indagine analitica e alla valutazione del rischio per la presenza di glifosate e del suo metabolita, effettuate da ARPA Lombardia tra il 2012 e il 2014 nei corsi d'acqua della Lombardia occidentale.

La campagna di monitoraggi su 90 stazioni poste lungo il corso di fiumi, torrenti, rogge e canali del territorio occidentale della regione con 1030 prelievi aveva mostrato il seguente range delle concentrazioni

tra  $< 0,1 \mu\text{g/L}$  e  $4,04 \mu\text{g/L}$

a valori inferiori al limite della soglia di attenzione stabilita dalla UE



## Il Glifosate in Toscana

ANDAMENTO DELLA  
CONTAMINAZIONE  
DA FITOFARMACI NEL  
TERRITORIO PISTOIESE

RISULTATI 2020



L'attenzione è tutta per la zona  
di Pistoia dove vi è una grande  
attività fuorovivaistica

# Il Glifosate a Pistoia nel 2020

Nel 2020 nelle acque superficiali su 18 stazioni di campionamento lo Standard di Qualità Ambientale per i Pesticidi Totali (media annua) è stato superato in 9 stazioni, e per singolo per singolo principio attivo come media annua in 13 stazioni

La maggior parte dei superamenti era dovuta al diserbante Glifosate e al suo metabolita AMPA

In acque profonde Glifosate e AMPA è stato trovato solo in tracce in due pozzi connessi al fluorivivismo

Le acque superficiali destinate alla potabilizzazione sono risultate in classe A1, la migliore

# FITOFARMACI o FITOSANITARI o PESTICIDI

Sono usati per proteggere le coltivazioni da insetti, erbe infestanti, funghi e vari parassiti

I pesticidi disponibili sono più di 1000

Dal punto di vista normativo, si distinguono in:

- **prodotti fitosanitari** [Reg. CE 1107/2009], utilizzati per la protezione delle piante e per la conservazione dei prodotti vegetali
- **biocidi** [Reg. UE 528/2012], impiegati in vari campi di attività (disinfettanti, preservanti, pesticidi per uso non agricolo, ecc.)

Spesso i due tipi di prodotti utilizzano gli stessi principi attivi, con il termine pesticidi si comprende, pertanto, l'insieme di queste sostanze

Il rischio maggiore è quello registrato nel **lavoratori agricoli**.

La **popolazione generale** potrebbe essere esposta:

- se li usa nel proprio giardino e/o nel proprio orto
- per vicinanza della residenza a zone agricole di trattamento
- per ingestione di cibi e bevande contaminate

Nessuno degli attuali pesticidi autorizzati sono comunque genotossici e mutageni

I loro effetti sulla salute si esplicano al disopra di una soglia considerata sicura

In Italia è attivo un sistema di sorveglianza delle intossicazioni acute presso l'Istituto Superiore di Sanità (**SiN-SIAP**) che opera in collaborazione con i centri antiveneni e i servizi territoriali delle ASL

Riguardo ai **pesticidi** in generale nella popolazione generale, i **bambini** possono essere **particolarmente esposti** se :

- **vivono in fattoria o vicino ad una fattoria e l'esposizione può essere portata in ambiente domestico dagli stessi genitori con i vestiti o i dispositivi utilizzati in agricoltura**
- **vivono in ambienti dove i pesticidi vengono usati in orti e giardini**
- **presenti nei presidi medico-chirurgici usati per il trattamento della pediculosi**
- **presenti in acqua e cibi**

**Nei bambini è stato osservato un aumento di rischio di rischio di tumori infantili** (leucemie, tumori del SNC, ma anche per il neuroblastoma, LNH e tumore di Wilms, ovvero di molti tumori anche osservati nell'adulto):

- ***Per uso di pesticidi da parte dei genitori in casa o nel giardino, occupazione della madre in agricoltura o uso di pesticidi durante la gravidanza***
- ***Occupazione del padre***
- ***Esposizione diretta del bambino***

**Il momento di esposizione più critico sarebbe quello in utero e subito dopo la nascita**  **INTERFERENTI ENDOCRINI**

Per tenere sotto controllo questo utilizzo la WHO e la FAO hanno istituito un gruppo di esperti per la valutazione del rischio da contaminazione dei cibi da pesticidi:

**Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues (JMPR)**

WHO e FAO hanno anche stilato una linea guida specifica “*International Code of Conduct on Pesticide Management*” utile dalla produzione al consumo



Anche l'EFSA ha pubblicato le “**Linee guida per la valutazione dell'esposizione ai pesticidi di operatori, lavoratori, residenti e astanti**”

## Altri inquinanti ambientali chimici:

# SOLVENTI organici

Ottenuti per distillazione del petrolio e del catrame, denominati «**WHITE SPIRITS**», sono stati introdotti nell'industria delle vernici nel 1885

L'esposizione è presente in molte attività lavorative (in particolare in quelle che prevedono l'uso di vernici, nel settore della stampa, della gomma, degli adesivi, e nelle attività di sgrassaggio).

Gli effetti osservati nell'uomo da esposizioni a questi solventi sono:

- **Dermatiti da contatto**
- **Effetti sul sistema nervoso centrale**
- **Malformazioni congenite** nei bambini esposti durante i primi 3 mesi di vita fetale

Alcuni solventi (ad es. il Benzene) sono cancerogeni ...

C'è poi l'**AMIANTO**, una fibra naturale largamente utilizzata fino alla suo bando nel 1992 (Legge 257/1992)



Annals of the New York Academy of  
Sciences: Volume 132, Issue 1

Biological Effects of Asbestos

Pages: 5-705

December 1965

In questo numero della rivista vengono riportati gli Atti del primo Congresso Internazionale svoltosi a New York nel 1964 su questo argomento, durante il quale si reputa sia stato raggiunto per la prima volta il consenso nella comunità scientifica sulla cancerogenità dell'amianto

# Vi è la **CONTAMINAZIONE DEGLI ALIMENTI**

Un alimento può essere contaminato da tre diversi tipi di fattori:

**FATTORI BIOLOGICI** = batteri, virus, funghi, muffe

**FATTORI FISICI** = corpi estranei (schegge, fibre, capelli, ecc.)

**FATTORI CHIMICI** = residui di pesticidi, detergenti, sostanze

Alimenti sicuri



Alimenti non contaminati

E vi sono gli **INQUINANTI FISICI** :

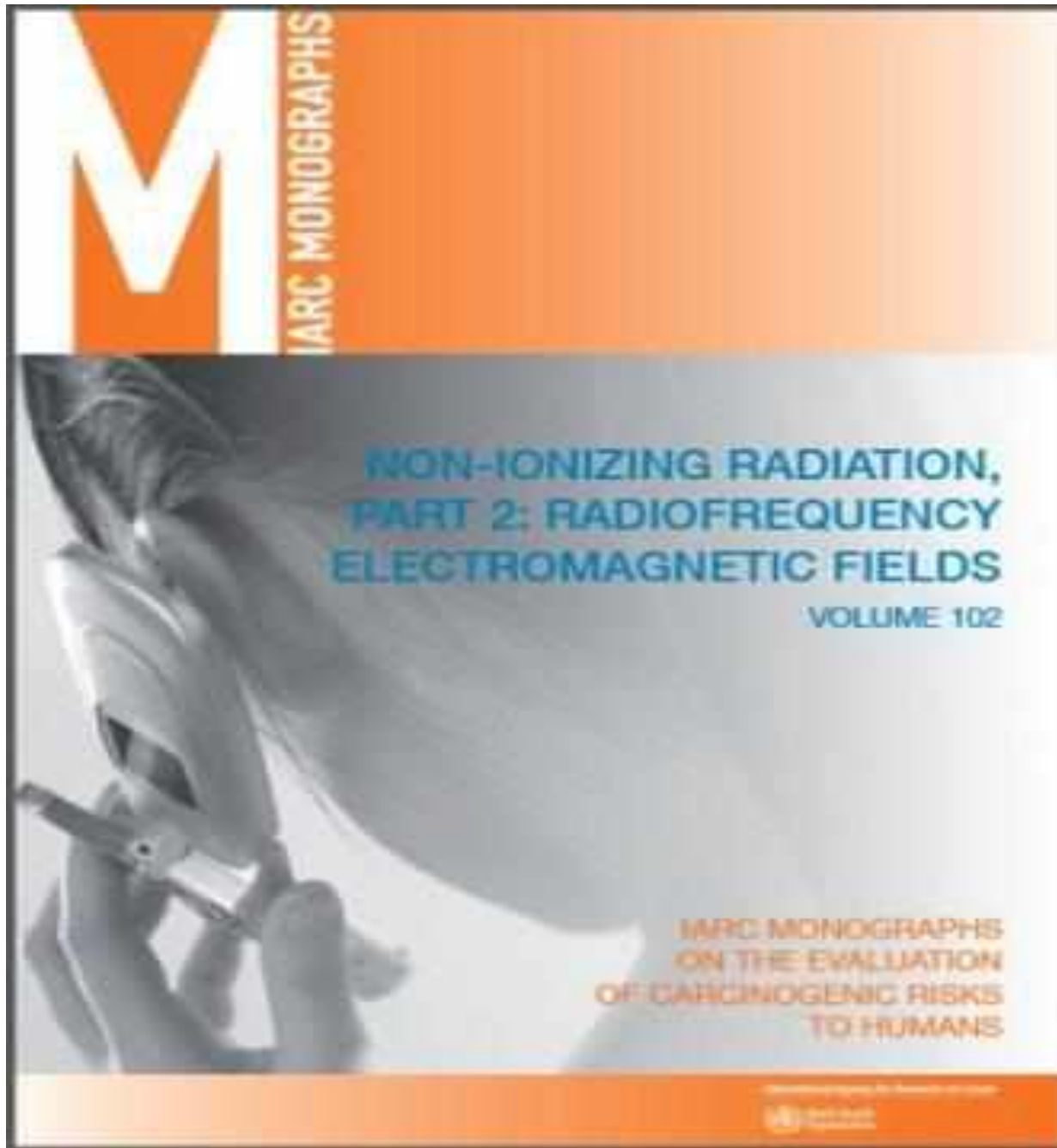
- **Campi elettromagnetici**
- **Radon**
- **Rumore**

Lunghezza d'onda		Campi statici		Frequenza	Azione	
Radiazione non-ionizzante	10 <sup>6</sup> km	Basse frequenze	Corrente diretta	0 Hz	Stimolazione Irritazione	
	100000 km			0,3 Hz		
	18000 km			3 Hz		
	6000 km			16 ⅔ Hz		
	1000 km		Corrente alternata trifase	50 Hz		
	100 km			300 Hz		
	10 km			3 kHz		
	1 km			30 kHz		
	Radiofrequenze	100 m	Onde radio	300 kHz	Effetti termici	
		10 m		3 MHz		
		1 m		30 MHz		
		100 mm		300 MHz		
		10 mm		3 GHz		
		1 mm		30 GHz		
		Infrarosso	100 μm	Microonde		300 GHz
			10 μm			3 THz
			1 μm			30 THz
		Radiazione ionizzante		Luce visibile		Energia
100 nm	Ultravioletto		1 eV			
10 nm			10 eV			
1 nm			100 eV			
100 pm	Raggi X		1 keV			
10 pm			10 keV			
1 pm			100 keV			
100 fm	Raggi γ		1 MeV			
10 fm			10 MeV			
1 fm			100 MeV			

## Campi elettromagnetici

**Frequenza (f) e lunghezza d'onda (λ)** sono le due grandezze fisiche che possono essere indifferentemente utilizzate per individuare una delle tipologie di radiazione dello spettro elettromagnetico perché sono tra loro strettamente correlate

[ISTISAN 19/11]



Nel **2012** IARC classifica:

- ***i campi elettromagnetici RF nel Gruppo 2B dei cancerogeni possibili per l'uomo per la limitata evidenza sull'associazione tra uso di telefoni cellulari e glioma e neurinoma acustico***
-

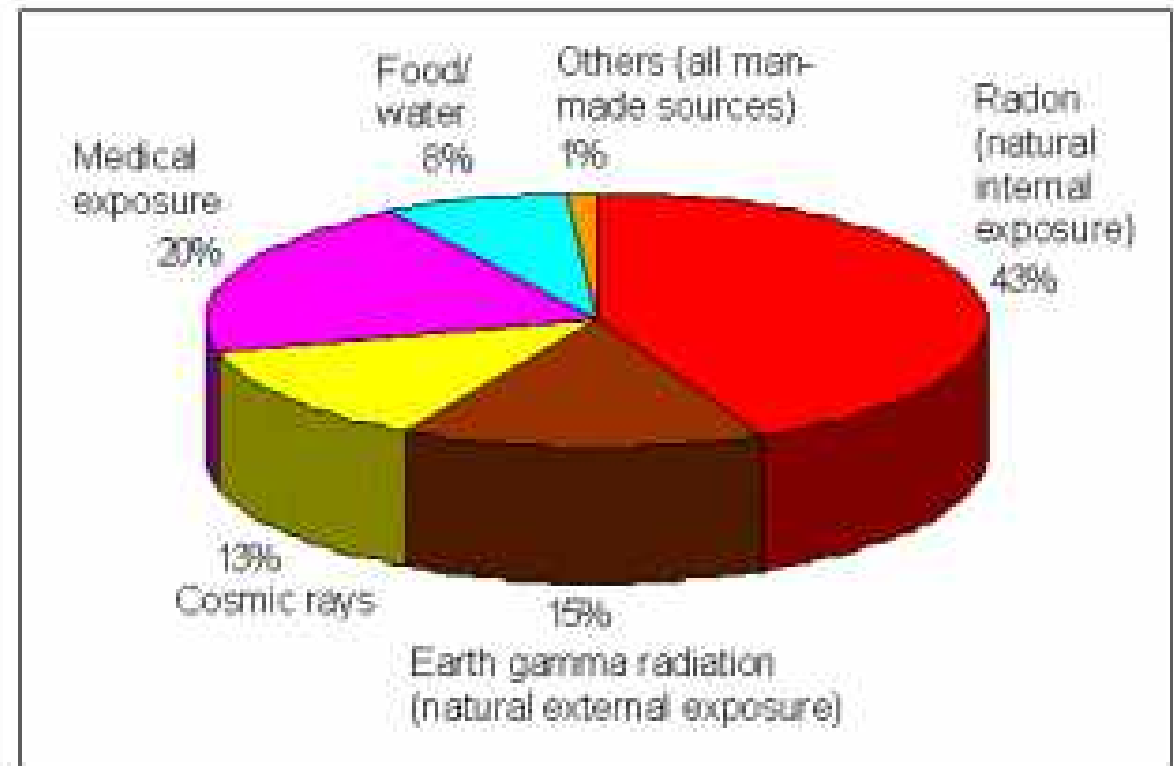
# Radon

## Radioattività naturale:

- dal cosmo
- dall'ambiente in cui si vive
- da eventuali cibi contaminati

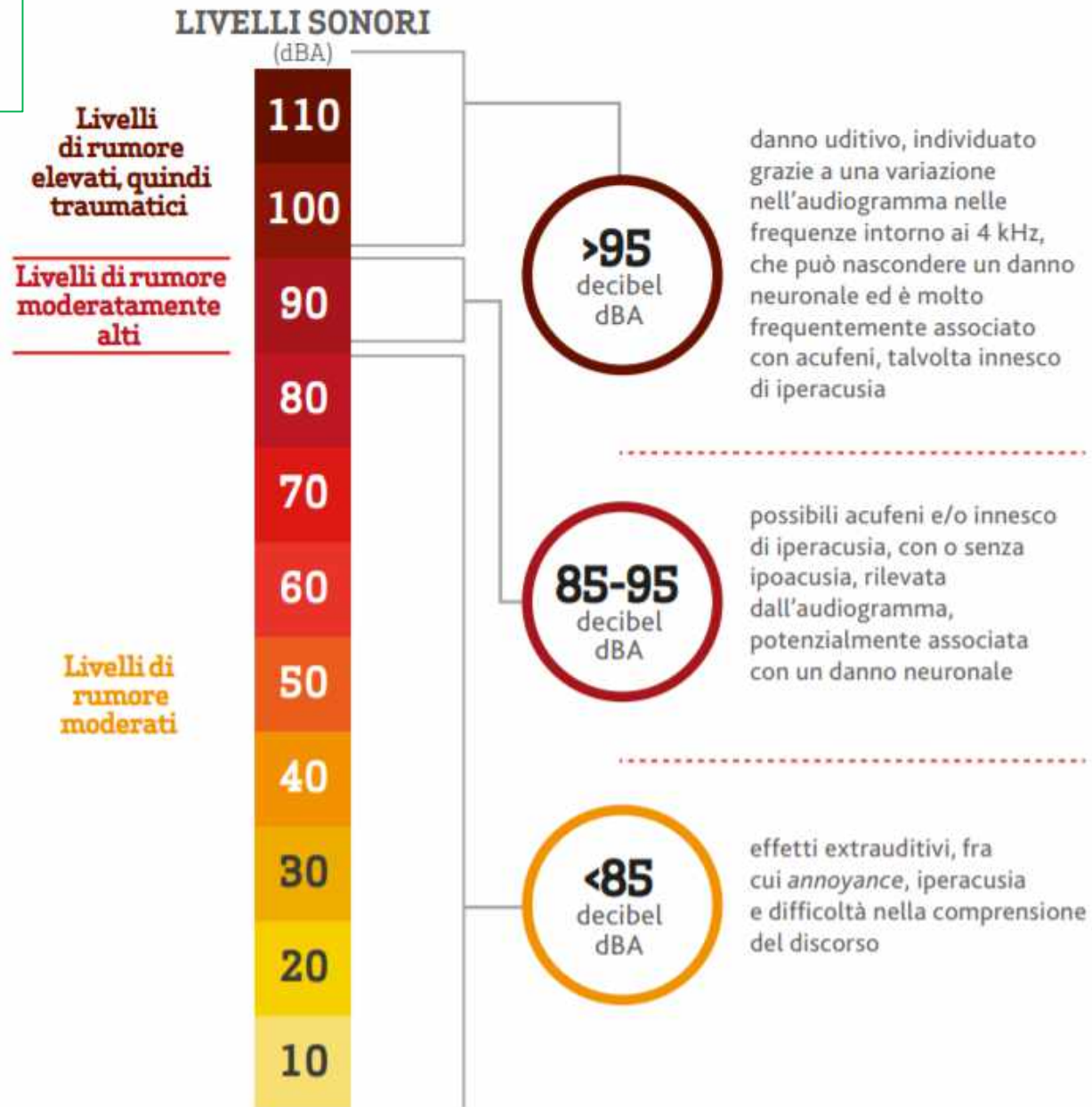
## Radioattività artificiale :

- da cure mediche
- da attività industriali
- da esperimenti
- da uso di armi nucleari

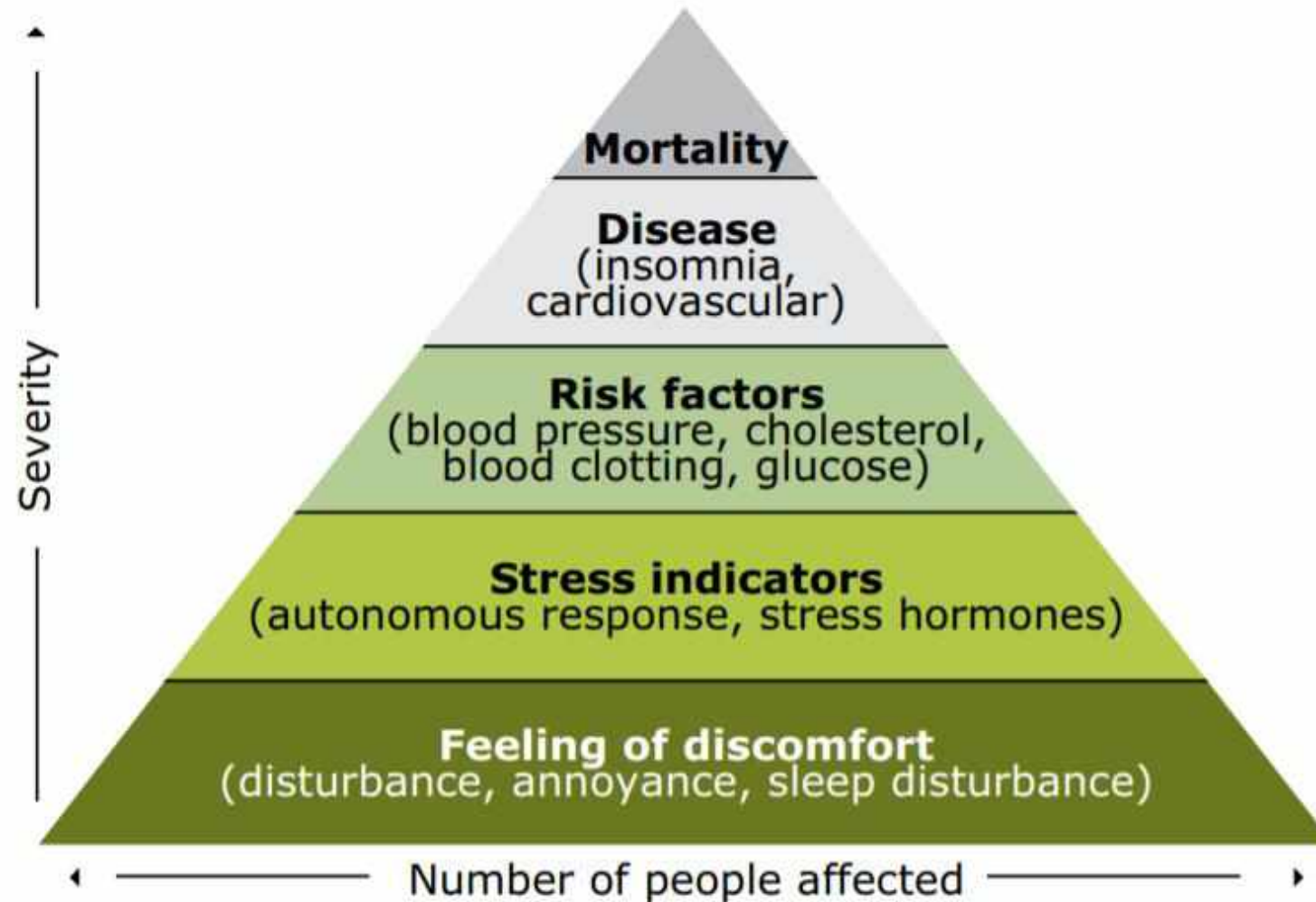


L'esposizione al radon **NON produce effetti sanitari acuti** per concentrazioni superiori a determinate soglie, ma **aumenta il rischio di tumore polmonare per esposizioni prolungate (di anni)**

# Rumore



(source: Coping with noise. Amplifon)



(source: Babish 2002, based on WHO , 1972)



**Impatto dell'inquinamento ambientale prodotto dagli aeroporti sulla salute dei residenti: risultati dello studio campionario**

[https://www.deplazio.net/en/reports/doc\\_download/191-rapporto-sera-italia](https://www.deplazio.net/en/reports/doc_download/191-rapporto-sera-italia)

Sono poi da considerare i **SITI INQUINANTI**  
ovvero “*aree ad elevato rischio ambientale*” (Legge 8  
luglio **1986** n.349)



**ep**  
EPIDEMIOLOGIA & PREVENZIONE

Rivista dell'Associazione Italiana di epidemiologia  
ANNO 34 (5-6) SETTEMBRE-DICEMBRE 2013  
SUPPLEMENTO 3

**S.E.N.T.**  
STUDIO EPIDEMIOLOGICO NAZIONALE  
E DEGLI INSEDIAMENTI ESPOSTI A RISCHIO DA INQUINAMENTO

Studio Epidemiologico Nazionale Esposti a Rischio da Inquinamento

**Valutazione epidemiologica**

SENTIERI Project - Mortality

**Evaluation epidemiologica**

A cura di:  
Roberta Pirastu  
Cecilia Ancona  
Ivano Iavarone  
Francesco Miola  
Amerigo Zona  
Pietro Comba

**ep**  
EPIDEMIOLOGIA & PREVENZIONE

Rivista dell'Associazione Italiana di epidemiologia  
ANNO 34 (5-6) SETTEMBRE-DICEMBRE 2013  
SUPPLEMENTO 4

**S.E.N.T.**  
STUDIO EPIDEMIOLOGICO NAZIONALE  
E DEGLI INSEDIAMENTI ESPOSTI A RISCHIO DA INQUINAMENTO

SENTIERI e degli insediamenti esposti a rischio da inquinamento

**R**

SENTIERI in Italia

**R**

A cura di:  
Roberta Pirastu  
Ivano Iavarone  
Roberto Pasetto  
Amerigo Zona  
Pietro Comba

**ep**  
EPIDEMIOLOGIA & PREVENZIONE

Rivista dell'Associazione Italiana di epidemiologia  
ANNO 36 (2) MARZO-APRILE 2014  
SUPPLEMENTO 1

**S.E.N.T.**  
STUDIO EPIDEMIOLOGICO NAZIONALE TERRITORI E INSEDIAMENTI ESPOSTI A RISCHIO DA INQUINAMENTO

**KIDS SENTIERI**

SENTIERI - Studio e degli insediamenti esposti a rischio da inquinamento

**Mortalità e ricoveri**

SENTIERI - Epidemiological study of residents in national priority contaminated sites

**Mortality and hospitalization**

A cura di:  
Roberta Pirastu  
Pietro Comba  
Susanna Conti  
Ivano Iavarone  
Lucia Fazzo  
Roberto Pasetto  
Amerigo Zona  
Emanuele Crocetti  
Paolo Ricci

per il Gruppo di lavoro SENTIERI - mortalità, incidenza oncologica e ricoveri ospedalieri nei Siti di Interesse Nazionale per le bonifiche

**40 anni**

**ep**  
EPIDEMIOLOGIA & PREVENZIONE

Rivista dell'Associazione italiana di epidemiologia

Supplemento 1  
Numero 5  
Maggio 2014

**S.E.N.T.I.E.R.I.**  
STUDIO EPIDEMIOLOGICO NAZIONALE TERRITORI E INSEDIAMENTI ESPOSTI A RISCHIO DA INQUINAMENTO

SENTIERI - STUDIO EPIDEMIOLOGICO NAZIONALE DEI TERRITORI E DEGLI INSEDIAMENTI ESPOSTI A RISCHIO DA INQUINAMENTO:

**L'INCIDENZA DEL MESOTELIOMA**

SENTIERI - EPIDEMIOLOGICAL STUDY OF RESIDENTS IN NATIONAL PRIORITY CONTAMINATED SITES:

**INCIDENCE OF MESOTHELIOMA**

**Re.Na.M.**  
Rete Nazionale di Interesse Nazionale Futuro

**Pleura**  
Incidenza di Mesotelioma in Cantieri navali

**Mesotelio**  
Industria chimica Petrochimico e

A cura di:  
Amerigo Zona, Lucia Fazzo, Roberto Pasetto, Emanuela Crocetti, Pietro Comba, Susanna Conti, Ivano Iavarone, Roberta Pirastu

Rivista dell'Associazione italiana di epidemiologia

**ep**  
EPIDEMIOLOGIA & PREVENZIONE

N. 2-3 • ANNO 43 • MARZO-GIUGNO 2010 • SUPPLEMENTO 1

SENTIERI - STUDIO EPIDEMIOLOGICO NAZIONALE DEI TERRITORI E DEGLI INSEDIAMENTI ESPOSTI A RISCHIO DA INQUINAMENTO

SENTIERI - EPIDEMIOLOGICAL STUDY OF RESIDENTS IN NATIONAL PRIORITY CONTAMINATED SITES

A cura di:  
Amerigo Zona, Roberto Pasetto, Lucia Fazzo, Ivano Iavarone, Caterina Bruno, Roberta Pirastu, Pietro Comba

**Quinto Rapporto**

**Fifth Report**

**S.E.N.T.I.E.R.I.**  
STUDIO EPIDEMIOLOGICO NAZIONALE TERRITORI E INSEDIAMENTI ESPOSTI A RISCHIO DA INQUINAMENTO

**KIDS SENTIERI**

**inferenze**

# Industrially Contaminated Sites and Health Network (ICSHNet) COST Action

## The Action Network

- 130 Participants
- 33 Countries
- WHO Regional Office for Europe
- European Commission - Joint Research Center
- UNICEF
- EC DG JRC
- EC DG Environ



[http://www.cost.eu/COST\\_Actions/isch/IS1408](http://www.cost.eu/COST_Actions/isch/IS1408)

Albany
Azerbaijan
Belgium
Bosnia & Herzeg
Bulgaria
Croatia
Cyprus
Czech Republic
Denmark
Estonia
Finland
France
fYR Macedonia
Germany
Greece
Hungary
Iceland
Ireland
Israel
Italy
Lithuania
Montenegro
Netherlands
Poland
Portugal
Romania
Serbia
Slovakia
Slovenia
Spain
Switzerland
Turkey
United Kingdom

**All'inquinamento ambientale potrebbe quindi essere dedicato un intero corso di insegnamento**

**In questa ADE ci limiteremo oggi a parlare di inquinamento atmosferico e nell'altra giornata essenzialmente di cambiamenti climatici**

- **L'inquinamento atmosferico, uno dei determinanti di salute**

Solo **dalla seconda metà del 1900** l'inquinamento atmosferico viene ad essere considerato un serio **problema di sanità pubblica**

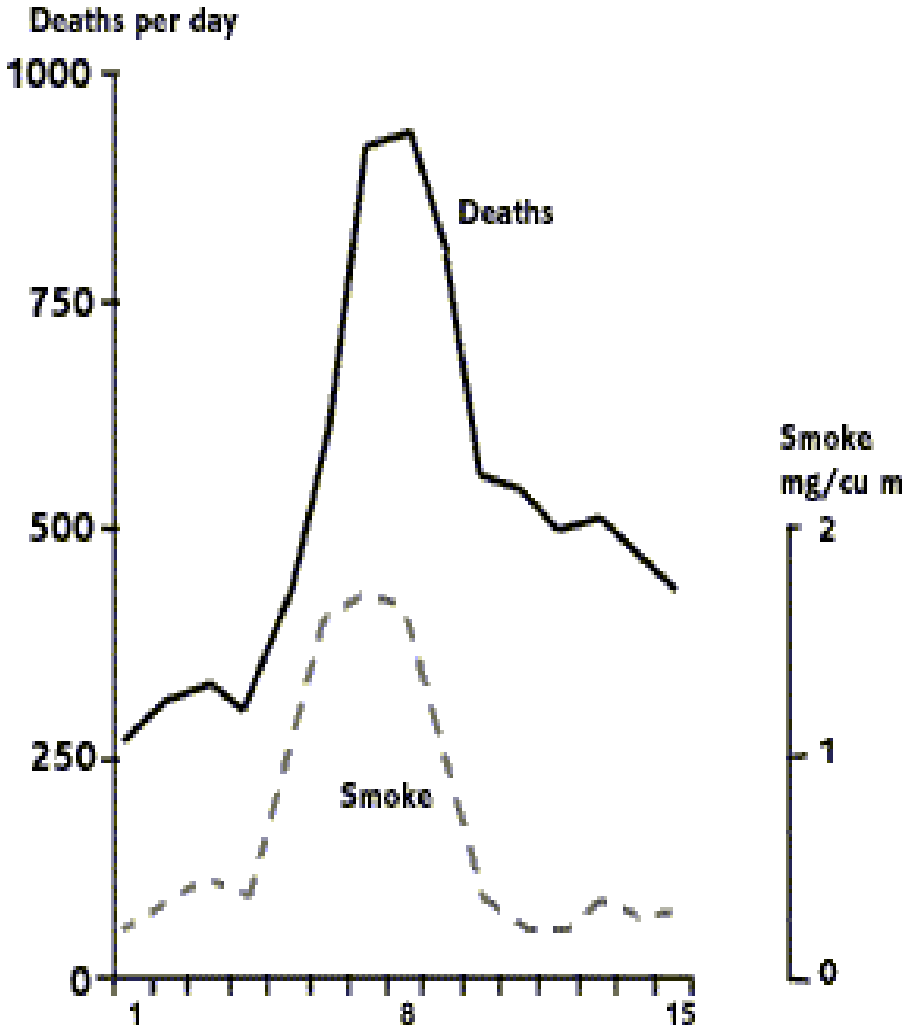
Clean Air Act	UK	<b>1956</b>
	USA	<b>1970</b>

In Italia i primi provvedimenti legislativi contro l'inquinamento atmosferico sono del **1966**

# In UK l'attenzione era conseguente al grave episodio di smog avvenuto nel dicembre 1952 a Londra



*Londra, dicembre 1952*



**Altri gravi episodi di inquinamento atmosferico per inversione termica, accompagnati da un aumento della mortalità si erano già verificati:**

- **1930 Valle della Mosa , Belgio**
- **1948 Donora, Pennsylvania (USA)**

**... da notare che in queste aree vi erano importanti sorgenti industriali di inquinamento**

**Nel 1998 è stato eretto un monumento a Donora vicino alla ex-acciaiaria che la seguente scritta:**



### **LO SMOG DEL 1948 A DONORA**

**Le leggi federali sull'inquinamento atmosferico sono l'eredità di questo disastro ambientale che portò il problema all'attenzione del Paese. Alla fine dell'ottobre del 1948 una fitta nebbia avvolse questa valle e con il passare dei giorni si trasformò in uno smog denso e pungente causando venti morti e migliaia di malati. La Donora Zinc Works non chiuse le sue fornaci fino al 31 ottobre, poche ore prima che la pioggia, finalmente, disperdesse lo smog.**

**Ancora oggi si osservano in alcune città episodi analoghi di grande inquinamento atmosferico**



*New Delhi, novembre 2023*

# Le fonti di inquinamento dell'aria



**Gli inquinanti atmosferici si possono presentare come:**

- gas**
- particolato**

**Questi inquinanti possono essere presenti :**

- outdoor**
- indoor**

# Inquinanti GASSOSI

Inquinante	Sorgenti naturali	Sorgenti antropiche
<b>Ossidi di zolfo (SOx)</b>	eruzioni vulcaniche, fitoplancton marino, fermentazione batterica, decomposizione di biomasse	impianti di riscaldamento non metanizzato, centrali termoelettriche, processi industriali, emissioni veicolari e da mezzi di trasporto marittimo
<b>Ossidi di Azoto (NOx)</b>	azione batterica nel suolo	impianti di riscaldamento, centrali termoelettriche, emissioni veicolari, processi produttivi
<b>Ozono (O3)</b>	fenomeni di trasporto dagli strati più alti dell'atmosfera	traffico veicolare, attività industriali e artigianali (inquinanti precursori: idrocarburi e NO2)
<b>IPA</b>		trasporto veicolare, impianti termici, centrali termoelettriche, inceneritori
<b>COV</b>	sostanze di origine umana, animale e vegetale	prodotti per la pulizia, detersivi, pitture, pesticidi, insetticidi e disinfettanti, cosmetici, colle e adesivi, prodotti per l'auto, prodotti per lo sviluppo fotografico, mobili e tessuti, materiali da costruzione, apparecchi per il riscaldamento /condizionamento, cucine, camini, fumo di tabacco, emissioni industriali e veicolari
<b>Benzene</b>	incendi boschivi, emissioni vulcaniche	fumo di tabacco, traffico veicolare, attività industriali di tipo chimico, processi di raffinazione del petrolio, pompe di benzina

# Inquinanti PARTICOLATI

Inquinante	Sorgenti naturali	Sorgenti antropiche
<b>PMx</b>	aerosol marino, incendi, microrganismi, pollini e spore, erosione di rocce, eruzioni vulcaniche	emissioni da impianti industriali, combustione dei motori , riscaldamento domestico; residui dell'usura del manto stradale, dei freni e delle gomme degli autoveicoli, emissioni di, lavorazioni agricole, inceneritori e centrali elettriche
<b>Diossine</b>	incendi boschivi, eruzioni vulcaniche	emissioni di fabbriche che producono pasta di legno e carta, erbicidi fenolici e conservanti clorati per il legno, inceneritori sanitari e municipali, veicoli a motore, stufe a legna, accumuli di rifiuti chimici
<b>Amianto</b>	unito ad altri materiali costituenti la roccia madre	L'amianto in passato ha trovato larga applicazione nella produzione industriale, nel settore edile, manifatturiero e nei trasporti
<b>Metalli pesanti</b>		vernici e altri prodotti di finitura, combustione di materiali plastici in PVC, fumo di sigaretta, scarichi d'auto, polvere domestica, pile, termometri a mercurio

**L'inquinamento complessivo dipende da :**

- **Intensità delle emissioni**
- **Le caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze  
(formazione, trasformazione, accumulo)**
- **Condizioni meteorologiche**
- **Orografia del territorio**
- **Trasporto a lunga distanza**
- **Dispersione**

**Alcuni fenomeni sono su **scala locale** ma possono essere su **scala continentale** (trasporti transfrontalieri), o anche su **scala globale** (cambiamenti climatici)**

Quello che ci interessa presentare qui è l'inquinamento outdoor delle nostre città, essenzialmente dovuto al traffico

### **Inquinanti PRIMARI**

Emessi direttamente in atmosfera (es. SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, PM)

### **Inquinanti SECONDARI**

Si formano in atmosfera a seguito di reazioni chimiche con altri inquinanti e gas (es. O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>)

**Degli inquinanti che sono stati oggetto di attenzione negli studi sugli effetti sulla salute umana , anche perché indicatori dell'inquinamento atmosferico outdoor ve ne parlerà il dr. Franco Bergesio nella relazione successiva**

**Di limiti di legge e indicazioni OMS, oltre che di reti di monitoraggio e dati rilevati, ve ne parlerà la prossima volta il dr. Marco Talluri**

**Per eventuali ulteriori informazioni o documentazione che vi ho citato:**

**[elisabetta.chellini@unifi.it](mailto:elisabetta.chellini@unifi.it)**