



3°

# CORSO REGIONALE SUI PRODOTTI FITOSANITARI

14 NOVEMBRE | 22 NOVEMBRE 2017

Palazzo Grandi Stazioni – Sala Polifunzionale | VENEZIA

**Evidenza scientifica e processi decisionali: l'approccio metodologico all'uso integrato delle informazioni nella valutazione del rischio**

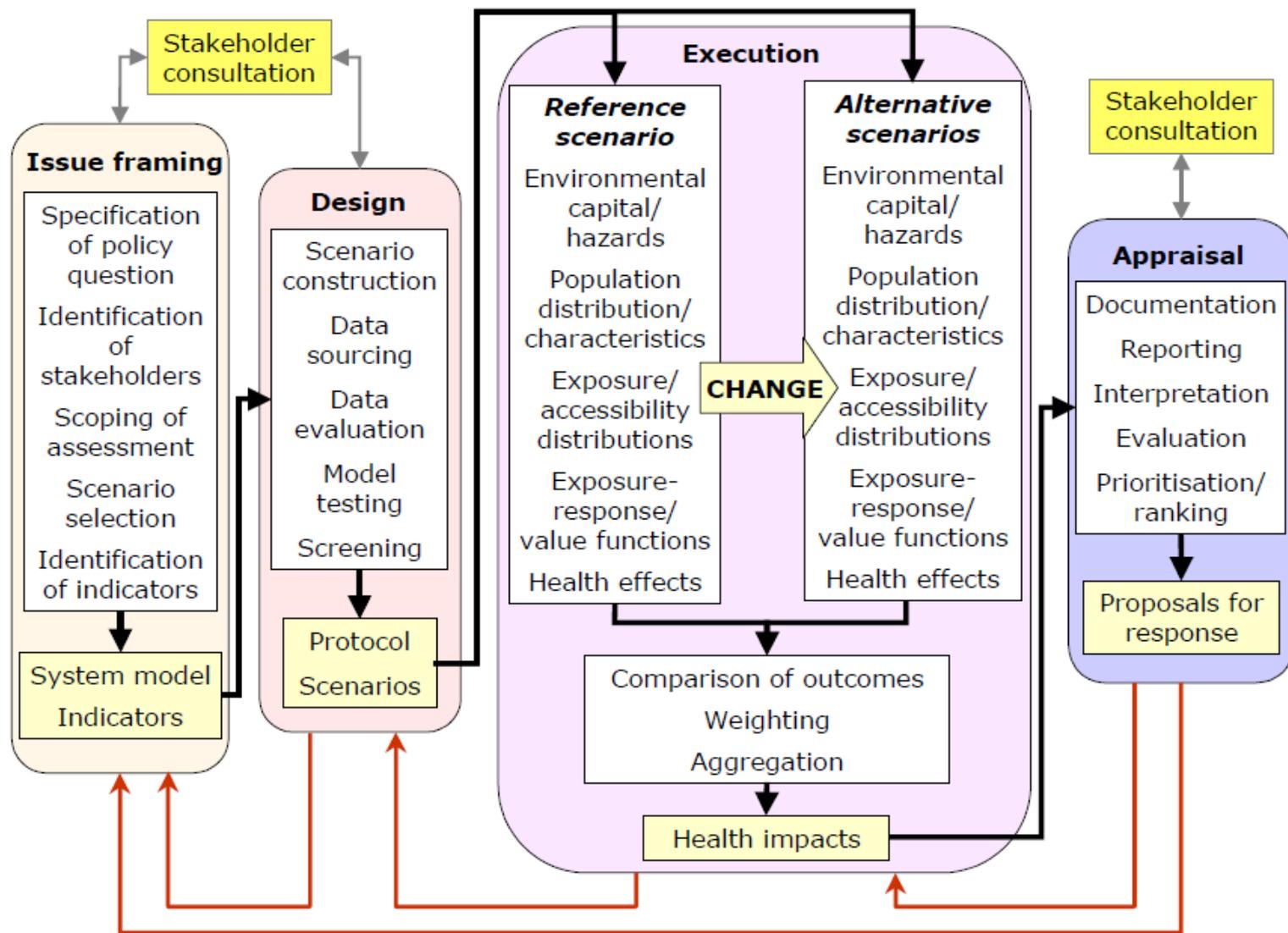
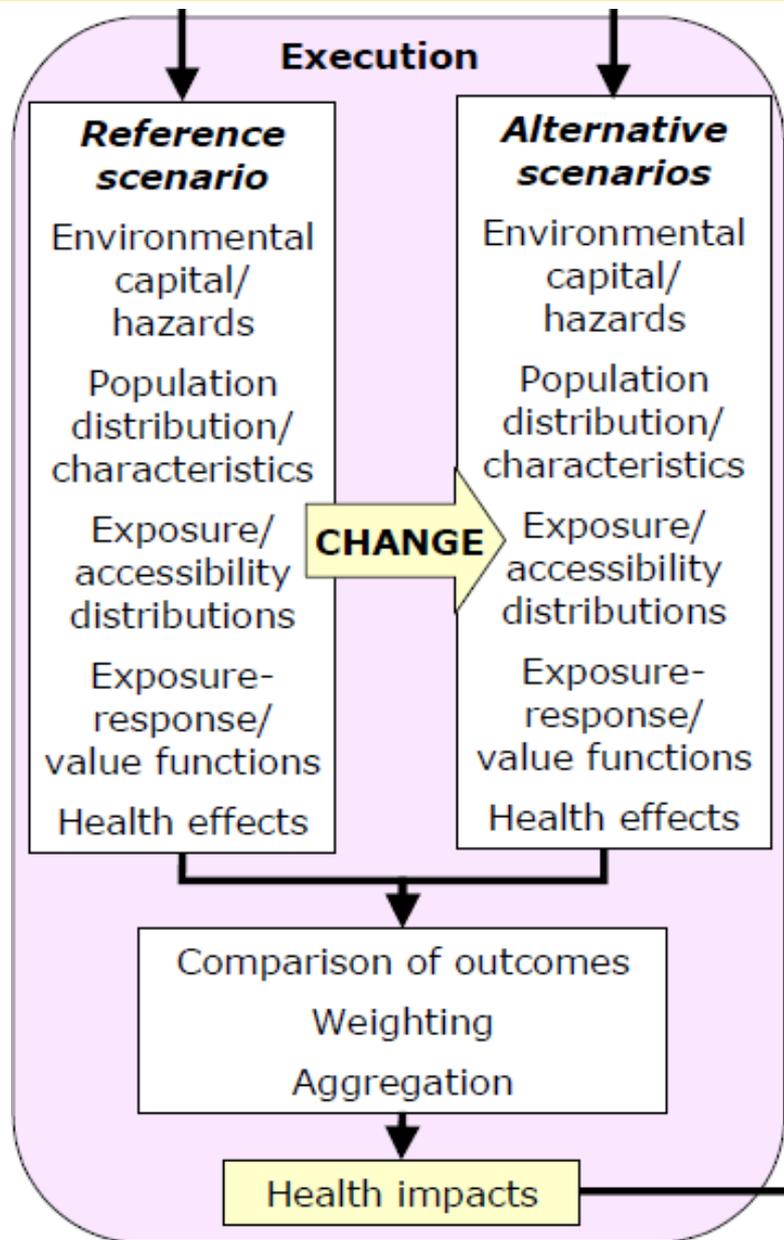


Figure 2. The analytical framework

# “Centro di calcolo” del processo



-Cosa valutare nella differenza di scenari?

-È tutta questione di *exposure assessment*?

- quale metodo va utilizzato?  
(RA/HIA)

- incertezza nella stima

# La valutazione del rischio

## INQUINANTI O MISCELE

L'esposizione della popolazione non a singole sostanze ma a miscele delle stesse  
Alcuni inquinanti sono già miscele (Particolato atmosferico, VOC, IPA, ...)

## RISCHIO AGGREGATO E RISCHIO CUMULATIVO

Rischio aggregato: include tutte le possibili vie, modalità e fonti di esposizione ad una data sostanza chimica

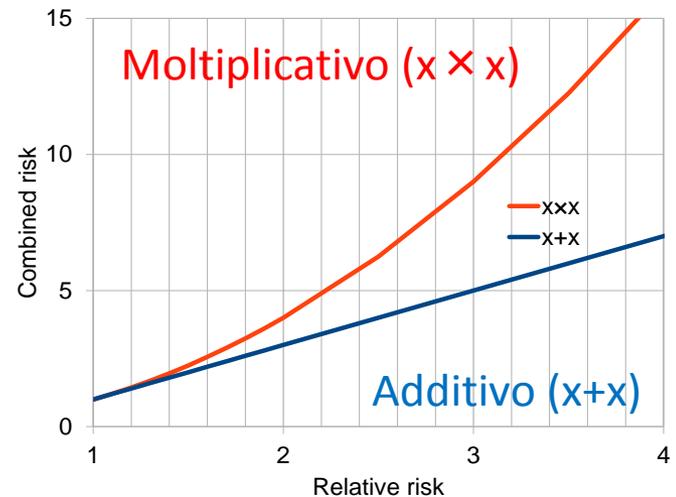
Rischio cumulativo: legato alla stessa singola sostanza chimica dalle stesse fonti o da fonti simili o a differenti sostanze, con meccanismo di azione simile.

## RISCHIO ADDITIVO E MOLTIPLICATIVO

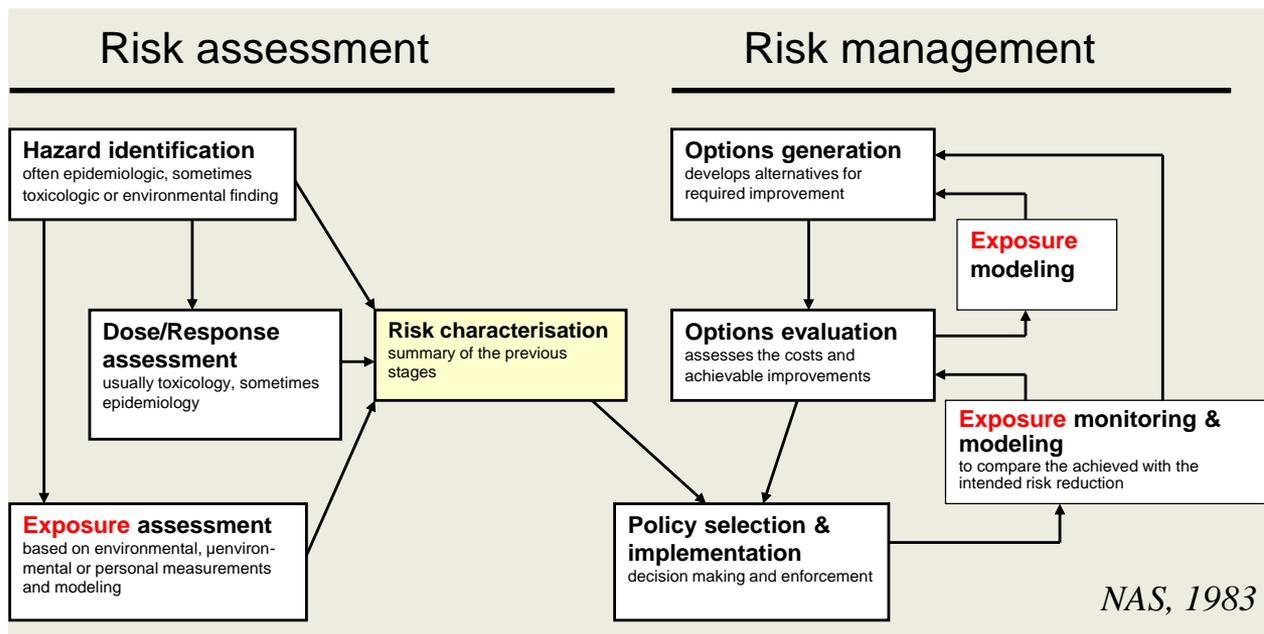
Due fattori, con stesso rischio relativo combinato

- Additivo
- Moltiplicativo

Per  $RR < 1.5$  le differenze dei 2 modelli sono piccole  
per  $RR > 2$  le differenze aumentano rapidamente!



# RISK ASSESSMENT E RISK MANAGEMENT



**Epidemiologia:** dall'esposizione e dati di salute alla dose-risposta

**Risk assessment:** dall'esposizione e la dose-risposta al rischio (probabilità)

**Health impact assessment:** come RA, ma stima gli impatti (casi)

- es. EBD

# APPROCCI METODOLOGICI PER LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

	HIA	RA
Area riferimento	Epidemiologia	Tossicologia
Misura di effetto	Numero casi attribuibili all'anno	Indici di rischio/pericolo per esposizione <i>lifetime</i>
Riferimento alla specifica popolazione esposta	Si (incidenza)	No
Funzioni esposizione/risposta	In genere lineare	Differenza cancerogeni/tossici
Sostanze	Poche con RR consolidati (PM, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> ...)	Vasto database tossicologico (es. US-EPA IRIS)
Soglie di accettabilità	No (quale n. casi?)	Si (es. rischio 10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-4</sup> )

## Dati necessari:

- **Esposizione** alla sostanza (o alla sorgente)
  - concentrazione ambientale (es.  $\mu\text{g m}^{-3}$ ), distanza dalla sorgente (m)
- Incidenza delle patologie nella popolazione non esposta (*baseline*)
- Relazione esposizione-effetto
  - Rischio relativo (RR), esposti vs. non esposti
  - Derivata da studi epidemiologici

# Health impact assessment

---

## Esempio di calcolo del numero di casi attribuibili

$$AC = A \times B \times \Delta C \times P_{exp}$$

**AC** = numero di casi attribuibili all'esposizione in esame

**A** =  $(RR - 1)$  = eccesso di rischio nella popolazione esposta per incremento unitario di concentrazione  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$  ; RR è il rischio relativo desunto dalla letteratura disponibile per il dato esito sanitario

**B** = tasso di morbosità/mortalità di background dell'esito sanitario considerato, ovvero il tasso che si osserva in assenza dell'esposizione

**$\Delta C$**  = variazione nelle concentrazioni ambientali per la quale si intende valutare l'effetto .

**$P_{exp}$**  = popolazione esposta

Es. PM2.5, tumore al polmone: RR = 1.09 per 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [Hamra et al. 2014]

→ eccesso rischio  $(RR-1)$  = 9% casi in più ogni 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

# APPROCCIO EPIDEMIOLOGICO

---

1. *Hazard Identification*: valutazione preliminare della pericolosità delle sostanze mediante l'analisi del rapporto causale di associazione tra un agente e il relativo effetto sanitario seguendo **criteri stabiliti** e codificati (es. i criteri di Bradford Hill);
2. *Dose-Response Assessment*: valutazione e quantificazione della relazione dose-risposta o, più propriamente, esposizione-risposta (incidenza); in tal senso risultano fondamentali i **risultati degli studi epidemiologici metanalitici**;
3. *Exposure Assessment*: valutazione dei dati quantitativi di misura e/o stima delle concentrazioni di esposizione o, quando non disponibili, individuazione di indicatori di esposizione ricostruendo gli **scenari espositivi** anche attraverso misure surrogate dell'esposizione reale
4. *Risk Characterization*: passa attraverso gli **indicatori di associazione** tra esposizione della popolazione e effetto sulla salute derivanti dai diversi studi epidemiologici (rischio relativo - RR, odds ratio – OR, ...). Tra i descrittori di rischio idonei a definire l'impatto sanitario sulla popolazione, uno dei più utilizzati è il **rischio attribuibile per la popolazione (RAP)**, dal quale si può facilmente ricavare il numero di casi addizionali, attribuibili all'esposizione in esame.

Basato su un'impostazione di tipo tossicologico.

Dati necessari:

- **Esposizione** alla sostanza

→ concentrazione ambientale (es.  $\mu\text{g m}^{-3}$ ) o dose assunta (es.  $\text{mg}/\text{kg}_{\text{peso}}/\text{giorno}$ )

- Relazione **esposizione-effetto**

→ potere cancerogeno della sostanza (es. *cancer slope factor, unit risk*) o dose massima tollerabile (es. *reference dose*)

→ In genere derivata da studi di tossicologia animale

## Esempio di calcolo del rischio per sostanze cancerogene

$$\mathbf{R = ADD \times CSF}$$

**R** = rischio, definito come la probabilità incrementale dell'insorgenza di casi di tumore nel corso della vita (adimensionale)

**ADD** = dose media giornaliera di esposizione (mg/kg/giorno)

**CSF** = potere cancerogeno della sostanza 1/(mg/kg/giorno)

## Esempio di calcolo del rischio per sostanze tossiche

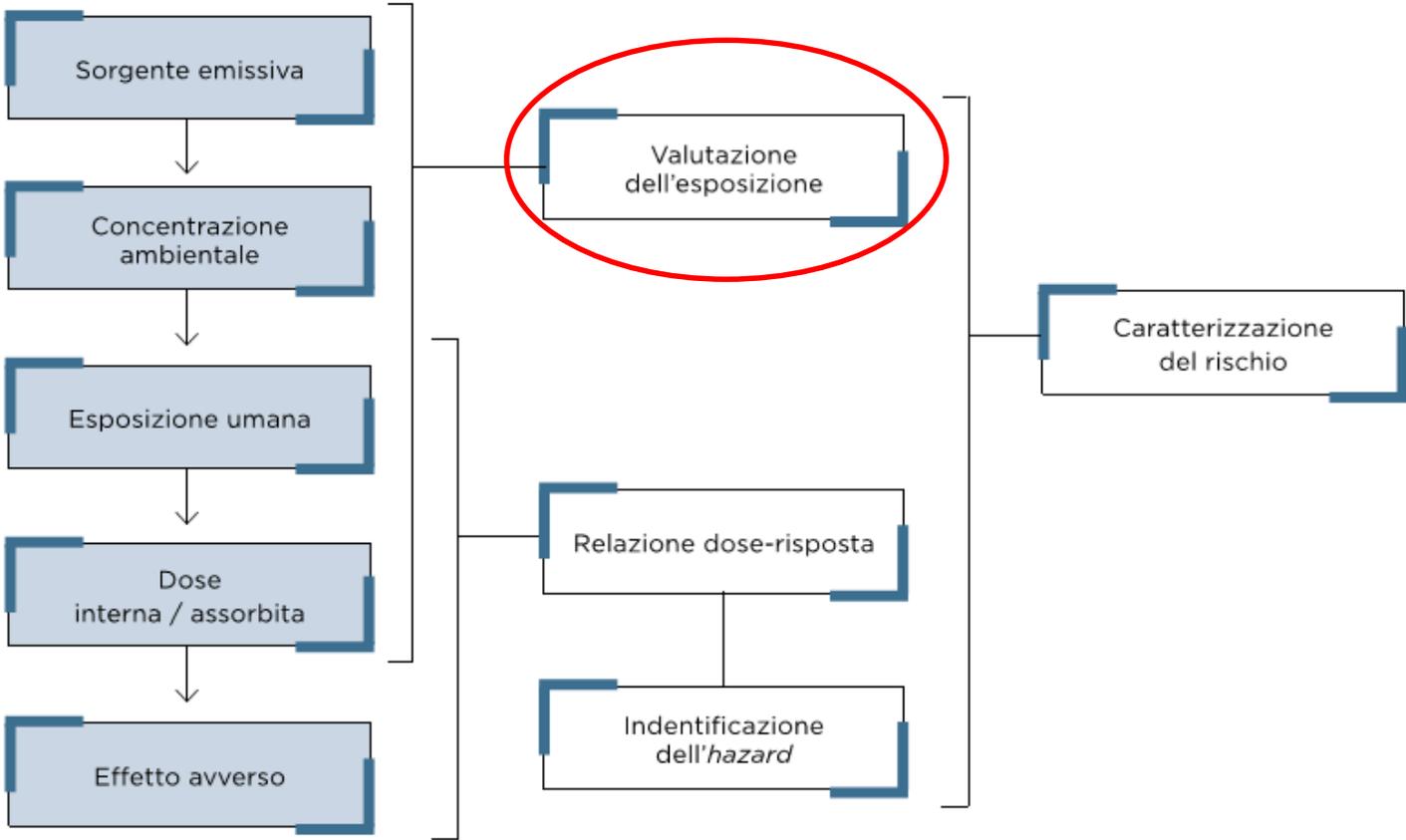
$$\mathbf{HQ} = \frac{\mathbf{ADD}}{\mathbf{RfD}}$$

**HQ** = quoziente di pericolo, definito come livello di saturazione della dose massima ammissibile (adimensionale)

**ADD** = dose media giornaliera di esposizione (mg/kg/giorno)

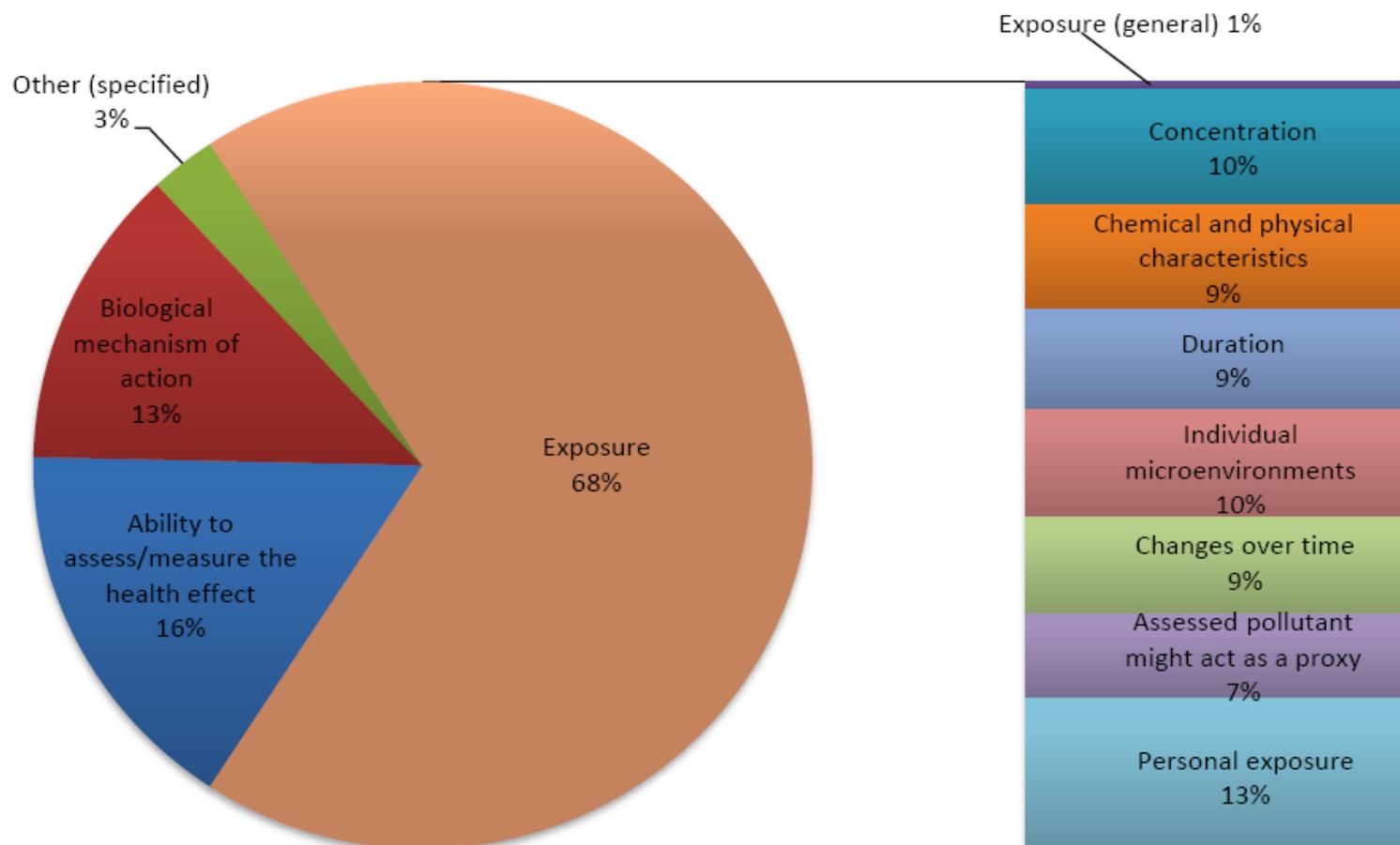
**RfD** = dose massima ammissibile, soglia di non effetto (mg/kg/giorno)

# La valutazione del rischio



## 9. In your opinion, what are the current knowledge gaps, which require further research with respect to the emerging risks to health you described in the previous questions?

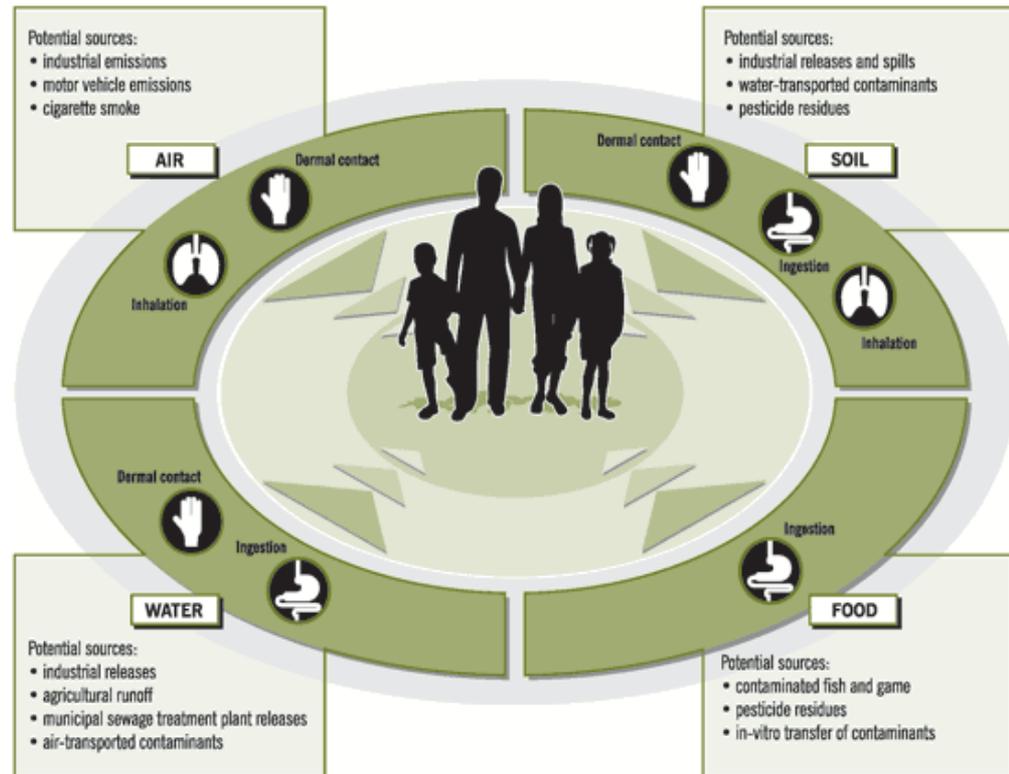
Fig. 8. Response rates for knowledge gaps requiring further research (all source categories)



# ESPOSIZIONE

Contatto fra un agente presente in una matrice ambientale e una superficie del corpo umano

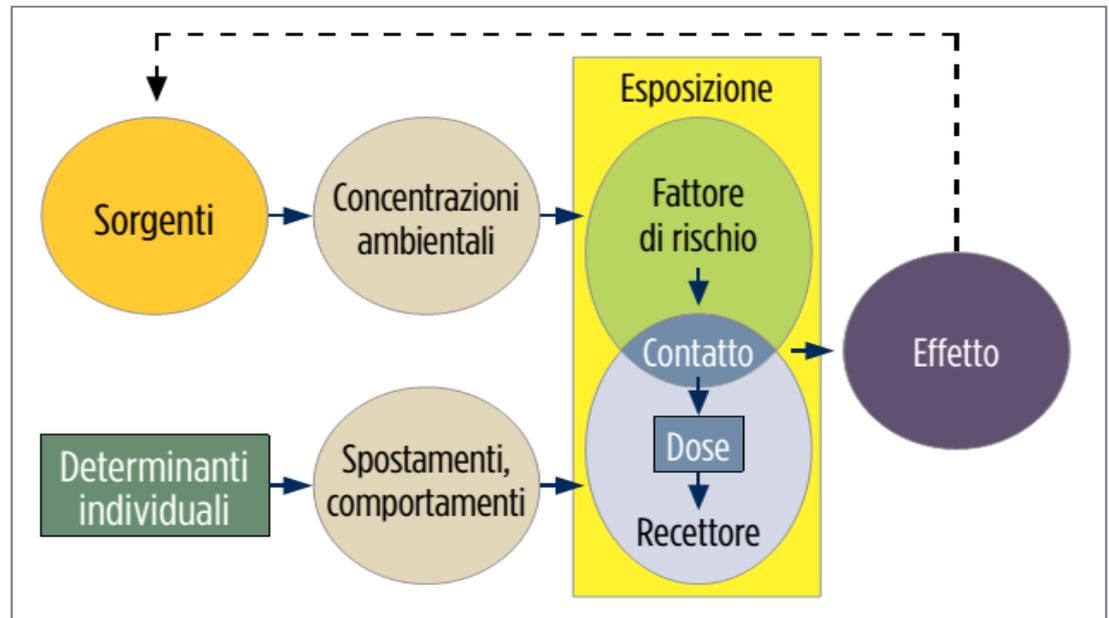
- Inalazione
- Ingestione
- Contatto dermico
- ...



# VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

La valutazione dell'esposizione (*exposure assessment*)

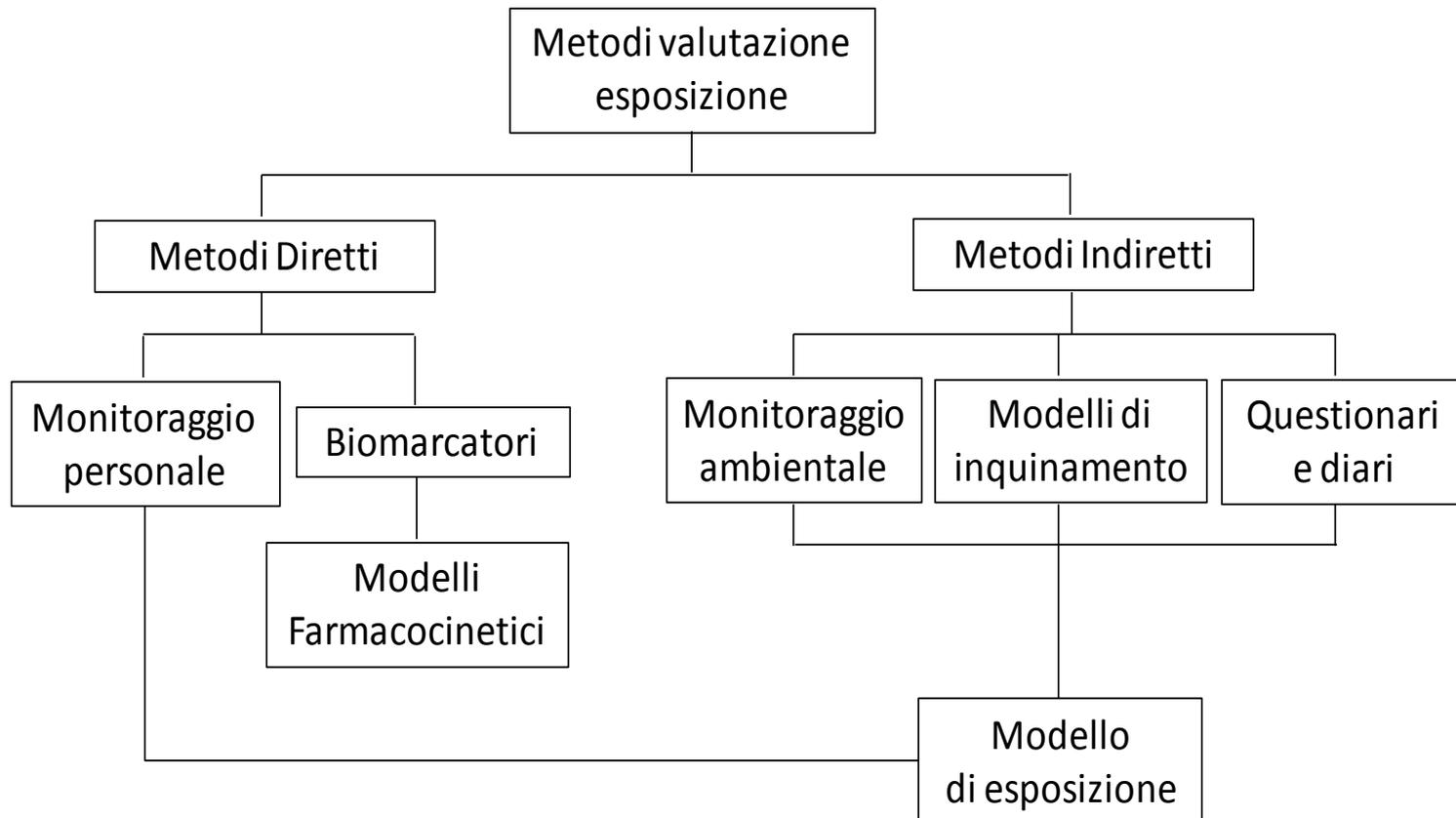
Indaga quanto, come e per quanto tempo una sostanza viene a contatto con gli individui di una popolazione



# VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

Metodi diretti: applicabili a popolazioni ristrette

Metodi indiretti: modelli applicabili a popolazioni estese





Contents lists available at ScienceDirect

Environment International

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envint](http://www.elsevier.com/locate/envint)



## Biomonitoring of the general population living near a modern solid waste incinerator: A pilot study in Modena, Italy



Andrea Ranzi <sup>a</sup>, Silvia Fustinoni <sup>b,\*</sup>, Laura Erspamer <sup>a</sup>, Laura Campo <sup>b</sup>, Maria Giulia Gatti <sup>c</sup>, Petra Bechtold <sup>c</sup>, Stefano Bonassi <sup>d</sup>, Tommaso Trenti <sup>e</sup>, Carlo Alberto Goldoni <sup>c</sup>, Pier Alberto Bertazzi <sup>b</sup>, Paolo Lauriola <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Environmental Health Reference Centre, Regional Agency for Environmental Prevention of Emilia-Romagna, Modena, Italy

<sup>b</sup> Department of Clinical Sciences and Community Health, University of Milan and Fondazione IRCCS Ca' Granda Ospedale Maggiore Policlinico, Milan, Italy

<sup>c</sup> Department of Public Health, Local Health Unit, Modena, Italy

<sup>d</sup> Unit of Clinical and Molecular Epidemiology, IRCCS San Raffaele Pisana, Rome, Italy

<sup>e</sup> Clinical Pathology Department, Local Health Authority, Modena, Italy

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 26 July 2013

Accepted 16 September 2013

Available online xxxxx

#### Keywords:

Human biomon  
Solid waste in  
Exposure  
Polycyclic aro  
Heavy metals

### ABSTRACT

**Background and goals:** As part of the authorization process for the solid waste incinerator (SWI) in Modena, Italy, a human biomonitoring cross-sectional pilot study was conducted to investigate the degree to which people living and working in the proximity of the plant were exposed to SWI emissions.

**Methods:** Between May and June 2010, 65 subjects living and working within 4 km of the incinerator (exposed

**Methods:** Between May and June 2010, 65 subjects living and 103 subjects living and working outside this area (

and the distance of a subject's place of residence from the SWI plant or the exposure to PM.

**Results:** Urinary BTEX and SPMA and blood, serum and urinary metals showed no differences between exposed and unexposed subjects. PAHs were higher in exposed than in unexposed subjects for phenanthrene, anthracene, and pyrene (median levels: 9.5 vs. 7.2 ng/L, 0.8 vs. <0.5 ng/L and 1.6 vs. 1.3 ng/L, respectively,  $p < 0.05$ ). Multiple linear regression analysis showed that blood Cd and Hg and urinary Mn, fluorene, phenanthrene, anthracene and pyrene were inversely correlated to the distance of a subject's residence from the SWI. Urinary Mn, fluorene and phenanthrene were directly correlated to PM exposure.

**Conclusions:** This study, although not representative of the general population, suggests that specific biomarkers may provide information about the degree of exposure the subjects working and living in the proximity of the SWI plant may have to emissions from that facility.

# VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

---

Tre aspetti fondamentali

1. Definire modalità di contatto e luoghi in cui i soggetti sono esposti
2. Definire l'orizzonte temporale di interesse
3. Valutare l'intensità dell'esposizione

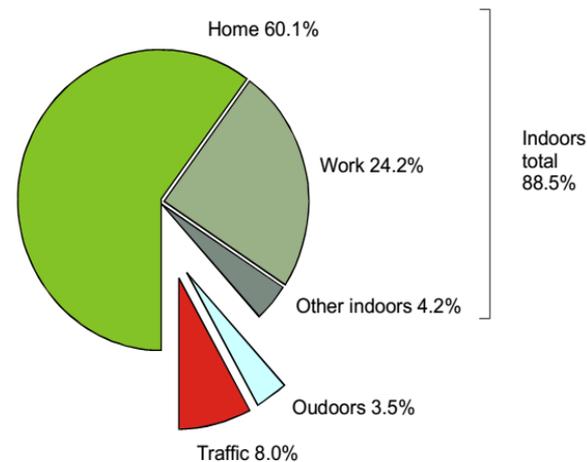
# MODALITA' E LUOGHI

La residenza del soggetto è in genere considerato come luogo dell'esposizione

La localizzazione della residenza può essere approssimata in modo diverso:

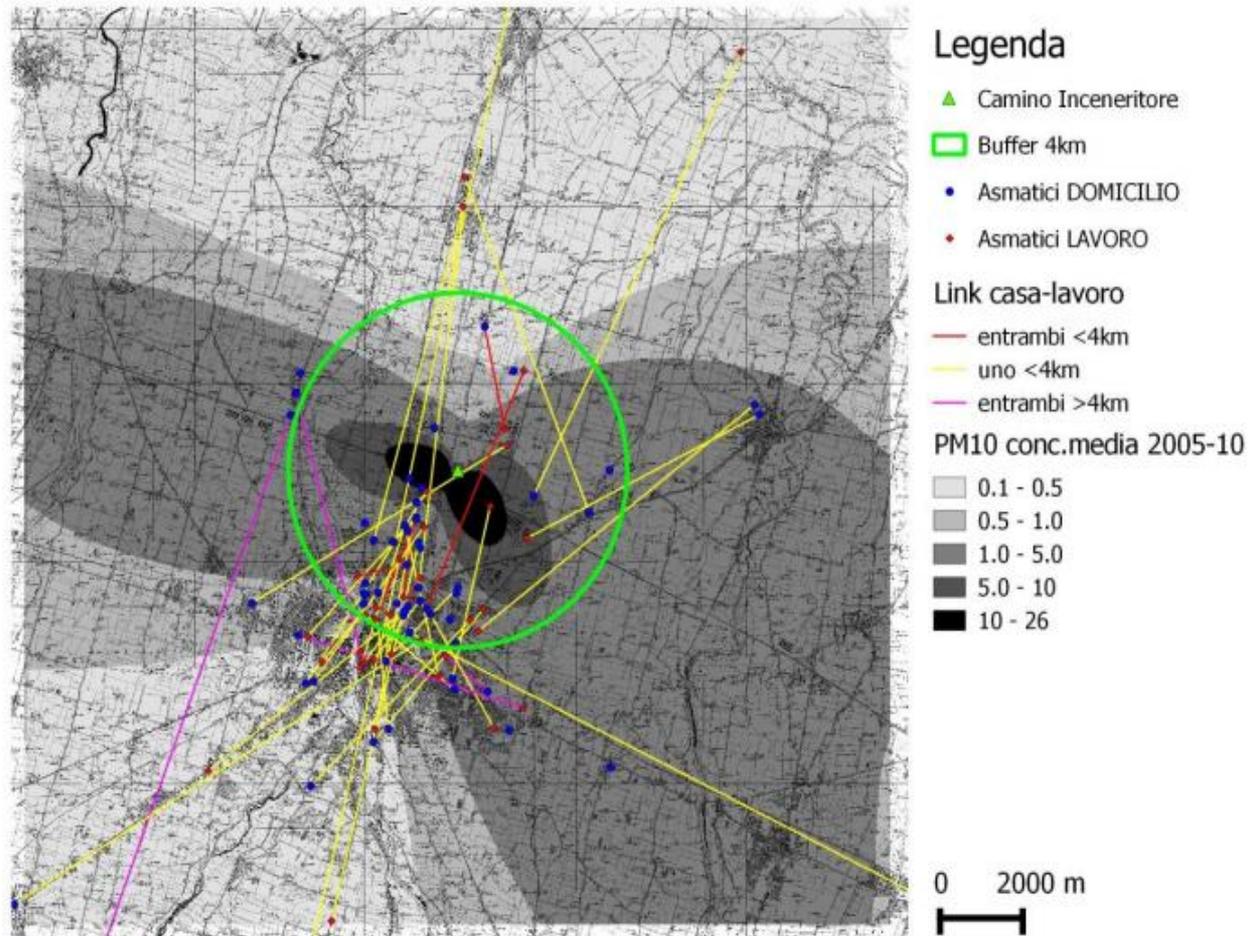
- Comune di residenza
- Sezione di censimento
- Indirizzo preciso (*address geocoding*)

## Population Time Activity



# MODALITA' E LUOGHI

Considerare anche  
la localizzazione del  
luogo di lavoro può  
portare ad una  
migliore definizione  
dell'esposizione  
individuale



# INTENSITA' DELL'ESPOSIZIONE e ORIZZONTE TEMPORALE

---

1)Valutata a partire da misure di inquinanti ambientali  
(es. dati misurati presso postazioni fisse)

→Stessa esposizione attribuita ad ampi gruppi di popolazione

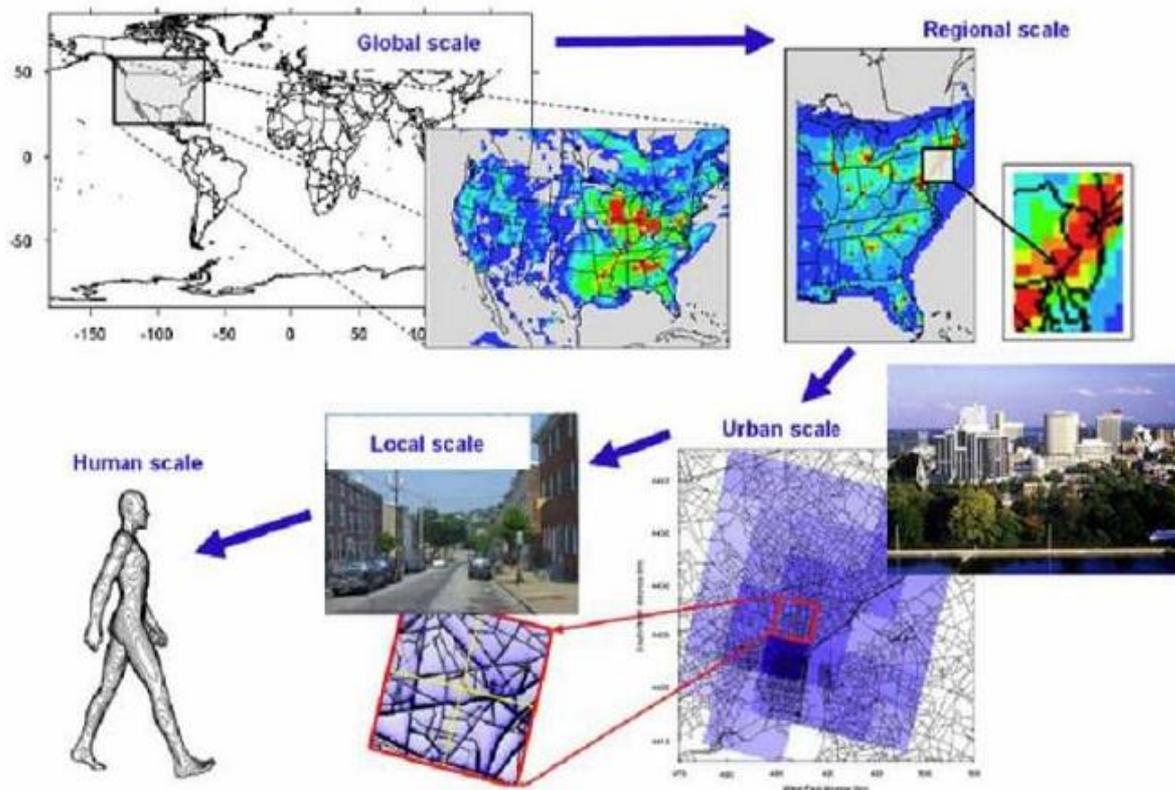
→Privilegia le differenze temporali (effetti a breve termine)

2)Valutata con modelli  
(es. modelli fisici/chimici, modelli statistici)

→Privilegia le differenze spaziali (effetti cronici)

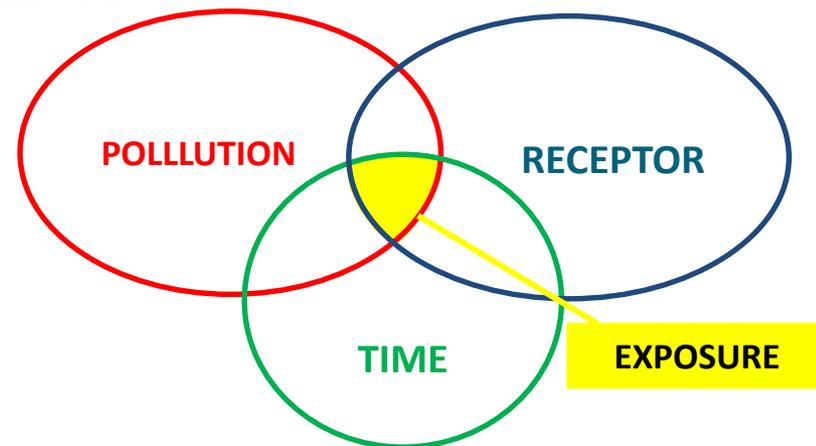
→Possono essere basati su dati misurati (es.LUR, modelli geostatistici)

# Diverse scale spaziali di valutazione



Michele Cordioli,<sup>1,2</sup> Andrea Ranzi,<sup>2</sup> Giulio A. De Leo,<sup>3</sup> and Paolo Lauriola<sup>2</sup>

3 criteri: **intensità dell'esposizione, distribuzione spaziale, variabilità temporale.**



Temporal evolution of exposure assessment methods

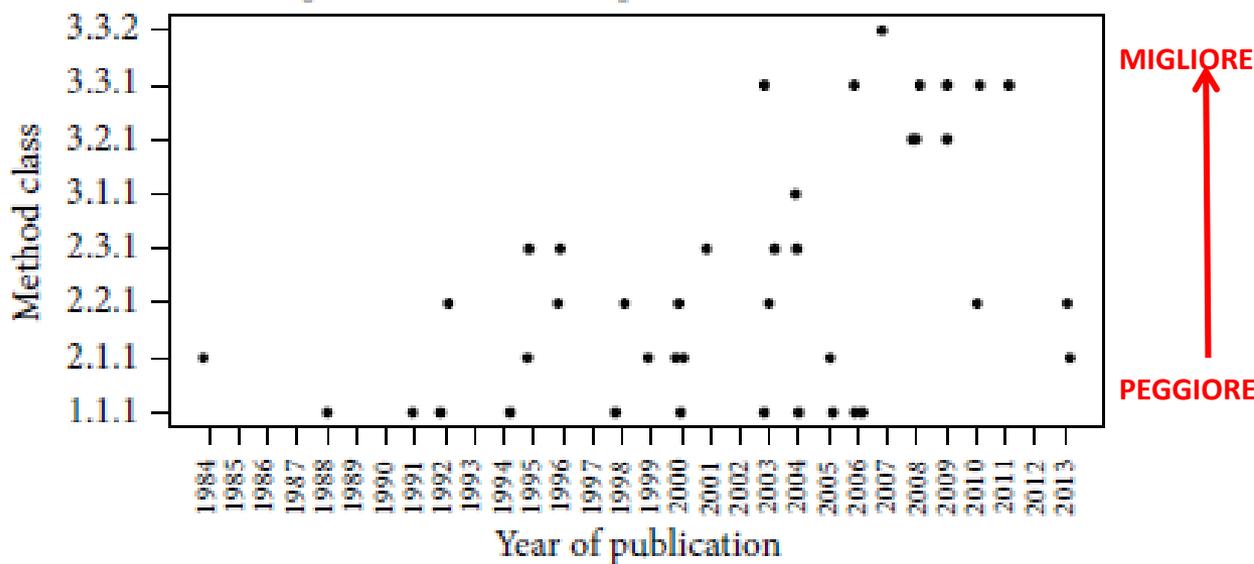
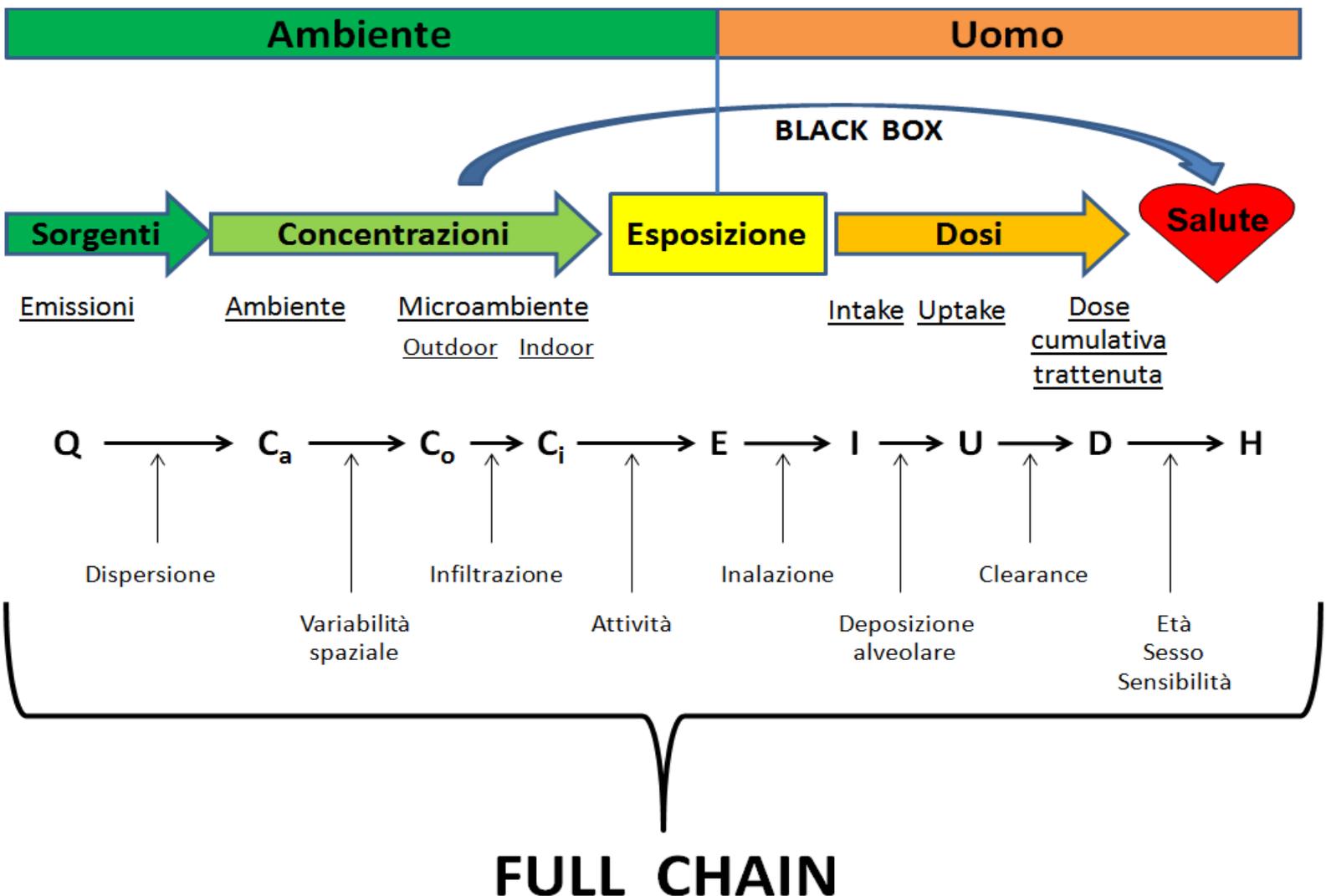


FIGURE 2: Temporal evolution of exposure assessment methods. Methods are classified according to Table 1 and sorted in the y-axis from the less precise to the best one.

# Valutazione "full chain" dell'esposizione della popolazione a sostanze chimiche emesse da un sito industriale

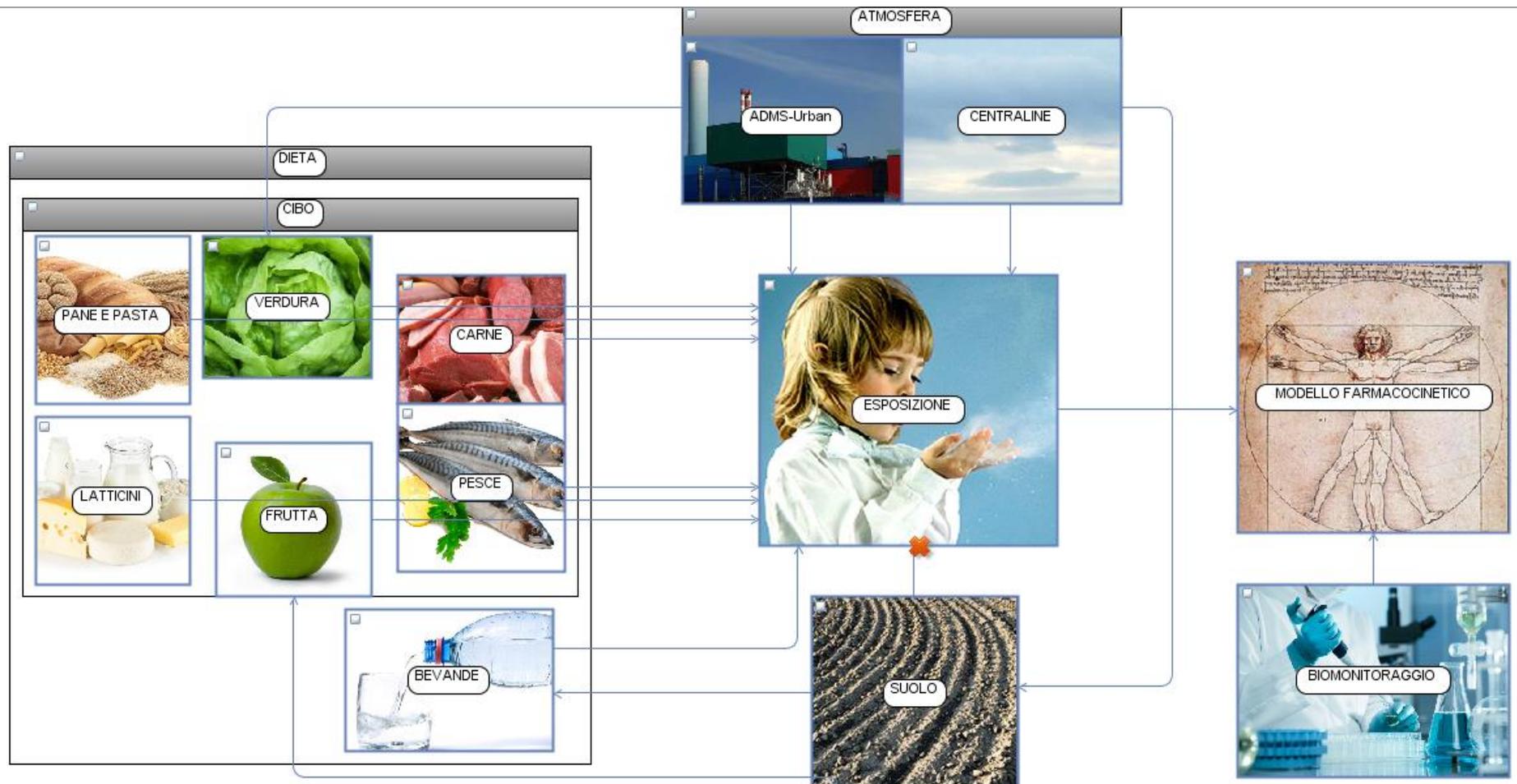
Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria per la Sostenibilità Ambientale

Lorenzo Vaccari , UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA "ENZO FERRARI"



# Il software Merlin-Expo – modello concettuale

- 49 soggetti: 21 E, 28 NE
- Selezione per eliminare eventuali confondenti
- Pb urine, Pb sangue, Ant, Flt



# Risultati delle principali analisi svolte

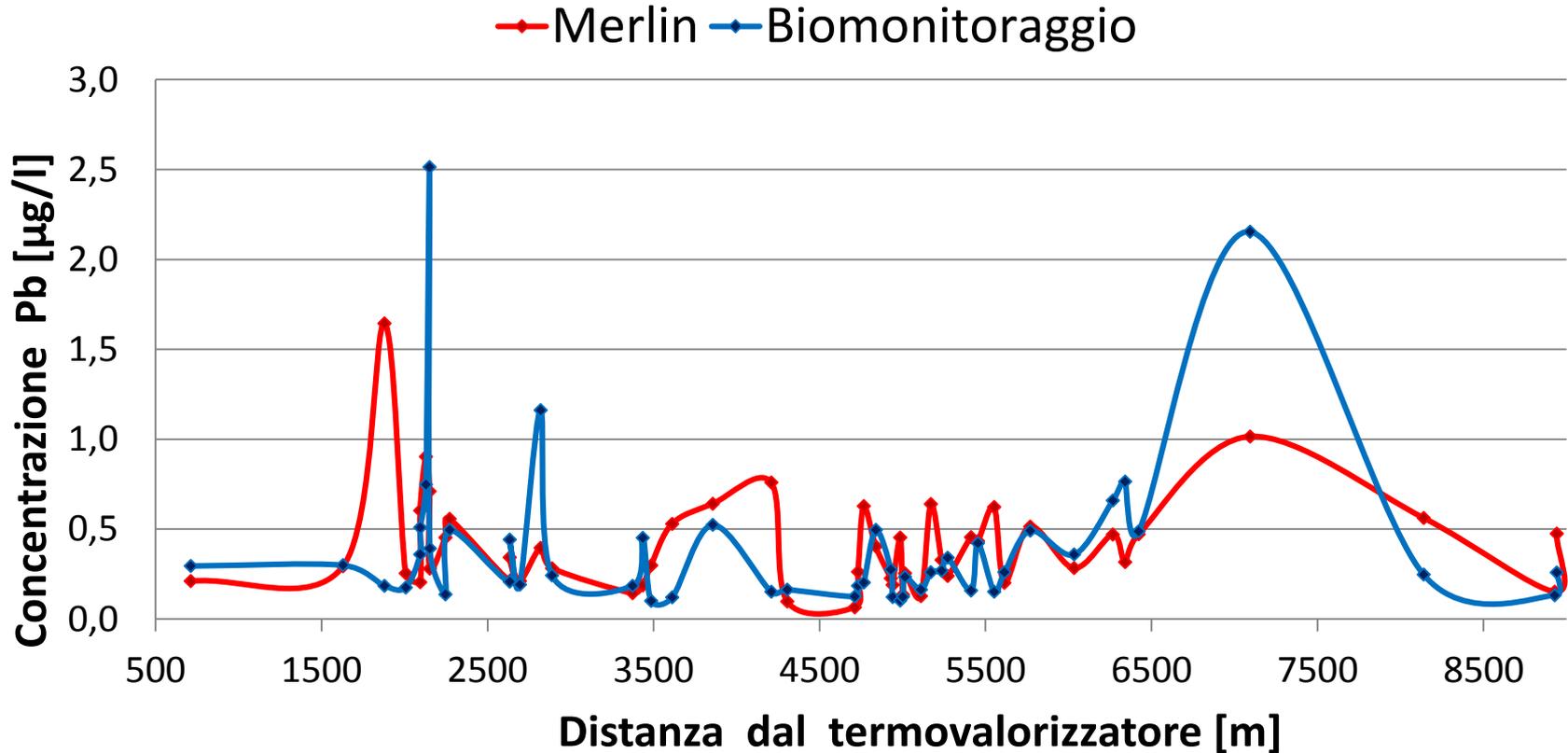
confronto tra le medie dei valori (stime Merlin vs misure biomonitoraggio )

- **Stima perfetta** di **Piombo nelle urine**
- **Sottostima leggera** per l'**Antracene** (1 ordine di grandezza)
- **Sottostima rilevante** per il **Fluorantene** (2 ordini di grandezza)
- **Sottostima** più **evidente** per **Piombo nel sangue** (4 ordini di grandezza)
- **Coefficiente di correlazione medio-basso** per tutti i contaminanti

	Pb urine M (µg/l)	Pb Urine Bio (µg/l)	Ant urine M (ng/l)	Ant Urine Bio (ng/l)	Flt urine M (ng/l)	Flt urine Bio (ng/l)	Pb sangue M (µg/l)	Pb sangue Bio (µg/l)
<b>media</b>	<b><u>0.411</u></b>	<b><u>0.398</u></b>	0.018	0.537	0.056	2.173	7.9E-04	2.516
<b>dev. st.</b>	0.278	0.455	0.010	0.444	0.031	1.795	3.1E-04	1.799
<b>p (K-S)</b>	<b><u>0.106</u></b>		0.000		0.000		0.000	
<b>Spearman</b>	0.35		0.24		<b><u>0.50</u></b>		0.38	

# Analisi della distanza Concentrazione Piombo urine

- Il software coglie parzialmente la variabilità individuale



# Concetto di salute – Definizioni OMS

---

**Salute**: “**stato di completo benessere fisico, psichico e sociale** e non semplice **assenza di malattia e di infermità**”.

**Valutazione di Impatto sulla Salute**: “combinazione di procedure, metodi e strumenti con i quali si possono stimare gli effetti potenziali sulla salute di una popolazione di una politica, piano o progetto e la distribuzione di tali effetti all’interno della popolazione” (Gothenburg consensus paper, WHO 1999)

# Cosa può valutare la VIS

---

- **piano o programma**: interviene a valutare i possibili impatti sulla salute di una serie di attività e progetti collegati tra loro, e diventa di particolare rilevanza ai fini della realizzazione degli interventi, compresi interventi di compensazione per limitare impatti negativi.



VAS

- **politiche**: è strategica, cioè finalizzata all'inclusione nella pianificazione di tutte le misure che consentano di minimizzare gli impatti negativi sulla salute.

- **progetto**: esamina le caratteristiche di una tecnologia, di un'opera, di un impianto, realizzati in una specifica area.



VIA, AIA

# Approcci metodologici per la valutazione degli impatti

Le metodologie HIA e RA provengono da filoni di letteratura/ricerca storicamente diversi

	HIA	RA
Area riferimento	Epidemiologia	Tossicologia
Misura di effetto	Numero casi attribuibili in un periodo di tempo	Indici di rischio/pericolo per esposizione <i>lifetime</i>
Riferimento alla specifica popolazione esposta	Si (incidenza)	No
Funzioni esposizione/risposta	In genere lineare	Differenza cancerogeni/tossici
Sostanze	Poche con RR consolidati (PM, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> ...)	Vasto database tossicologico (es. US-EPA IRIS)
Soglie di accettabilità	No (quale n. casi?)	Si (es. rischio 10 <sup>-6</sup> – 10 <sup>-4</sup> )

# PROPOSTA DI APPROCCIO METODOLOGICO CONGIUNTO

---

- Gruppo di lavoro OMS ha valutato il *burden of disease* relativo ai principali fattori di pressione ambientale in Europa. (Hanninen et al. 2014)
  - ha unificato il contributo della ricerca epidemiologica e tossicologica in termini di funzioni concentrazione-risposta (RR e UR), proponendo formule differenti a seconda della disponibilità di uno o dell'altro, oltre che di informazioni di contesto.
- Lavoro metodologico OMS sulla relazione algebrica fra le due espressioni della relazione concentrazione-risposta

può rappresentare un punto di partenza per un approccio congiunto alle stime di rischio sia relativo a singole sostanze che cumulativo.

# EBODE – METODI DI STIMA

---

**Metodo 1.** In caso di disponibilità della stima di rischio relativo epidemiologico (RR), i casi attribuibili sono calcolati in base alla formula classica della valutazione di impatto epidemiologica:

$$AC = (RR-1) * B * (\Delta C / 10) * P_{exp}$$

**Metodo 2: gli unit risk (UR)** sono utilizzati per stimare la frazione di casi osservati nella popolazione attribuibile all'inquinamento (PAF) per le associazioni esposizione-evento in mancanza delle stime degli RR. Gli UR rappresentano la stima del rischio incrementale per unità di esposizione, sono utilizzati per consentire la stima diretta del numero di casi attribuibili (AC) dai dati di esposizione:

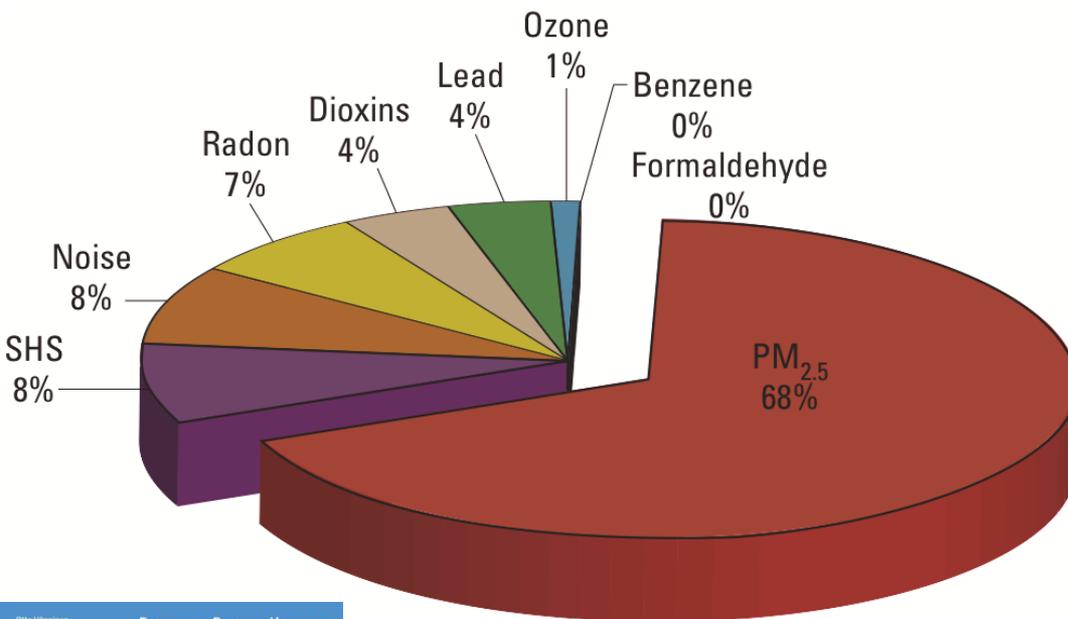
$$AC = E \times UR \times P = R \times P_{exp}$$

*Nel caso di valutazioni retrospettive, il PAF è stimato dalla AC come  $PAF = AC / I$ , dove I è l'incidenza osservata della patologia in esame.*

*Questa impostazione consente di lavorare sui casi attribuibili sia utilizzando il metodo HIA che il metodo RA. Rimane aperta la problematica di definire delle soglie di accettabilità degli effetti basate sul numero di eventi attribuibili piuttosto che su valori di rischio predefiniti.*

# Environmental Burden of Disease in Europe: Assessing Nine Risk Factors in Six Countries

Otto Hänninen,<sup>1</sup> Anne B. Knol,<sup>2</sup> Matti Jantunen,<sup>1</sup> Tek-Ang Lim,<sup>3</sup> André Conrad,<sup>4</sup> Marianne Rappolder,<sup>4</sup> Paolo Carrer,<sup>5</sup> Anna-Clara Fanetti,<sup>5</sup> Rokho Kim,<sup>6</sup> Jurgen Buekers,<sup>7</sup> Rudi Torfs,<sup>7</sup> Ivano Iavarone,<sup>8</sup> Thomas Classen,<sup>9</sup> Claudia Hornberg,<sup>9</sup> Odile C.L. Mekel,<sup>10</sup> and the EBoDE Working Group



Public health impact

Medium  
Low

		Certainty of the assessment		
		High	Medium	Low
Public health impact	High	Particulate air pollution (4,500–10,000)		
	Medium	Secondhand smoke (600–1,200) Radon (450–1,100)	Traffic noise (400–1,500) Lead (100–900)* Ozone (30–140)	Dioxins (200–600)
	Low	Benzene (2–4)		Formaldehyde (0–2)*

# Possibile approccio congiunto

---

## a) Passaggio RA → HIA

A partire dal rischio posso stimare il numero di casi attesi di malattia

$$N = \text{Rischio} \times \text{Pop. Esposta}$$

*Es. rischio =  $1.5 \times 10^{-5}$  sta a significare che sono attesi 1.5 eventi aggiuntivi su 10.000 soggetti esposti in 70 anni (lifetime), 15 casi su 100.000 esposti, ecc.*

## b) Passaggio HIA → RA

Approccio WHO per trasformare RR in Unit Risk

$$UR = \frac{P_0 \times (RR - 1)}{X}$$

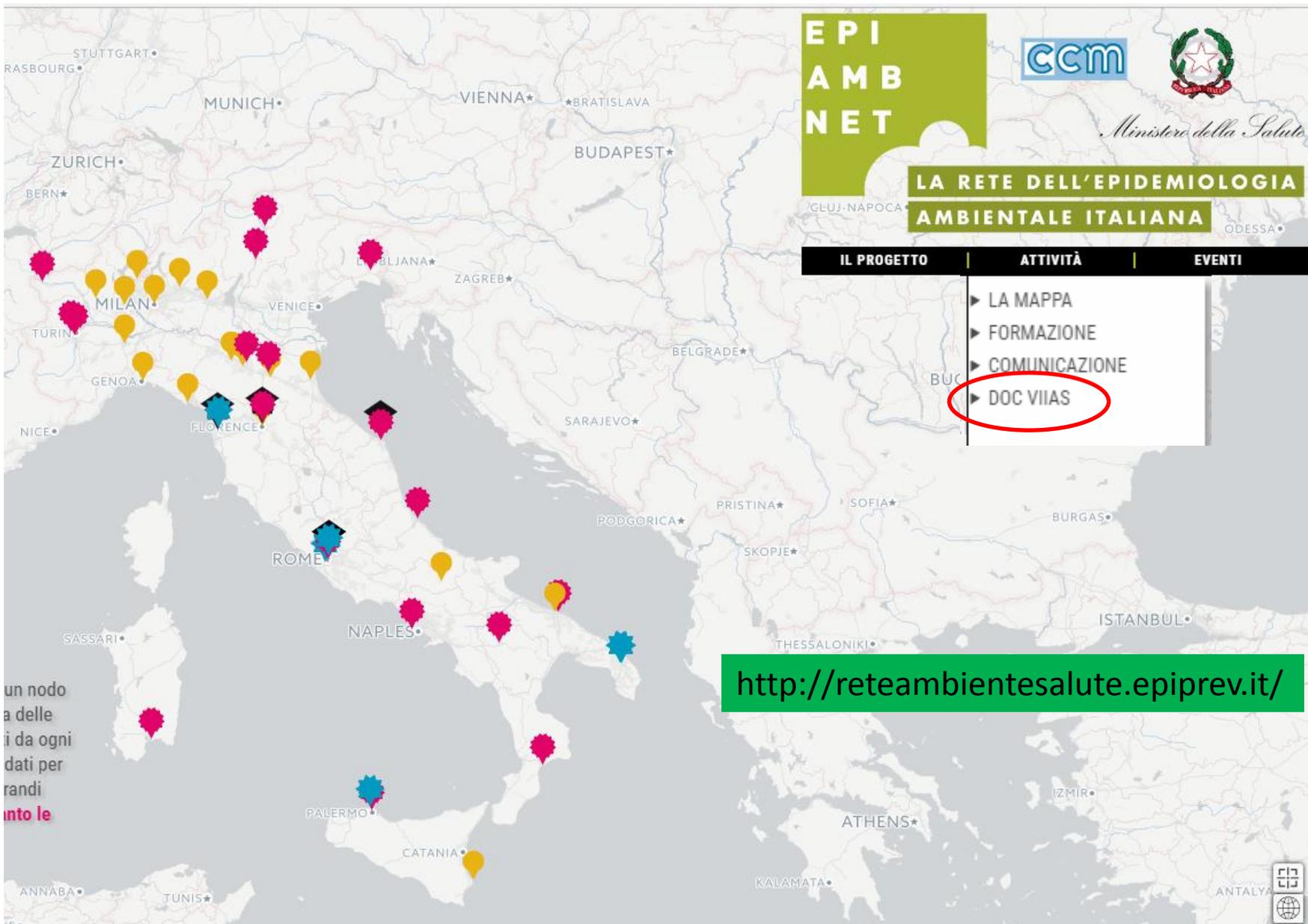
**UR** = unit risk, rischio incrementale per ug/m<sup>3</sup> di esposizione inalatoria

**P<sub>0</sub>** = rischio cumulativo di background di sviluppare un tumore nel corso della vita (0-70 anni), calcolato a partire dai tassi di incidenza età specifici (*lifetable method*)

**RR** = rischio relativo

**X** = esposizione media della popolazione (365 gg/anno, 24 h/gg, in ug/m<sup>3</sup>)

# PROGETTO EPIAMBNET



# PROGETTO EPIAMBNET – linea VIIAS

La **Valutazione Integrata di Impatto Ambientale e Sanitario (VIAS)** offre a chi è chiamato ad assumere e avviare processi decisionali l'opportunità di tenere nel debito conto le conseguenze delle possibili scelte sulla salute delle popolazioni interessate. Nell'iter di valutazione ha un posto di particolare rilievo la stima quantitativa degli impatti sulla salute dei progetti sottoposti a indagine. Le fasi previste dal processo di valutazione sono:

- la definizione della popolazione esposta;
- la quantificazione e distribuzione dei diversi determinanti per un'adeguata valutazione dell'esposizione della popolazione;
- la valutazione dello stato di salute attuale della popolazione e dei fattori che influenzano le condizioni sanitarie della popolazione;
- la definizione degli indicatori da utilizzare per esprimere gli effetti sulla salute, partendo dagli esiti per i quali risulta plausibile un nesso causale con il fattore di rischio oggetto di studio.

Queste fasi, apparentemente semplici da un punto di vista formale, in realtà risultano complesse e spesso cariche di molte incertezze e lacune informative.

Obiettivo della presente linea progettuale è di fornire indicazioni di buone pratiche sui temi sopra esposti, utilizzando cinque casi studio come esempi di applicazione in diverse situazioni caratterizzate da diversi contesti e fattori di rischio ambientali realizzate in diverse regioni.

L'attività tiene conto degli strumenti già messi a punto in altri progetti (ViSPA, T4HIA, linee guida SNPA, VIAS - [www.viias.it](http://www.viias.it)) e si pone in continuità con tali strumenti, andando a definire le procedure di valutazione su situazioni di impatto accertato o presunto, alla luce di esperienze e documenti prodotti dal Sistema Agenziale su metodi ed esempi di valutazione quantitativa del rischio secondo le metodiche del **risk assessment e dell'health impact assessment**

**Il documento finale sarà disponibile entro giugno 2018.**





## valutazione di impatto sulla salute

linea guida  
per proponenti  
e valutatori

Documento finale del progetto "Linee Guida VIS per valutatori e proponenti - T4HIA", finanziato dal CCM - Centro per il Controllo e la prevenzione delle Malattie del Ministero della Salute

Giugno 2016



## Linee guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA, AIA)

Delibera del Consiglio Federale. Seduta del 22/04/2015 Doc. 49/15-Cf



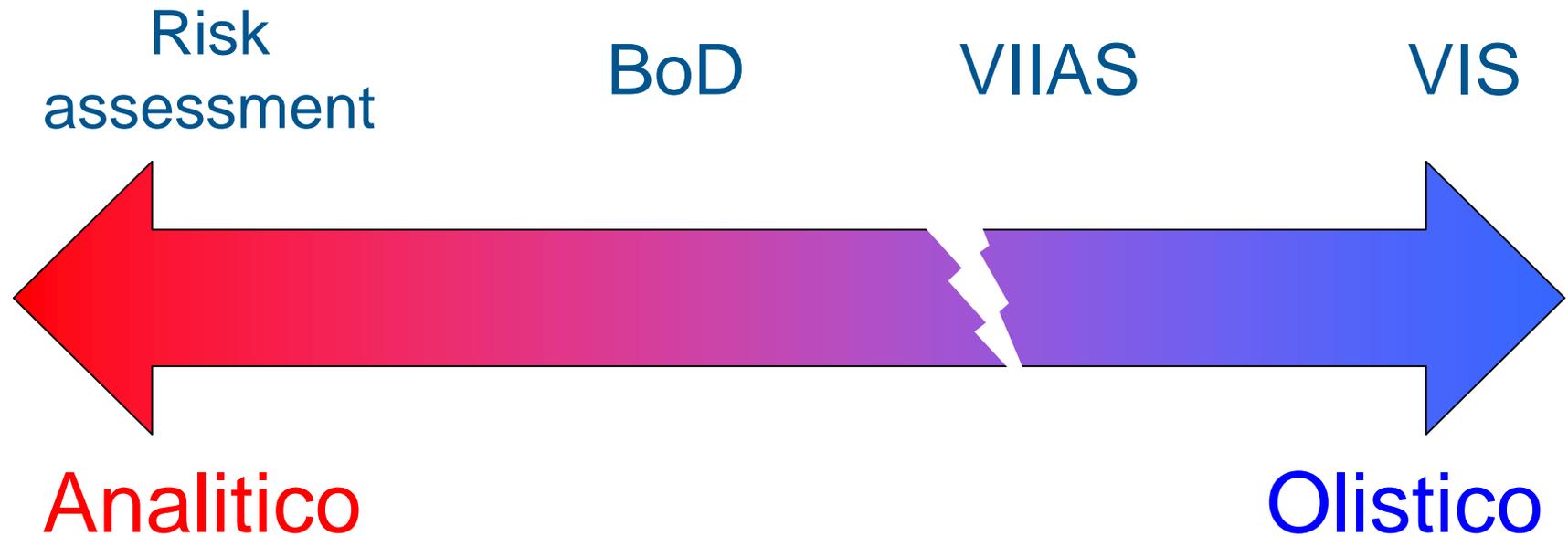
133 / 2016

# PROBLEMATICHE APERTE

---

- 1) introdurre nel *risk assessment* un criterio di soglia non solo sul rischio (es.  $10^{-6}$  o  $10^{-5}$ ), ma anche sul numero di casi attribuibili nell'area di studio ;
- 2) L'approccio di HIA si può presentare come una metodologia "cautelativa", visto che tiene conto dei valori sanitari di background dell'area.
- 3) RA e HIA sono in qualche modo sovrapponibili qualora siano presenti coefficienti di rischio di derivazione epidemiologica (es. BaP WHO).
- 4) PM10 indicatore di esposizione ad altri inquinanti (all as PM10)? O come si selezionano gli inquinanti da considerare
- 5) Approccio retrospettivo o prospettico, -> uso di (RR-1)/RR o RR-1
- 6) Definizione dell'area di studio
- 7) limiti per il *risk assessment* ( $10^{-4}$ ,  $10^{-6}$ )
- 8) Criteri di accettabilità per l'HIA (n. casi?)

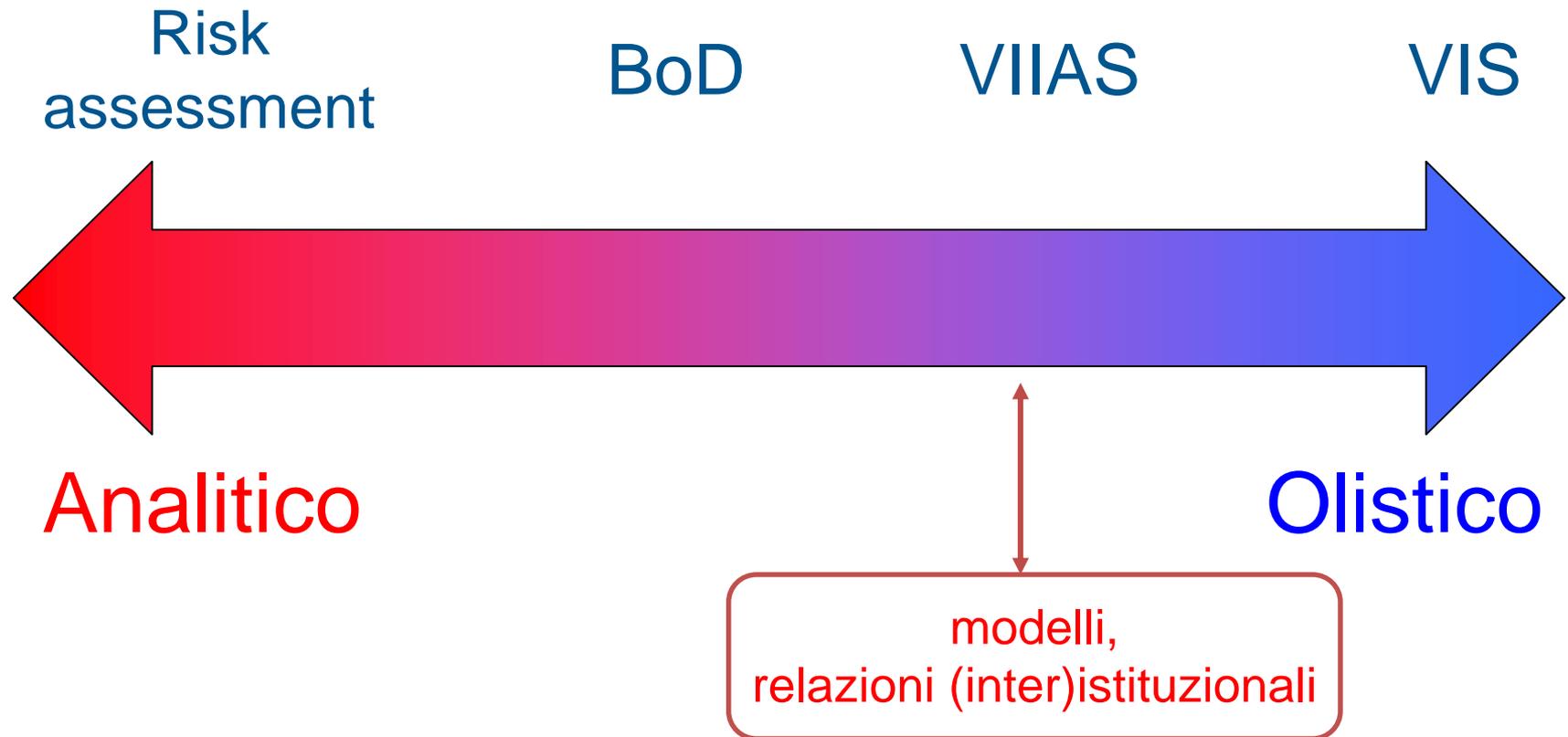
# Conclusioni



(M. Martuzzi – pres. ICSHNet conference Salonicco, 2017)

# Conclusioni

---



---

The word "Grazie" is written in a cursive, handwritten style in blue ink. The letters are connected, and there is a long, horizontal flourish underneath the word.

Andrea Ranzi – [aranzi@arpae.it](mailto:aranzi@arpae.it)





# Burden of disease

- Concetti sviluppati nel 1990 da WHO e World Bank, in collaborazione con l'Università di Harvard

- **Burden of disease (BoD)**

$$\text{BoD [DALY]} = \text{YLL} + \text{YLD}$$

- **YLL** (Years of Life Lost) anni di vita persi dovuti a mortalità prematura
- **YLD** (Years Lived with Disability) anni di vita passati con una disabilità (calcolata usando opportuni pesi - disability weights)

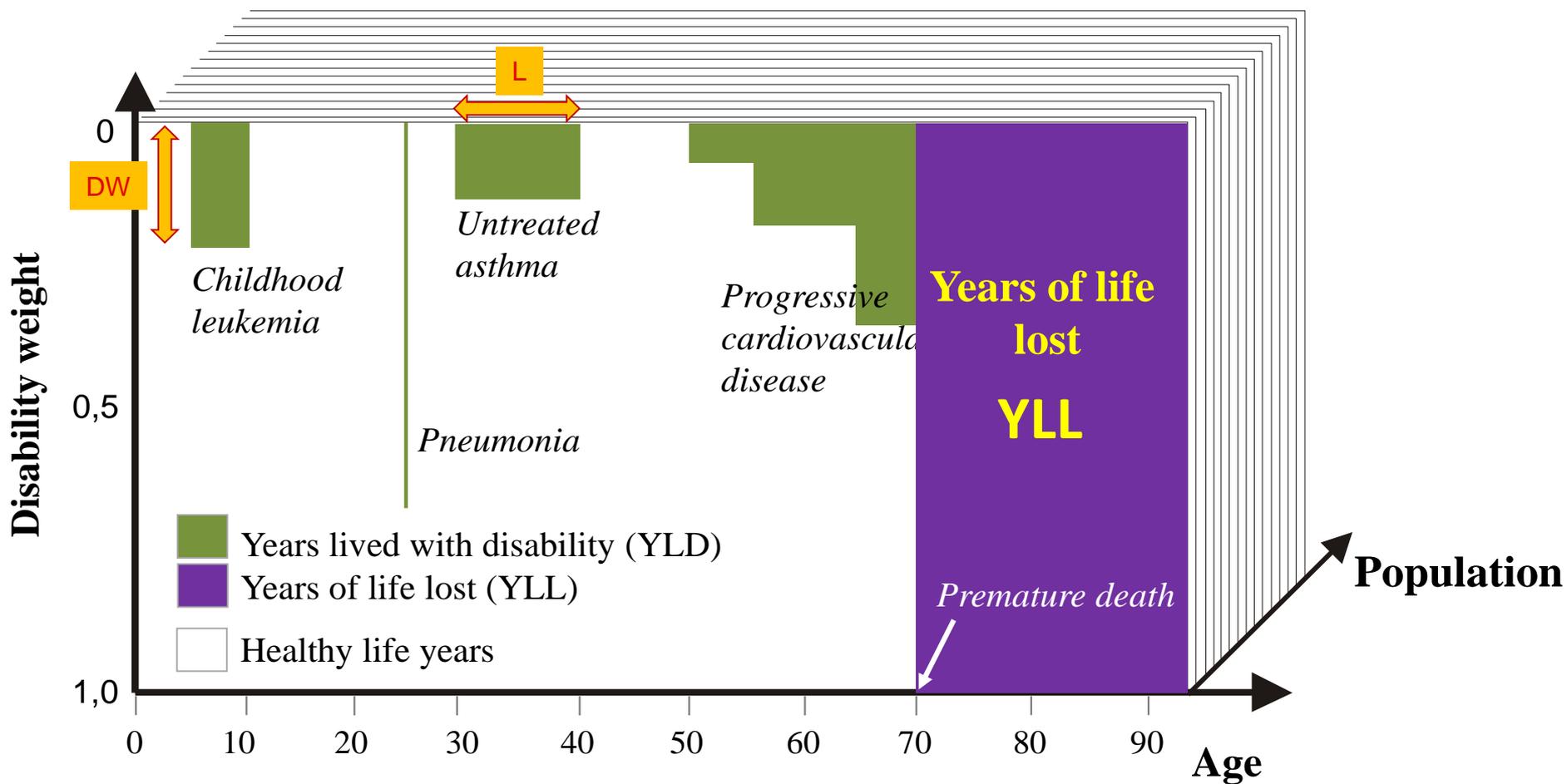
- **environmental burden of disease (EBD)**  $\text{EBD} = \text{PAF} \times \text{BoD}$

- Carico di malattia attribuibile a fattori di rischio ambientale

- **DALY**=unità di misura del BoD

# Disability adjusted lifeyears (DALY)

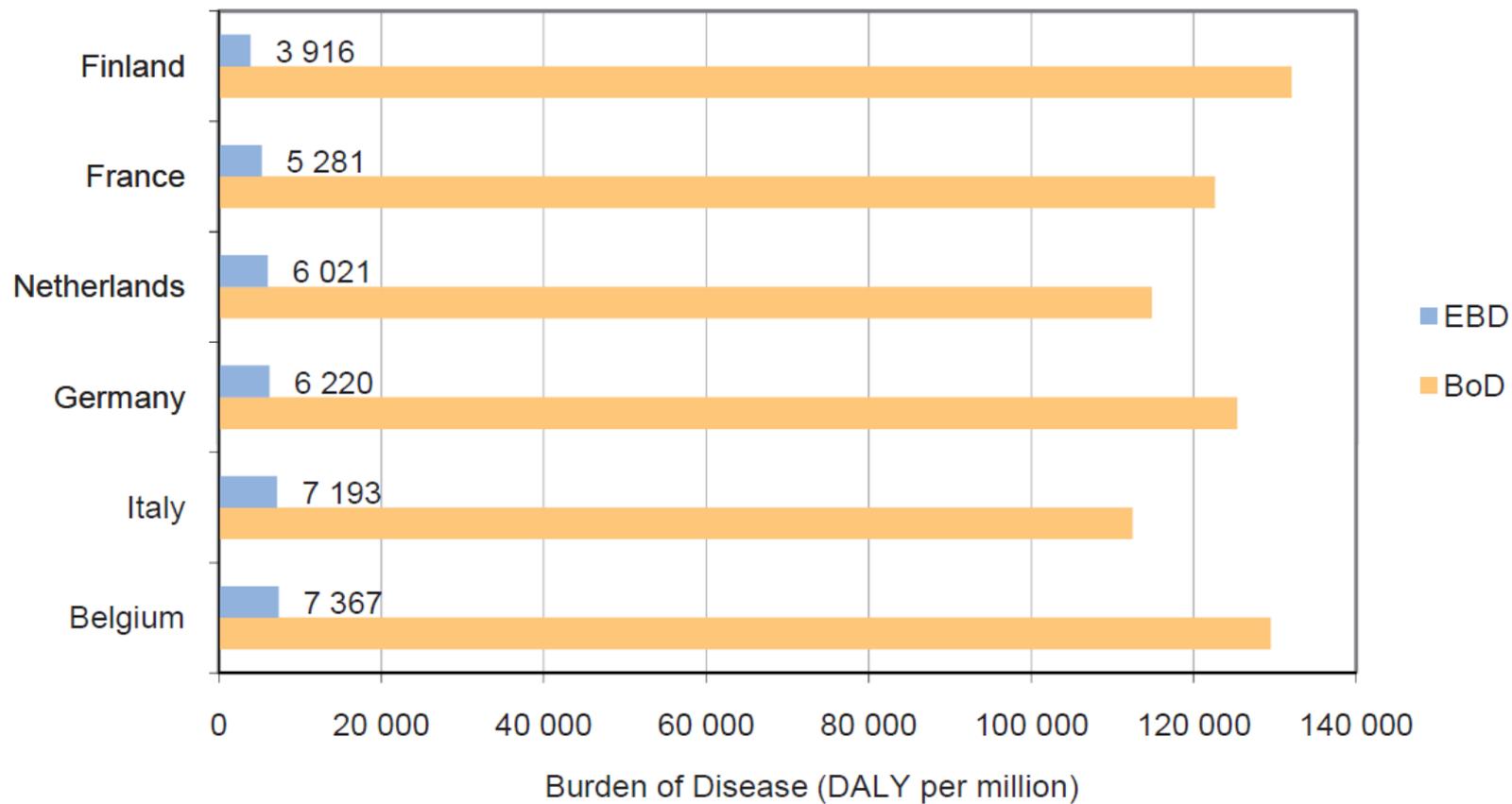
$$DALY = AC \times DW \times L$$



Adopted from Guus de Hollander et al., 1999  
Hänninen, Lehtomäki et al. 2016

1b.2 Metodologie e applicazioni statistiche ed epidemiologiche per conoscere e gestire i rischi ambientali e sanitari da disastri:VIIAS

## Confronto rispetto al carico totale di malattia



Range: 3% (Finlandia) – >6% (Italia)

05/03/2017

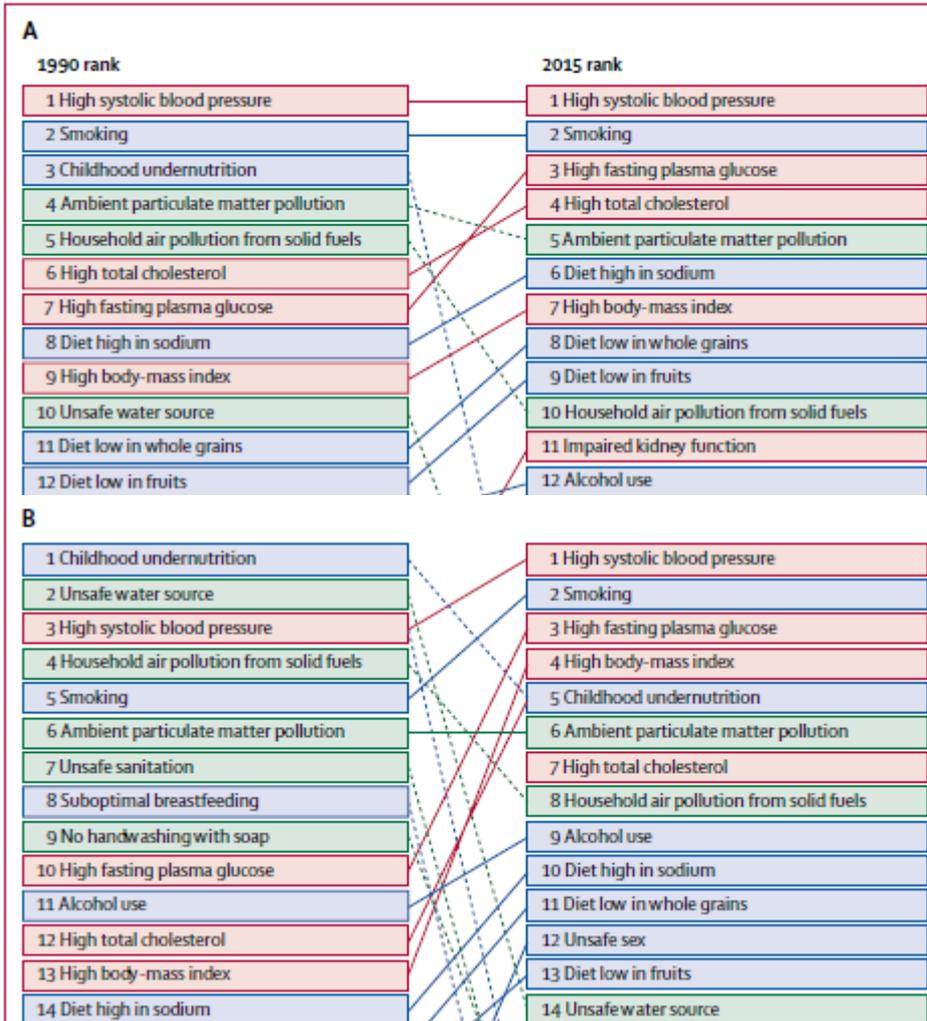
1b.2 Metodologie e applicazioni statistiche ed epidemiologiche per conoscere e gestire i rischi ambientali e sanitari da disastri:VIAS



# Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015

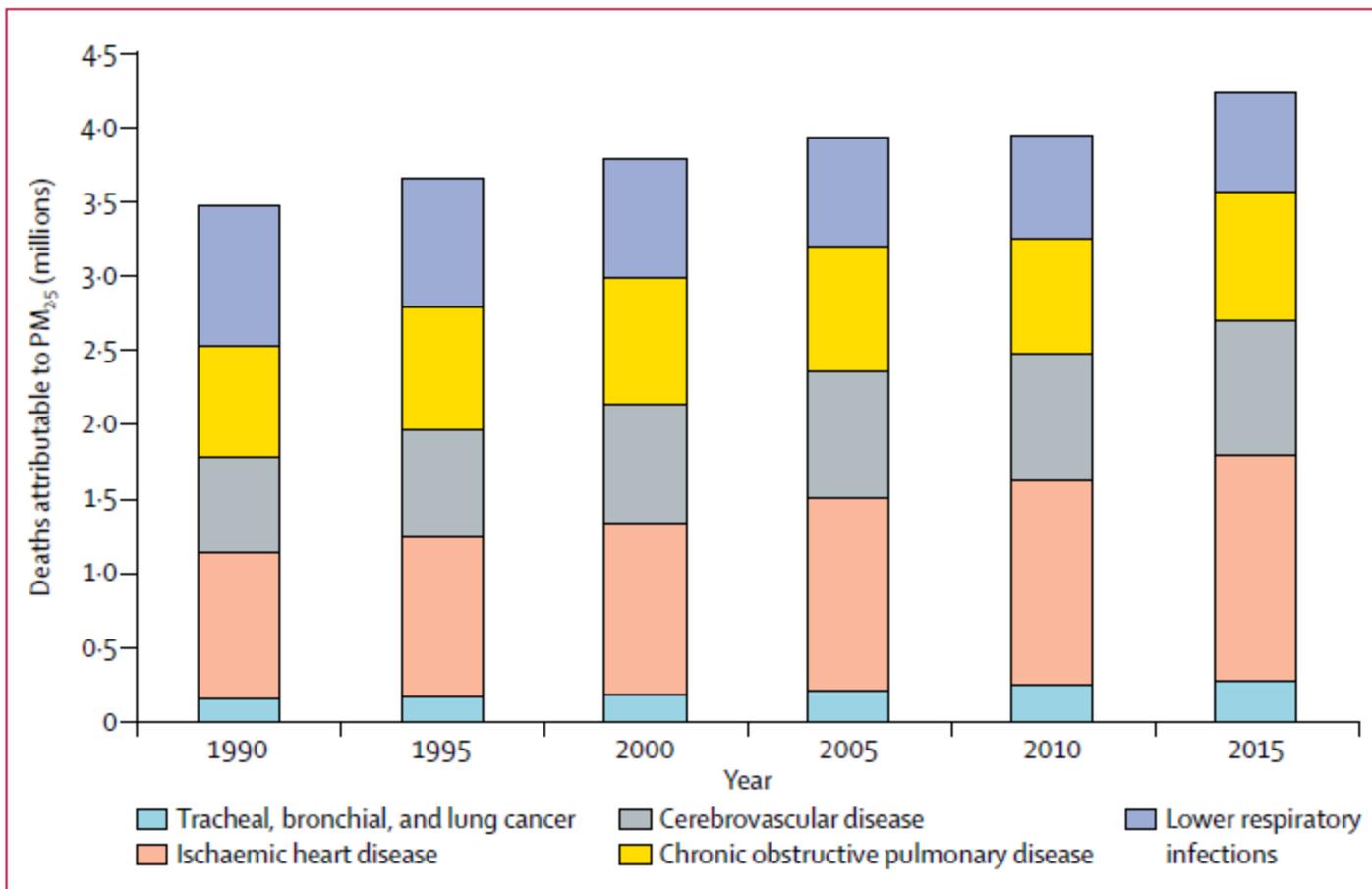
Aaron J Cohen\*, Michael Brauer\*, Richard Burnett, H Ross Anderson, Joseph Frostad, Kara Estep, Kalj Lalit Dandona, Rakhi Dandona, Valery Feigin, Greg Freedman, Bryan Hubbell, Amelia Jobling, Haidon Lidia Morawska, C Arden Pope III, Hwashin Shin, Kurt Straif, Gavin Shaddick, Matthew Thomas, Rita Theo Vos, Christopher J L Murray, Mohammad H Forouzanfar†

**Figure 3: Leading level 3 Global Burden of Diseases global risk factors for deaths (A) and disability-adjusted life-years (B), 1990 and 2015**  
Risks are connected by lines between years; solid lines show risks that have stayed the same or moved higher in the ranking and dashed lines show risks that have moved lower.

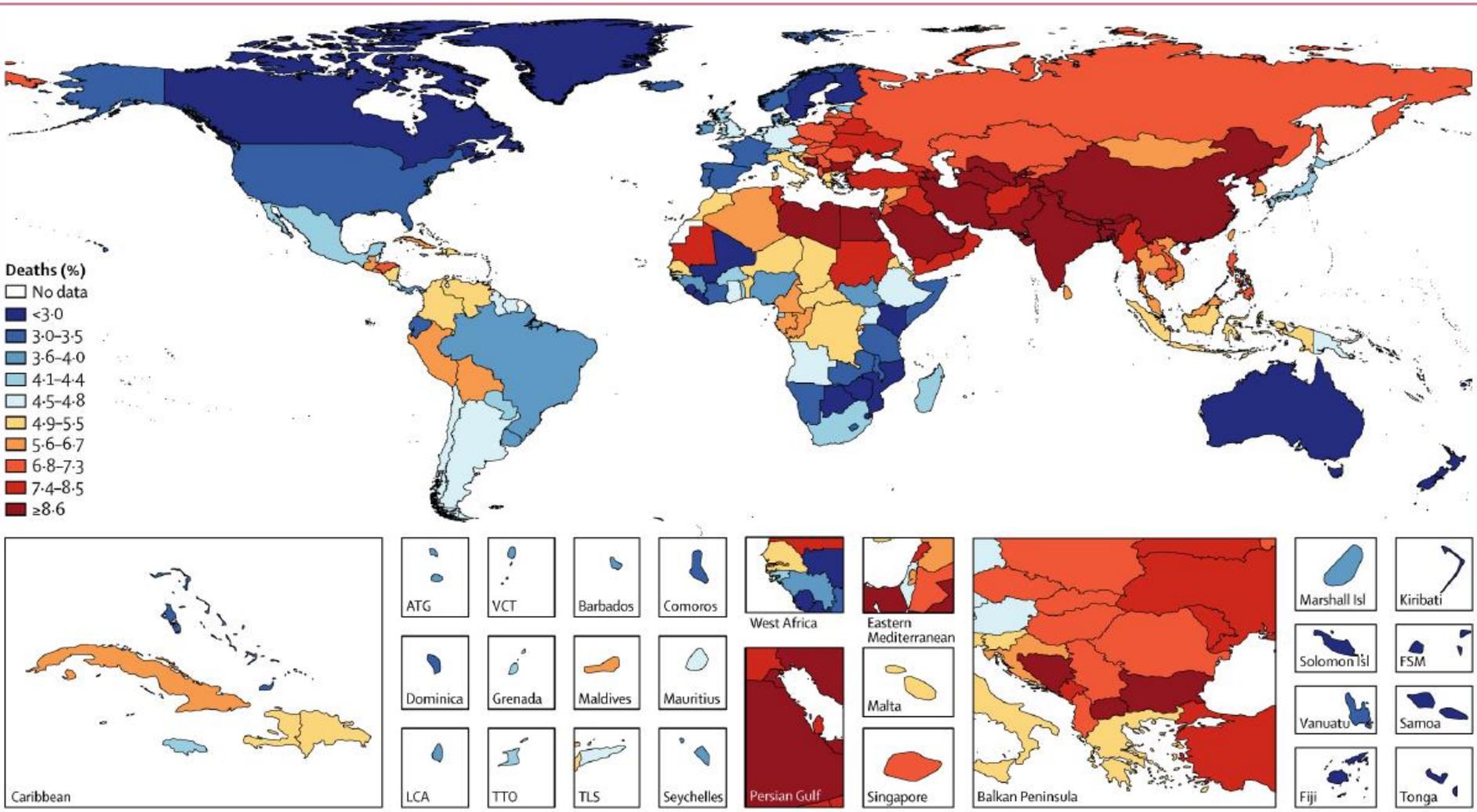


06/05/2017

1b.2 Metodologie e applicazioni statistiche ed epidemiologiche per conoscere e gestire i rischi ambientali e sanitari da disastri:VIAS



**Figure 4: Deaths attributable to ambient particulate matter pollution by year and cause**  
 PM<sub>2.5</sub>=particle mass with aerodynamic diameter less than 2.5 µm.



**Figure 5: Deaths attributable to ambient particulate matter pollution in 2015**  
 ATG=Antigua and Barbuda. FSM=Federated States of Micronesia. Isl=Island. LCA=Saint Lucia. TLS=Timor-Leste. TTO=Trinidad and Tobago. VCT=Saint Vincent and the Grenadines.

*1b.2 Metodologie e applicazioni statistiche ed epidemiologiche per conoscere e gestire i rischi ambientali e sanitari da disastri:VIAS*