

Valutazione dell' Esposizione

Ing. Antonella Vecchio, Dott. Marco Falconi

APAT

Agenzia per la protezione dell' ambiente e per i Servizi Tecnici

Esposizione

$$\text{RISCHIO} = \text{ESPOSIZIONE} \times \text{TOSSICITA'}$$

Definizione

L'Esposizione rappresenta la **dose** (massa per unità di peso corporeo) **giornaliera di contaminante** che entra in contatto con il recettore esposto alla contaminazione **nell'arco dell'intero periodo di esposizione**

E = CDI (Cronic Daily Intake)

EFFETTI CRONICI

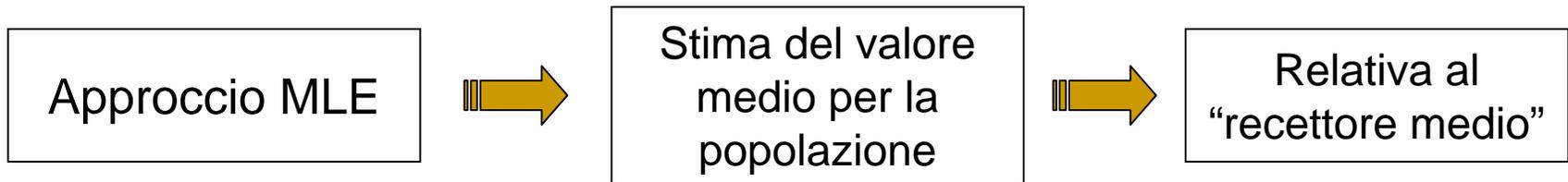
Unità di misura

E [mg_{contaminante} / (Kg_{peso corporeo} *giorno)]

Approcci alla valutazione dell'Esposizione

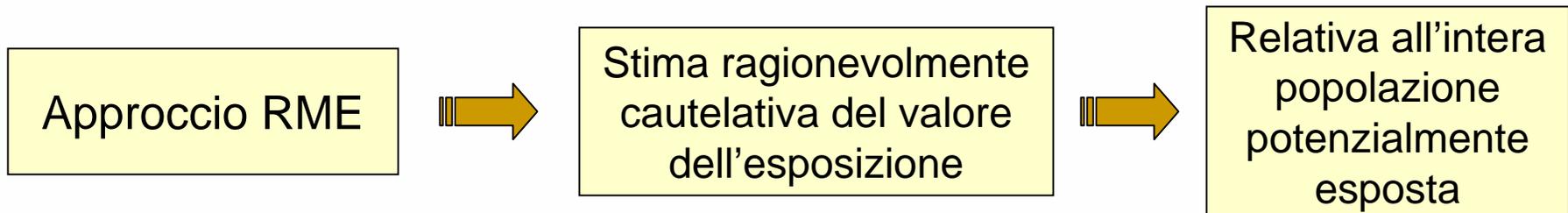
Approccio MLE (Most Likely Exposure)

Viene calcolata l'esposizione media più probabile relativa alla popolazione di recettori esposti



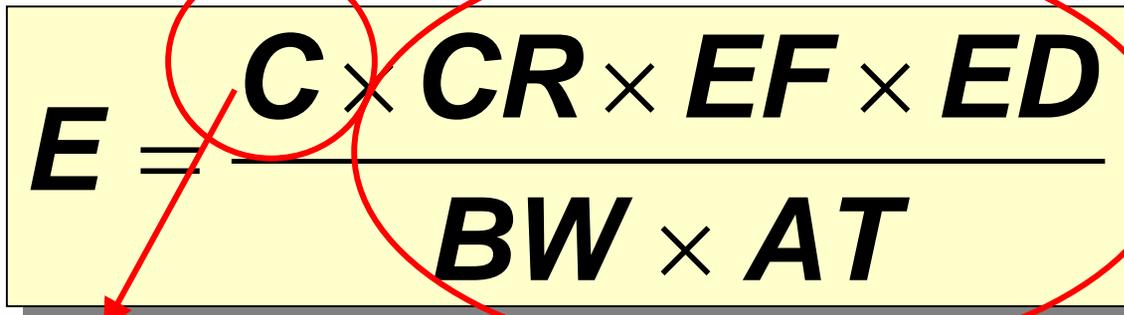
Approccio RME (Reasonable Maximum Exposure)

Viene calcolata l'esposizione massima ragionevolmente possibile relativa alla popolazione di recettori esposti



Approccio RME \Rightarrow **$E = MDI$ (Maximum Daily Intake)**

Formula generica dell'Esposizione

$$E = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$


Concentrazione al punto di esposizione (POE)

Portata effettiva di esposizione (EM)

Concentrazione al POE

- Percorsi diretti: il recettore è direttamente a contatto con la sorgente ($C_{POE} = C_s$)
- Percorsi indiretti: il recettore non è direttamente a contatto con la sorgente e la C_{POE} viene misurata/stimata nella matrice ambientale oggetto dell'esposizione (es. aria nel caso dell'inalazione di vapori da suolo contaminato)

Portata effettiva di Esposizione (EM)

$$EM = \frac{CR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Parametri di Esposizione

- **CR = Tasso di contatto** \Rightarrow Quantità di matrice ambientale che entra in contatto con il recettore (es. **[g/giorno]** di suolo ingeriti, **[m³/giorno]** di aria inalata);
- **EF = Frequenza di esposizione [giorni/anno]** \Rightarrow Numero di giorni all'anno in cui il recettore è esposto alla contaminazione
- **BW = Peso corporeo del recettore [Kg]**
- **ED = Durata di esposizione [anni]** \Rightarrow Numero di anni in cui si stima il recettore sia esposto alla contaminazione
- **AT = Tempo di mediazione [giorni]** \Rightarrow Periodo in cui viene mediata l'esposizione
 - ✓ AT = ED \Rightarrow sostanze tossiche
 - ✓ AT = Durata della vita \Rightarrow sostanze cancerogene

Esempio: Pollo alla diossina

Calcolo dell'Esposizione:

- Concentrazione PCB nei polli:

$$C = 200 \text{ ng}_{\text{PCB}}/\text{g}_{\text{grasso}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ mg}_{\text{PCB}}/\text{g}_{\text{grasso}}$$

- Consumo giornaliero di pollo pro-capite: **50 g_{pollo}/giorno**

- Contenuto di grasso nella carne di pollo: **1g di grasso per 100 g di carne**

- Quantità giornaliera di grasso di pollo assunta:

$$CR = 50 \text{ g}_{\text{pollo}}/\text{giorno} \cdot (1 \text{ g}_{\text{grasso}} / 100 \text{ g}_{\text{pollo}}) = 0,5 \text{ g}_{\text{grasso}}/\text{giorno}$$

- Frequenza di Esposizione: **EF = 365 giorni/anno**

- Durata dell'esposizione: **ED = 70 anni** (tutta la vita)

- Tempo di mediazione: **AT = 70 anni = 2550 giorni** (tutta la vita)

- Peso corporeo adulto: **BW = 70 Kg**

$$E = \frac{(2 \cdot 10^{-4} \text{ mg}_{\text{PCB}} / \text{g}_{\text{grasso}}) \cdot (0,5 \text{ g}_{\text{grasso}} / \text{giorno}) \cdot (365 \text{ giorni} / \text{anno}) \cdot (70 \text{ anni})}{(70 \text{ Kg}) \cdot (2550 \text{ giorni})}$$

$$E = 1,43 \cdot 10^{-6} \text{ mg}_{\text{PCB}} / (\text{Kg} \cdot \text{giorno})$$

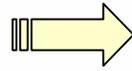
Rischio incrementale cancerogeno associato:

$$R = E \cdot SF_{\text{PCB,ingestione}} = 1,43 \cdot 10^{-6} [\text{mg}_{\text{PCB}} / (\text{Kg} \cdot \text{giorno})] \cdot 2 [\text{mg}_{\text{PCB}} / (\text{Kg} \cdot \text{giorno})]^{-1} = 2,86 \cdot 10^{-6}$$

Scenari di uso del sito



Industriale



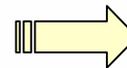
Lavoratori



Residenziale



Ricreativo



Bambini + Adulti

Modalità di Esposizione considerate

- Ingestione di suolo



- Contatto dermico con il suolo



- Ingestione di acqua potabile



ESPOSIZIONE

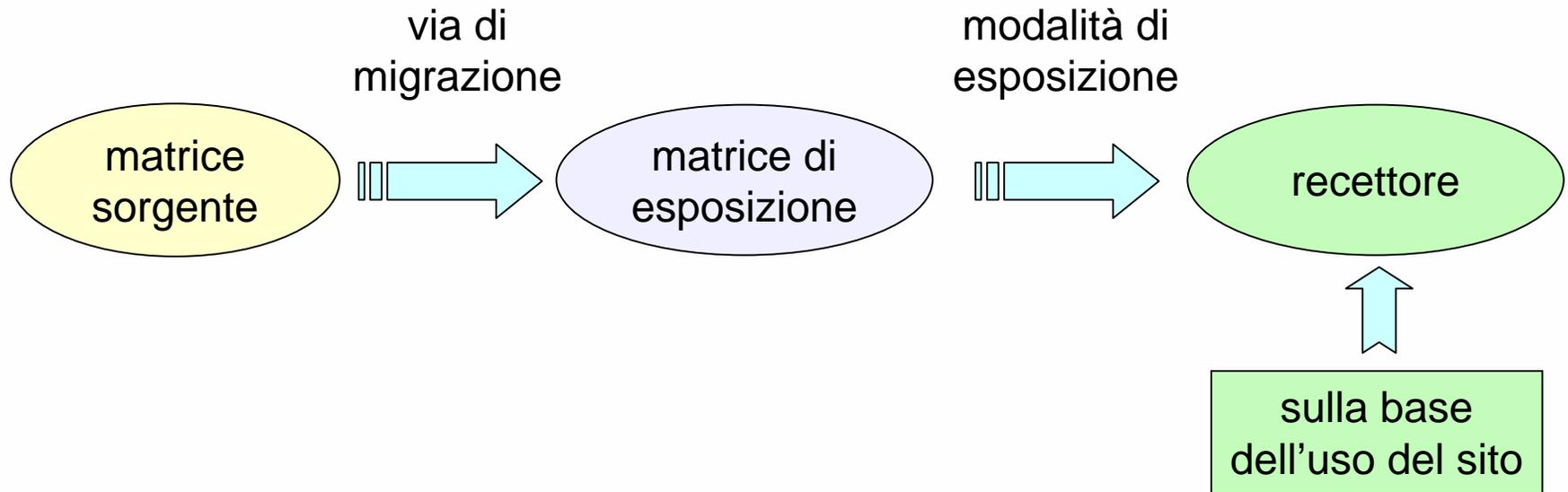
- Inalazione aria outdoor
- Inalazione aria indoor



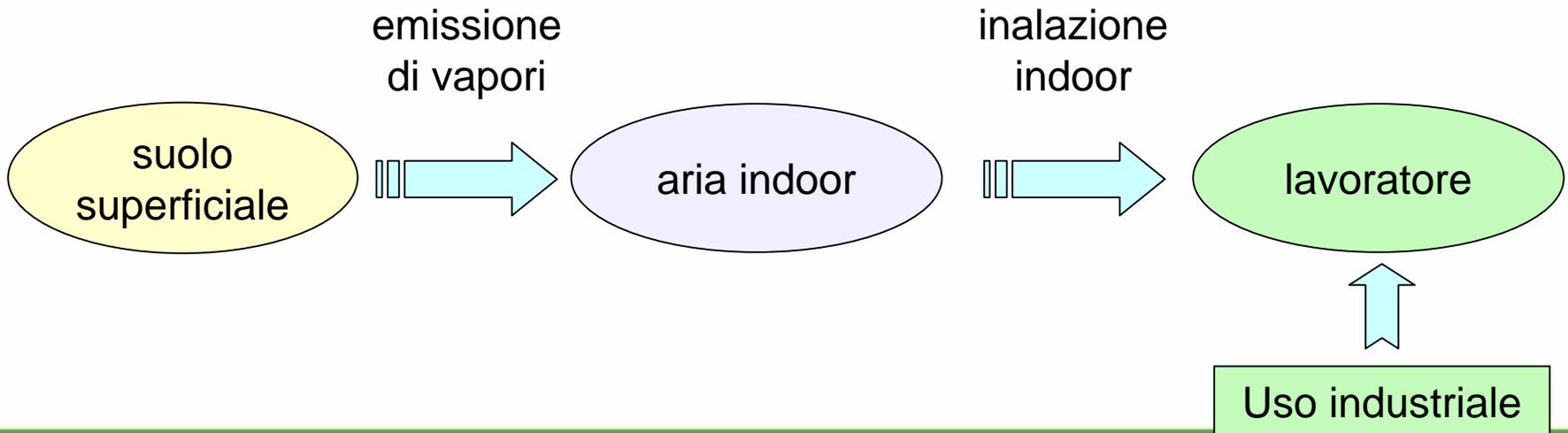
Altre tipologie di esposizione:

- Ingestione accidentale di acqua superficiale (nuotando) (RISC 4.0, RBCA Toolkit)
- Contatto dermico con acqua superficiale (nuotando) (RISC 4.0, RBCA Toolkit)
- Inalazione di vapori durante la doccia (RISC 4.0)

Sorgenti ⇒ Modalità di Esposizione



Esempio:



Sorgenti ⇒ Modalità di Esposizione

Matrice sorgente	Via di migrazione	Matrice di esposizione	Modalità di esposizione	Tipo di esposizione	Uso del sito	Tipologia di Recettore
Suolo superficiale	---	Suolo superficiale	Ingestione di suolo	diretta	Residenziale	Adulto Bambino
					Ricreativo	
					Industriale	Lavoratore
			Contatto dermico con il suolo	diretta	Residenziale	Adulto Bambino
					Ricreativo	
					Industriale	Lavoratore
	Emissione e dispersione di polveri Volatilizzazione e dispersione di vapori in atmosfera	Aria outdoor	Inalazione outdoor	indiretta	Residenziale	Adulto Bambino
					Ricreativo	
					Industriale	Lavoratore
	Emissione e dispersione di polveri Volatilizzazione e dispersione di vapori in atmosfera	Aria indoor	Inalazione indoor	indiretta	Residenziale	Adulto Bambino
					Industriale	Lavoratore
	Lisciviazione e trasporto in falda	Acqua di falda	Ingestione di acqua potabile	indiretta	Residenziale	Adulto Bambino
Industriale					Lavoratore	
Lisciviazione e trasporto dalla falda alle acque superficiali	Acqua superficiale	Ingestione di acqua superficiale	indiretta	Ricreativo	Adulto Bambino	
		Contatto dermico con l'acqua superficiale	indiretta	Ricreativo	Adulto Bambino	

Sorgenti ⇒ Modalità di Esposizione

Matrice sorgente	Via di migrazione	Matrice di esposizione	Modalità di esposizione	Tipo di esposizione	Uso del sito	Tipologia di Recettore
Suolo Profondo	Volatilizzazione e dispersione di vapori in atmosfera	Aria outdoor	Inalazione outdoor	indiretta	Residenziale	Adulto Bambino
					Ricreativo	
					Industriale	Lavoratore
		Aria indoor	Inalazione indoor	indiretta	Residenziale	Adulto Bambino
	Lisciviazione e trasporto in falda	Acqua di falda	Ingestione di acqua potabile	indiretta	Residenziale	Adulto Bambino
					Industriale	Lavoratore
	Lisciviazione e trasporto dalla falda alle acque superficiali	Acqua superficiale	Ingestione di acqua superficiale	indiretta	Ricreativo	Adulto Bambino
			Contatto dermico con l'acqua superficiale	indiretta	Ricreativo	Adulto Bambino

Sorgenti ⇒ Modalità di Esposizione

Matrice sorgente	Via di migrazione	Matrice di esposizione	Modalità di esposizione	Tipo di esposizione	Uso del sito	Tipologia di Recettore
Falda	---	Acqua di falda	Ingestione di acqua potabile	diretta	Residenziale	Adulto Bambino
					Industriale	Lavoratore
	Trasporto in falda	Acqua di falda	Ingestione di acqua potabile	indiretta	Residenziale	Adulto Bambino
					Industriale	Lavoratore
	Volatilizzazione e migrazione di vapori in atmosfera	Aria outdoor	Inalazione outdoor	indiretta	Residenziale	Adulto Bambino
					Ricreativo	
					Industriale	Lavoratore
		Aria indoor	Inalazione indoor	indiretta	Residenziale	Adulto Bambino
	Trasporto dalla falda alle acque superficiali	Acqua superficiale	Ingestione di acqua superficiale	indiretta	Ricreativo	Adulto Bambino
			Contatto dermico con l'acqua superficiale	indiretta	Ricreativo	Adulto Bambino