

I MODELLI PER LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

LA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE INDAGA QUANTO, COME, DA QUANDO E PER QUANTO TEMPO UNA SOSTANZA VIENE A CONTATTO CON GLI INDIVIDUI DI UNA POPOLAZIONE. L'UTILIZZO DI MODELLI RISULTA SPESSO L'UNICA ALTERNATIVA PERCORRIBILE SU AREE GEOGRAFICHE AMPIE CON POPOLAZIONI NUMEROSE.

La corretta valutazione dell'esposizione umana agli inquinanti presenti nell'ambiente, rappresenta uno dei principali elementi critici dell'epidemiologia ambientale e dell'analisi del rischio. Con il termine esposizione si definisce il contatto fra un agente presente in una matrice ambientale e una superficie del corpo umano¹. La valutazione dell'esposizione (*exposure assessment*) indaga quindi quanto, come, da quando e per quanto tempo una sostanza viene a contatto con gli individui di una popolazione (figura 1). A differenza del contesto lavorativo, caratterizzato da esposizioni legate alle mansioni lavorative e da un contesto spazio-temporale definito, l'inquinamento ambientale è in genere caratterizzato da esposizioni multiple, a basse concentrazioni, con elevata diffusione e variabilità spazio-temporale. Si distinguono metodi di valutazione diretti e indiretti (figura 2). I metodi diretti sono generalmente applicabili solo a popolazioni ristrette; l'utilizzo di modelli risulta spesso l'unica alternativa percorribile per la valutazione dell'esposizione su aree geografiche ampie con popolazioni numerose. La seguente trattazione si focalizza sulle metodologie di tipo indiretto.

Si possono identificare tre livelli decisionali importanti nella valutazione dell'esposizione:

1. identificare le modalità di contatto con l'inquinante (inalazione, ingestione ecc.) e i luoghi presso cui i soggetti sono esposti (residenza, luogo di lavoro, scuole e siti sensibili)
2. definire la dimensione temporale di interesse e l'eventuale variabilità dell'esposizione nel tempo
3. valutare l'intensità dell'esposizione, ovvero le concentrazioni ambientali degli inquinanti di interesse.

La modalità di contatto più frequente è l'inalazione, sebbene per alcune sostanze (es. inquinanti persistenti quali diossine, metalli pesanti) l'assunzione attraverso la dieta può rappresentare la via di



FIG. 1 VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

Schema generale del processo di valutazione dell'esposizione.

Fonte: modificato da National Research Council, *Exposure Science in the 21st Century. A vision on strategy*, Washington DC, The National Academies Press, 2012.

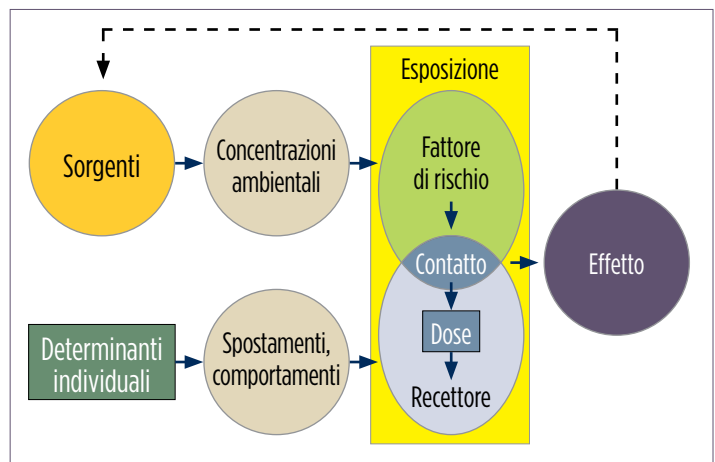
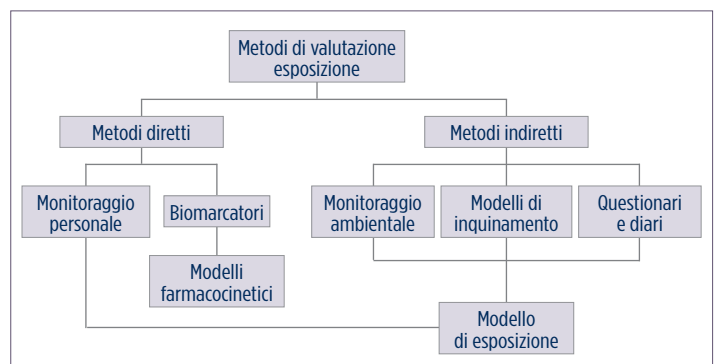


FIG. 2 APPROCCI NELLA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE

Possibili approcci nella valutazione dell'esposizione.

Fonte: modificato da National Research Council, *Human Exposure Assessment for Airborne Pollutants: Advances and Opportunities*, Washington DC, The National Academies Press, 1991.



esposizione più importante. La residenza del soggetto viene solitamente assunta come il luogo di riferimento principale per la definizione dell'esposizione. La migliore localizzazione della residenza avviene attraverso la ricerca delle coordinate geografiche del numero civico (*address geocoding*), con un livello di precisione comunque variabile a seconda dello strumento utilizzato. La localizzazione del luogo di lavoro consente la valutazione dell'esposizione pesata su casa e lavoro e può portare a una migliore definizione dell'esposizione individuale. La dimensione temporale dell'esposizione è funzione dell'effetto sanitario di interesse. Si distinguono misure di esposizione per effetti cronici (es. concentrazione media annua di un inquinante), utilizzate nel caso di studi su mortalità o patologie tumorali, e per effetti acuti (es. variazione giornaliera nelle concentrazioni di inquinanti), di interesse per disturbi a rapida insorgenza quali attacchi d'asma, infarto ecc. La valutazione quantitativa dell'esposizione può essere effettuata a partire dalla misura delle concentrazioni ambientali di inquinanti, (es. dati misurati presso postazioni fisse presenti sul territorio, con attribuzione di pari esposizione ad ampi gruppi di popolazione) oppure tramite modellistica. Il primo approccio privilegia le differenze temporali nei valori di esposizione, di interesse nello studio sugli effetti a breve termine, mentre generalmente l'approccio modellistico è utilizzato in studi sugli

effetti cronici, dove si cerca di definire i gradienti spaziali di esposizione (*tabella 1*). Tra i diversi modelli utilizzabili, in anni recenti hanno avuto ampio sviluppo i *Land Use Regression models* (LUR), modelli statistici che ricostruiscono la relazione tra caratteristiche del territorio (es. traffico, uso del suolo, densità abitativa) e concentrazioni di inquinanti misurate con campagne *ad hoc*, consentendo la stima dei livelli di concentrazione presso gli specifici luoghi in cui la popolazione è esposta. Parallelamente, l'utilizzo di modelli matematici di dispersione degli inquinanti (es. dispersione in atmosfera, trasferimento di inquinanti persistenti tra matrici ambientali) può fornire stime quantitative di esposizione a elevata

risoluzione spaziale e temporale, ove siano note le caratteristiche delle sorgenti emissive di interesse e i processi chimico-fisici che governano la diffusione degli inquinanti nell'ambiente.

Andrea Ranzi¹, Roberto Pasetto², Michele Cordioli¹

- 1. Centro tematico regionale Ambiente e salute, Arpa Emilia-Romagna
- 2. Istituto superiore di sanità

NOTE

¹ D. Baker and M. J. Nieuwenhuijsen, *Environmental Epidemiology. Study methods and application*, Oxford: Oxford University Press, 2008, p. 398.



FOTO: SEBASTIANO PITRUZZELLO - FLICKR - CC

TAB. 1
APPROCCI NELLA
VALUTAZIONE
DELL'ESPOSIZIONE

Possibili approcci
nella valutazione
dell'esposizione.

Tipologia di modello	Descrizione	Campo di applicazione
Distanza (proximity models)	Misura della distanza spaziale tra i soggetti e la sorgente di inquinamento Misura continua o per intervalli discreti (es. cerchi concentrici).	Applicabile a qualsiasi tipologia di sorgente se si assume una relazione diretta tra distanza ed esposizione e una diffusione degli inquinanti omogenea in tutte le direzioni
Interpolazione spaziale	Utilizzo di modelli geostatistici (es. kriging, IDW) per ricostruire i valori di inquinamento in aree geografiche non coperte da misurazioni	Applicabile in presenza di un numero adeguato di siti di misura dell'inquinamento. Consente di ottenere misure quantitative di inquinamento e di ricostruire gradienti spaziali e relazioni dose-risposta
Land Use Regression (LUR)	Modelli statistici che ricostruiscono la relazione tra caratteristiche del territorio (es. traffico, urbanizzazione) e concentrazioni di inquinanti in un determinato punto dello spazio	Utile per la ricostruzione della variabilità dell'inquinamento su scala intra-urbana. I modelli sviluppati sono sito-specifici e dipendono dalle caratteristiche del territorio. Richiedono campagne di misura specifiche (es. NO ₂ , PM)
Modelli di dispersione	Modelli matematici che descrivono i processi che governano la diffusione degli inquinanti nell'ambiente. Necessitano di informazioni sulle sorgenti, le caratteristiche del mezzo di trasporto (es. atmosfera) e del territorio	Utilizzati ove siano disponibili informazioni sufficientemente dettagliate sulle sorgenti di emissione. Ricostruiscono le variazioni spaziali e temporali dell'inquinamento, senza la necessità di estese reti di monitoraggio
Telerilevamento (remote sensing)	Analisi di immagini rilevate da satellite per stimare il livello di inquinamento atmosferico al livello del suolo	Utilizzabili in assenza di reti di monitoraggio (anche se richiedono una calibrazione con dati misurati). La risoluzione di questi modelli è variabile
Modelli recettore (Source Apportionment)	Uso di tecniche statistiche per ricostruire il contributo di ciascuna sorgente emissiva all'inquinamento rilevato	Applicabili ove siano presenti misure dettagliate di inquinamento e sia noto il "profilo chimico" che caratterizza le emissioni di ciascuna sorgente
Modelli multi-comparto/di catena trofica	Modelli matematici che ricostruiscono il trasferimento degli inquinanti tra diversi comparti ambientali (es. aria-suolo-catena alimentare) e stimano la dose assunta da ciascun soggetto esposto	Largamente diffusi nelle procedure di analisi del rischio per la salute ma raramente utilizzati in ambito epidemiologico. Richiedono numerose informazioni e assunzioni sugli stili di vita della popolazione esposta