

Modello “Dispersione in falda”

Il modello “Dispersione in falda” è un modello empirico di screening che permette di stimare la concentrazione di un inquinante rilasciato sul terreno con concentrazione nota e in modalità continua nello spazio 2d sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante stesso e delle caratteristiche del terreno saturo e insaturo.

Il modello consta di 2 componenti di analisi che vengono concatenati durante l'elaborazione dei dati: la lisciviazione e la dispersione in falda.

La lisciviazione consiste nell'infiltrazione d'acqua piovana all'interno del suolo che, a contatto con i contaminanti, dà origine alla formazione di un eluato che percola attraverso lo strato insaturo (zona vadosa) fino a raggiungere la falda, dove poi avvengono fenomeni di diluizione, trasporto e dispersione. Quindi, tale fattore rappresenta il rapporto tra la concentrazione nella sorgente (C_s) e quella che si avrà nella falda. Il fattore di lisciviazione consente di valutare l'attenuazione subita dalla concentrazione di contaminante dovuta al trasporto dalla sorgente di contaminazione, dal suolo profondo o superficiale, alla falda a causa dell'infiltrazione d'acqua nello strato insaturo di suolo ed alla successiva diluizione nell'acquifero superficiale. Quindi, tale fattore rappresenta il rapporto tra la concentrazione nella sorgente e quella che si avrà nella falda.

Il fattore di lisciviazione è stato calcolato seguendo la formula riportata nel manuale IPSRA “Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati”.

$$LF = \frac{K_{ws} * SAM}{LDF}$$

Dove:

K_{ws} è il coefficiente di ripartizione suolo-acqua che tiene conto della ripartizione dell'inquinante tra suolo, acqua e aria;

SAM è il coefficiente di attenuazione del suolo, che tiene conto del percorso che l'inquinante fa per raggiungere la falda;

LDF è il fattore di diluizione, che tiene conto della diluizione che il contaminante subisce, una volta raggiunta la falda, nel passaggio tra terreno insaturo e terreno saturo;

$$K_{ws} = \frac{\rho_s}{\Theta_w + k_d \rho_s H \Theta_a}$$

dove:

ρ_s è la densità del suolo

θ_w è il contenuto volumetrico di acqua

θ_a è il contenuto volumetrico di aria

H è la costante di Henry

K_d è il coefficiente di ripartizione suolo acqua dell'inquinante

$$SAM = \frac{d_z}{L_f}$$

d_z è lo spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)

L_f è la soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente

$$LDF = 1 + \frac{V_{gw} * \delta_{gw}}{I_{ef} * W}$$

V_{gw} è la velocità di Darcy (vedi [#velocità di darcy](#))

δ_{gw} è lo spessore della zona di miscelazione in falda

I_{ef} è l'infiltrazione efficace (vedi [#infiltrazione efficace](#))

W è l'estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda

La dispersione in falda esprime il rapporto tra la concentrazione di un contaminante in corrispondenza della sorgente secondaria in falda, risultato della lisciviazione e la concentrazione al punto di esposizione situato ad una certa distanza dalla sorgente lungo il verso di flusso.

Al fine del calcolo del coefficiente di dispersione in falda una delle soluzioni analitiche più utilizzate è rappresentata dalla soluzione di Domenico, che fornisce la distribuzione delle concentrazioni in un dominio spaziale tridimensionale, in regime variabile, per effetto dell' emissione continua di un contaminante attraverso una sorgente areale, costituita da un piano perpendicolare alla direzione del flusso della falda idrica, avente dimensioni trasversale S_w .

$$\frac{C(x,y,z)}{C_0} = \frac{1}{4} \cdot \exp\left[\frac{x}{2\alpha_x} \cdot \left(1 - \sqrt{1 + \frac{4\lambda_i \alpha_x R_i}{v_e}}\right)\right] \cdot \left[\operatorname{erf}\left(\frac{y + 0.5S_w}{2\sqrt{\alpha_y x}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{y - 0.5S_w}{2\sqrt{\alpha_y x}}\right) \right] \cdot \left[\operatorname{erf}\left(\frac{z + S_d}{2\sqrt{\alpha_z x}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{z - S_d}{2\sqrt{\alpha_z x}}\right) \right]$$

dove $C(x,y,z)$ è la concentrazione nel punto di coordinate x, y, z (punto di conformità); C_0 è la concentrazione in falda alla sorgente; k_s è il coefficiente di biodegradazione del primo ordine; R è il fattore di ritardo dovuto all'assorbimento del contaminante su matrice solida; S_w è la larghezza della sorgente nella direzione y perpendicolare al flusso, $S_d (= gw)$ è l'ampiezza della sorgente nella direzione z perpendicolare al flusso, e R è il fattore di ritardo espresso come

$$R = 1 + k_s \frac{\rho_s}{\theta_T}$$

Al fine di semplificare la formula originale, seguendo quanto riportato da Domenico&Schwartz, 1998, dalla produttoria originale è stata eliminata la componente z e sostituito il coefficiente a moltiplicare di $\frac{1}{4}$ con $\frac{1}{2}$, ottenendo la formula qui seguente, implementata all'interno del modello:

$$\frac{C(x, y, z)}{C_0} = \frac{1}{2} \exp\left[\frac{x}{2\alpha_x} \left(1 - \sqrt{1 + \frac{4\lambda_i \alpha_x R_i}{v_e}}\right)\right] \left[\operatorname{erf}\left(\frac{y + 0.5S_w}{2\sqrt{\alpha_y x}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{y - 0.5S_w}{2\sqrt{\alpha_y x}}\right) \right]$$