

Modalita' di Validazione dei Parametri Sito-specifici da Parte degli Enti di Controllo

Ing. Laura D'Aprile

APAT

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

Parametri Sito-Specifici

Con la nota prot. 00946 del 21/03/07, acquisita dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare al prot. 8242/QdV/DI del 26/03/07, l'APAT ha indicato quali parametri devono essere ricavati su base sito-specifica (misure dirette).

Tali parametri sono stati selezionati sulla base dell'analisi di sensitività riportata nell'Appendice N del manuale e sono stati concordati nell'ambito del gruppo di lavoro APAT-ARPA-ISS-ISPEL.

La lista è composta da **32 parametri** relativi a:

- suolo insaturo
- suolo saturo/falda
- spazi aperti/chiusi (outdoor/indoor)

Suolo Insaturo

- 1) L_{GW} Profondità del piano di falda
- 2) h_v Spessore della zona insatura
- 3) d_a Spessore della falda
- 4) W Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda
- 5) S_w Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda
- 6) A Area della sorgente (rispetto alla direzione del flusso di falda)
- 7) W' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento
- 8) S_w' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento
- 9) A' Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento)

Suolo Insaturo

- 10) $L_s (SS)$ Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.
- 11) $L_s (SP)$ Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.
- 12) L_f Profondità della base della sorgente rispetto al p.c.
- 13) d_s Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)
- 14) d Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)
- 15) L_F Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente
- 16) r_s Densità del suolo
- 17) f_{oc} Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo
- 18) I_{ef} Infiltrazione efficace
- 19) pH pH del suolo insaturo

Suolo Saturo/Falda

- 1) v_{gw} Velocità di Darcy
- 2) K_{sat} Conducibilità idraulica del terreno saturo
- 3) i Gradiente idraulico
- 4) f_{oc} Frazione di carbonio organico nel suolo saturo
- 5) pH pH del suolo saturo
- 6) A_b Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione
- 7) W' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento
- 8) S_w' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento
- 9) A' Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento)

Spazi Aperti/Chiusi (Outdoor/Indoor)

- 1) U_{air} Velocità del vento
- 2) L_{crack} Spessore delle fondazioni/muri
- 3) L_b Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (RES.)
- 4) L_b Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (IND.)
- 5) L_T Distanza tra il top della sorgente nel suolo insaturo (in falda) e la base delle fondazioni
- 6) Z_{crack} Profondità delle fondazioni

Modalità di Determinazione: Suolo Insaturo (1)

- 1) L_{GW} Profondità del piano di falda: valore conservativo rappresentativo determinato statisticamente sulla base di monitoraggi della falda condotti almeno su base annuale (in modo da apprezzare variazioni stagionali)
- 2) h_v Spessore della zona insatura: calcolato indirettamente sulla base del valore assunto dalla profondità del piano di falda rispetto al piano campagna
- 3) d_a Spessore della falda: calcolato indirettamente sulla base del valore assunto dalla profondità del piano di falda e dalla profondità del livello impermeabile che costituisce la base dell'acquifero
- 4) W Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda: determinata su idonea cartografia sulla base dei dati di caratterizzazione e della direzione prevalente del flusso di falda

Modalità di Determinazione: Suolo Insaturo (1)

- 5) S_w Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda: determinata su idonea cartografia sulla base dei dati di caratterizzazione e della direzione prevalente del flusso di falda
- 6) A Area della sorgente (rispetto alla direzione del flusso di falda): rappresenta il prodotto tra W e S_w
- 7) W' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento: determinata su idonea cartografia sulla base dei dati di caratterizzazione e della direzione prevalente del vento (stabilita da una serie storica di dati relativa alla stazione meteo più vicina al sito contaminato)
- 8) S_w' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento: determinata su idonea cartografia sulla base dei dati di caratterizzazione e della direzione prevalente del vento stabilita da una serie storica (almeno 10 anni) di dati relativa alla stazione meteo più vicina al sito contaminato,
- 9) A' Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento): rappresenta il prodotto tra W' e S_w'

Modalità di Determinazione: Suolo Insaturo (2)

- 10) L_s (SS) Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.: determinata sulla base dei dati di caratterizzazione
- 11) L_s (SP) Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.: determinata sulla base dei dati di caratterizzazione
- 12) L_f Profondità della base della sorgente rispetto al p.c.: determinata sulla base dei dati di caratterizzazione
- 13) d_s Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo): determinato sulla base dei dati di caratterizzazione
- 14) d Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo): determinato sulla base dei dati di caratterizzazione
- 15) L_F Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente: determinata sulla base dei dati di caratterizzazione

Modalità di Determianzione: Suolo Insaturo (2)

- 16) r_s Densità del suolo: determinata attraverso prove di laboratorio per la tipologia di terreno rappresentativa (individuata attraverso l'analisi delle stratigrafie e le prove granulometriche). Devono essere eseguite almeno 3 misure dalle quali ricavare un valore rappresentativo.
- 17) f_{oc} Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo: determinata attraverso prove di laboratorio per la tipologia di terreno rappresentativa. Devono essere effettuate almeno 3 misure e deve essere selezionato un valore rappresentativo
- 18) I_{ef} Infiltrazione efficace: può essere determinata mediante l'applicazione delle formule riportate nel manuale APAT-ARPA-ISS-ISPEL utilizzando dati di piovosità ricavati da serie storiche (almeno 10 anni) di dati relative alla stazione meteo più vicina al sito contaminato
- 19) pH del suolo insaturo : determinato attraverso prove di laboratorio per la tipologia di terreno rappresentativa. Devono essere effettuate almeno 3 determinazioni dalle quali ricavare un valore rappresentativo

Modalità di Determinazione: Suolo Saturo

- 1) v_{gw} Velocità di Darcy: prodotto tra K_{sat} e i
- 2) K_{sat} Conducibilità idraulica del terreno saturo: ricavata preferibilmente mediante l'esecuzione di prove in situ (almeno 3 dati)
- 3) i Gradiente idraulico: ricavato per via cartografica attraverso la rappresentazione delle curve isopiezometriche
- 4) f_{oc} Frazione di carbonio organico nel suolo saturo: determinata attraverso prove di laboratorio. Per la litologia rappresentativa del suolo saturo devono essere effettuate almeno 3 determinazioni e deve essere selezionato un valore rappresentativo
- 5) pH pH del suolo saturo: determinato da prove di laboratorio. Per la litologia rappresentativa del suolo saturo devono essere effettuate almeno 3 determinazioni dalle quali ricavare un valore rappresentativo

Modalità di Determinazione: Suolo Saturo

- 6) A_b Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione: ricavata mediante idonea cartografia con indicazione delle aree pavimentate (da verificare mediante sopralluogo)
- 7) W' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento: determinata su idonea cartografia sulla base dei dati di caratterizzazione e della direzione prevalente del vento (stabilita da una serie storica di dati relativa alla stazione meteo più vicina al sito contaminato)
- 8) S_w' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento: determinata su idonea cartografia sulla base dei dati di caratterizzazione e della direzione prevalente del vento (stabilita da una serie storica di dati relativa alla stazione meteo più vicina al sito contaminato)
- 9) A' Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento): rappresenta il prodotto tra W' e S_w'

Modalità di Determinazione: Indoor/Outdoor

- 1) U_{air} Velocità del vento: stabilita attraverso una serie storica di dati relativa (almeno 10 anni) alla stazione meteo più vicina al sito contaminato (deve registrare anche venti con intensità $< 0,5$ m/s)
- 2) L_{crack} Spessore delle fondazioni/muri: determinato per tutte le tipologie di edifici presenti sul sito contaminato attraverso l'analisi della cartografia disponibile (planimetrie, sezioni costruttive, elaborati progettuali). Il valore selezionato sarà quello relativo all'edificio con caratteristiche più conservative (ad es. edifici interrati, edifici con poco ricambio d'aria, edifici con maggiore permanenza di lavoratori/residenti).
- 3) L_b Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (RES.): determinato per tutte le tipologie di edifici presenti sul sito contaminato attraverso l'analisi della cartografia disponibile (planimetrie, sezioni costruttive, elaborati progettuali). Il valore selezionato sarà quello relativo all'edificio con caratteristiche più conservative (ad es. edifici interrati, edifici con poco ricambio d'aria, edifici con maggiore permanenza di lavoratori/residenti).

Modalità di Determinazione: Indoor/Outdoor

- 4) L_b Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (IND.): determinato per tutte le tipologie di edifici presenti sul sito contaminato attraverso l'analisi della cartografia disponibile (planimetrie, sezioni costruttive, elaborati progettuali). Il valore selezionato sarà quello relativo all'edificio con caratteristiche più conservative (ad es. edifici interrati, edifici con poco ricambio d'aria, edifici con maggiore permanenza di lavoratori/residenti).
- 5) L_T Distanza tra il top della sorgente nel suolo insaturo (in falda) e la base delle fondazioni: determinata per tutte le tipologie di edifici presenti sul sito contaminato attraverso l'analisi della cartografia disponibile (planimetrie, sezioni costruttive, elaborati progettuali). Il valore selezionato sarà quello relativo all'edificio con caratteristiche più conservative (ad es. edifici interrati, edifici con poco ricambio d'aria, edifici con maggiore permanenza di lavoratori/residenti).

Modalità di Determinazione: Indoor/Outdoor

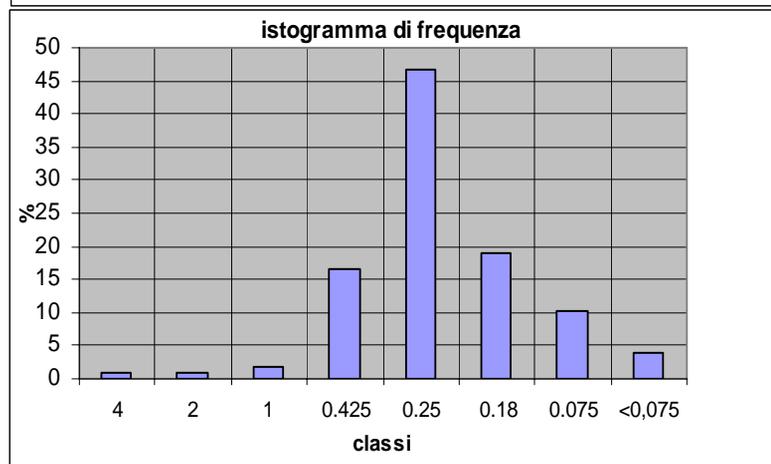
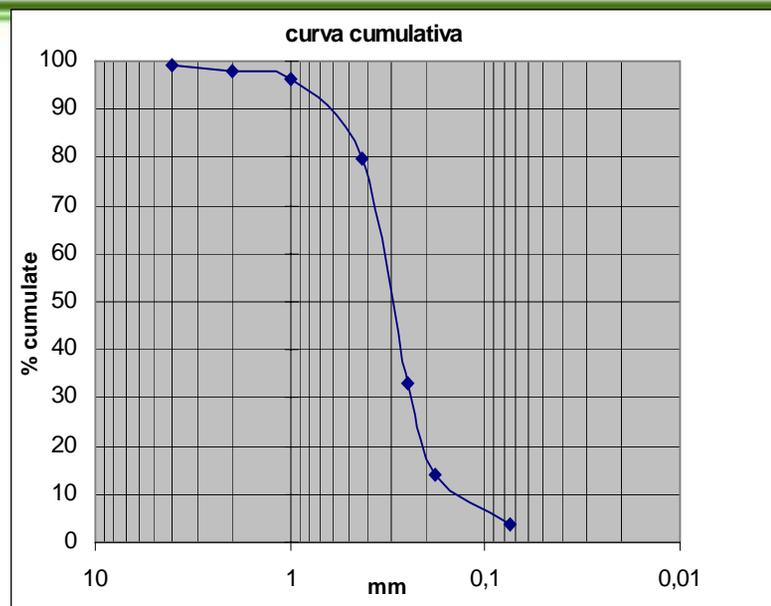
- 6) Z_{crack} Profondità delle fondazioni: determinata per tutte le tipologie di edifici presenti sul sito contaminato attraverso l'analisi della cartografia disponibile (planimetrie, sezioni costruttive, elaborati progettuali). Il valore selezionato sarà quello relativo all'edificio con caratteristiche più conservative (ad es. edifici interrati, edifici con poco ricambio d'aria, edifici con maggiore permanenza di lavoratori/residenti).

Determinazione del Kd

- ✓ E' consentita, su richiesta del proponente, la determinazione sito-specifica del Kd (coefficiente di ripartizione solido-liquido).
- ✓ Deve essere applicato il metodo sviluppato da APAT ed ISS (vedi presentazione ISS) pubblicato sul sito web dell'APAT (www.apat.it → Siti Contaminati → Analisi di Rischio)

Analisi Granulometrica

Se la porosità totale ed effettiva, il contenuto volumetrico d'aria e d'acqua del terreno e lo spessore della frangia capillare sono ricavati indirettamente a partire dalla tessitura del terreno è opportuno stimare quest'ultima attraverso l'analisi granulometrica (tale parametro è richiesto anche per la stima indiretta dell'infiltrazione efficace). L'analisi granulometrica sarà eseguita mediante vagliatura meccanica (setacci ASTM) e aerometria (per grani con $\varnothing < 0.06$ mm). L'analisi granulometrica permette di determinare la distribuzione delle particelle di un terreno in base al loro diametro. Dalla distribuzione percentuale delle tre frazioni granulometriche con diametro inferiore a 2mm (sabbia, limo e argilla) si caratterizza la



tessitura mediante diagrammi triangolari come quello proposto dall'United States of Agriculture (USDA – Soil Conservation Service, 1951).

Suolo Insaturo: valori conservativi (1)

- 1) L_{GW} Profondità del piano di falda: in generale il valore massimo risulta maggiormente conservativo se l'analisi di rischio riguarda i terreni. Il parametro entra direttamente in V_{Fwamb} e V_{fwesp} e indirettamente nella determinazione di LF (SAM) pertanto quando il percorso principale è l'inalazione da falda e/o la lisciviazione in falda il valore più conservativo è il minimo.
- 2) h_v Spessore della zona insatura: VEDI L_{GW}
- 3) d_a Spessore della falda: entra nel calcolo di d_{gw} e quindi di LF. Il valore maggiormente conservativo è il minimo
- 4) W Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda: valore massimo
- 5) S_w Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flusso di falda: valore massimo

Suolo Insaturo: valori conservativi (1)

- 6) A Area della sorgente (rispetto alla direzione del flusso di falda):
valore massimo
- 7) W' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione
principale del vento: valore massimo
- 8) S_w' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione
ortogonale a quella principale del vento : valore massimo
- 9) A' Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento):
valore massimo
- 10) $L_s (SS)$ Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale
rispetto al p.c.: in generale il valore più conservativo è il minimo
(compreso tra 0 e - 1 m da p.c.)

Suolo Insaturo: valori conservativi (2)

- 11) $L_{s (SP)}$ Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.: in generale il valore più conservativo è il minimo (compreso tra -1 m e L_{gw})
- 12) L_f Profondità della base della sorgente rispetto al p.c.: valore massimo
- 13) d_s Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo): valore massimo
- 14) d Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo) : valore massimo
- 15) L_F Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente: Il parametro entra solo nella determinazione di LF (SAM) pertanto il valore più conservativo è il minimo.

Suolo Insaturo: valori conservativi (2)

- 16) R_s Densità del suolo: in generale il valore più conservativo è il massimo
- 17) f_{oc} Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo: valore minimo
- 18) I_{ef} Infiltrazione efficace: valore massimo
- 19) pH pH del suolo insaturo: influenza il K_d in modo differente (dipende dalle caratteristiche della sostanza). Se sono disponibili misure di K_d sito-specifiche fare riferimento alle misure effettuate, altrimenti assumere valore medio.

Suolo Saturo/Falda: Valori Conservativi

- 1) v_{gw} Velocità di Darcy: valore più basso in LF (lisciviazione) e valore più elevato in 1/DAF(diluizione/attenuazione) con $l \neq 0$
- 2) K_{sat} Conducibilità idraulica del terreno saturo: valore più basso in LF (lisciviazione) e valore più elevato in 1/DAF(diluizione/attenuazione) con $l \neq 0$
- 3) i Gradiente idraulico: valore più basso in LF (lisciviazione) e valore più elevato in 1/DAF(diluizione/attenuazione) con $l \neq 0$
- 4) f_{oc} Frazione di carbonio organico nel suolo saturo: valore minimo
- 5) pH pH del suolo saturo: influenza il K_d in modo differente (dipende dalle caratteristiche della sostanza). Se sono disponibili misure di K_d sito-specifiche fare riferimento alle misure effettuate, altrimenti assumere valore medio.

Suolo Saturo/Falda: Valori Conservativi

- 6) A_b Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione: valore massimo
- 7) W' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento: valore massimo
- 8) S_w' Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione ortogonale a quella principale del vento: valore massimo
- 9) A' Area della sorgente (rispetto alla direzione prevalente del vento): valore massimo

Spazi Aperti/Chiusi: Valori Conservativi

- 1) U_{air} Velocità del vento: valore minimo
- 2) L_{crack} Spessore delle fondazioni/muri: valore minimo
- 3) L_b Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (RES.):
valore minimo
- 4) L_b Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (IND.):
valore minimo
- 5) L_T Distanza tra il top della sorgente nel suolo insaturo (o in falda)
e la base delle fondazioni: valore minimo
- 6) Z_{crack} Profondità delle fondazioni: nel caso di edifici fuori
terra valore minimo (coincide con lo spessore delle fondazioni),
nel caso di edifici interrati, valore massimo (aumenta l'area di
infiltrazione)

Validazione dei dati da parte degli Enti di Controllo

- ✓ Per i parametri ρ_s , f_{oc} , pH, e, ove proposto, K_d , si richiede la validazione analitica di almeno 1 campione da parte di ARPA
- ✓ Per il parametro K_{sat} si richiede almeno il controllo in campo dell'ARPA sulle modalità di esecuzione delle prove *in situ* (o il controllo delle modalità di esecuzione delle prove in laboratorio)
- ✓ Per il parametro A_b (Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione) si richiede la verifica in campo da parte dell'Ente di Controllo dell'estensione e dell'ubicazione delle aree pavimentate
- ✓ Per tutti gli altri parametri sito-specifici deve essere verificata dall'Ente di Controllo, in fase istruttoria, la documentazione presentata per la condivisione delle scelte effettuate dal proponente

Attenzione a....

✓ I valori di velocità del vento forniti dalle centraline meteorologiche, in genere, corrispondono a misure effettuate alla quota di 10 m dal p.c. (40 m per le centraline antincendio). Per stimare il valore di velocità alla quota di 2 m, e quindi in corrispondenza della zona di miscelazione, è possibile applicare la seguente relazione empirica [S.R. Hanna et al., 1982]:

$$\frac{U_{air}(z_1)}{U_{air}(z_2)} = \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^p \quad (3.2.14)$$

dove “p” è funzione della classe di stabilità atmosferica e della rugosità del suolo (vedi manuale APAT-ARPA-ISS-ISPEL)

✓ Le centraline meteo possono non registrare veti con velocità < 0,5 m/s che costituiscono in diversi casi la componente prevalente alla quale associare la direzione principale del vento

Attenzione a....

- ✓ Per la validazione dei dati è necessario coinvolgere un “pool” di tecnici in grado di valutare i parametri presentati, ciascuno per le proprie competenze (geologiche, idrogeologiche, ingegneristiche, chimiche, ecc.)
- ✓ Ai proponenti devono essere richiesti documenti “self-standing” ovvero che contengano tutti gli elementi necessari all’Ente di Controllo per poter effettuare le proprie valutazioni (dati di caratterizzazione completi, certificati analitici, cartografia, documentazione fotografica, ecc.)
- ✓ LT (Distanza tra il top della sorgente nel suolo insaturo (o in falda) e la base delle fondazioni): non può essere posta uguale a zero altrimenti l’equazione di J&E perde di significato
- ✓ pH, foc: i valori più rappresentativi delle caratteristiche del terreno inteso come “via di migrazione” dei contaminanti, sono quelli misurati nei campioni di terreno non contaminati (ad es: foc risulta maggiore in aree contaminate da idrocarburi).

Attenzione a....

E' probabilmente opportuno effettuare una selezione dei campioni più rappresentativi per questi parametri, a valle di una prima fase di caratterizzazione. Se invece si ritiene di misurare pH e foc contestualmente alla determinazione dei valori di concentrazione dei contaminanti allora è opportuno prevedere un numero di misure superiore a tre, al fine di poter selezionare a valle della caratterizzazione i valori più rappresentativi.

La validazione delle attività di caratterizzazione (misura in contraddittorio delle concentrazioni di almeno il 10% dei campioni) da parte degli Enti di Controllo è indispensabile. Le misure effettuate sono infatti necessarie per determinare molti dei parametri sito-specifici, in particolare quelli relativi alla geometria della sorgente di contaminazione.