

Calcolo degli Obiettivi di Bonifica e valutazione dei modelli di F&T utilizzati dai SW

Ing. Laura D'Aprile
APAT

Rischio Individuale e Rischio Cumulato

Obiettivo dell'AdR

La procedura di analisi di rischio assoluta può avere un duplice obiettivo finale:

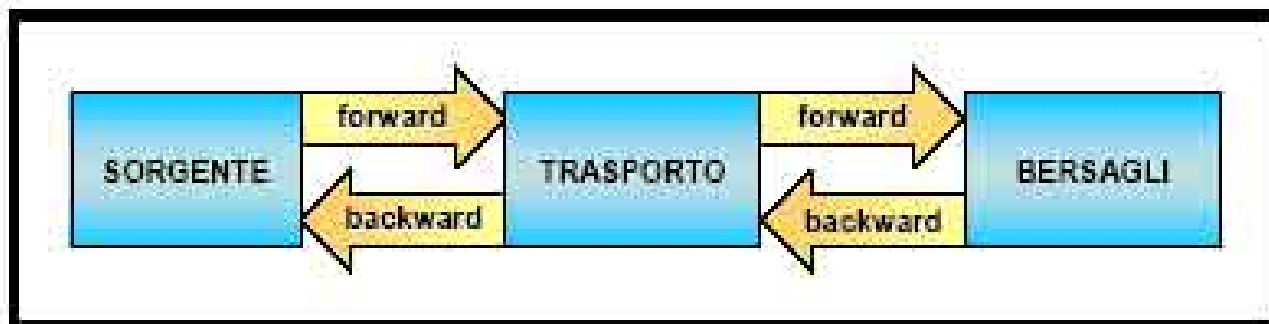
- stimare quantitativamente il rischio per la salute umana connesso ad uno specifico sito, in termini di valutazione delle conseguenze legate alla sua situazione qualitativa;
- individuare dei valori di concentrazione accettabili nel suolo e nella falda vincolati alle condizioni specifiche del singolo sito.

Rischio Individuale e Rischio Cumulato

Obiettivo dell'AdR

I due distinti risultati derivano dalla applicazione della procedura secondo due distinte modalità:

1. La modalità diretta (forward mode);
2. La modalità inversa (backward mode).



Rischio Individuale e Rischio Cumulato

Principi della Procedura

Si ritiene opportuno ricordare i principi fondamentali su cui si basa la procedura di calcolo, validi in caso di applicazione sia della modalità diretta che inversa:

- Principio del caso peggiore ("worste case") che riguarda in generale tutte le fasi di applicazione della procedura di analisi assoluta di rischio e deve sempre guidare la scelta tra alternative possibili;

Rischio Individuale e Rischio Cumulato

Principi della Procedura

- principio della esposizione massima ragionevolmente possibile (RME, ossia 'Reasonable Maximum Exposure'), che prevede in relazione ai parametri di esposizione l'assunzione di valori ragionevolmente conservativi al fine di pervenire a risultati cautelativi per la tutela della salute umana (paragrafo 3.4.1);

Inoltre, l'analisi di rischio assoluta è rivolta alla valutazione dei rischi cronici o a lungo termine associati ai siti contaminati, piuttosto che rischi in condizioni di esposizione acuta.

Rischio Individuale e Rischio Cumulato

Stima del Rischio

Il rischio per la salute umana viene differenziato tra individuale e cumulativo. Si definisce:

Rischio e indice di pericolo individuale (R e HQ): rischio dovuto ad un singolo contaminante per una o più vie d'esposizione.

Rischio e indice di pericolo cumulativo (R_{TOT} e HQ_{TOT}): rischio dovuto alla cumulazione degli effetti di più sostanze per una o più vie d'esposizione.

Calcolo del Rischio

Rischio Individuale

Il Rischio per la salute umana si definisce **INDIVIDUALE** quando è associato ad una singola specie chimica inquinante e ad una o più modalità di esposizione.

Calcolo del Rischio

Rischio Individuale

HQ = Hazard quotient (indice di pericolo)

E = Esposizione Cronica [mg/kg-giorno]

RfD = Reference Dose [mg/kg-giorno]

$$HQ = \frac{E}{RfD}$$

$$R = E \cdot SF$$

R = Rischio incrementale di tumore

E = Esposizione Cronica [mg/kg-giorno]

SF = Slope Factor [kg-giorno/mg]

Calcolo del Rischio

Rischio Cumulativo

Il Rischio cumulativo per la salute umana è associato alla esposizione più specie chimiche inquinanti attraverso una o più modalità di esposizione:

$$R_T = \sum_{i=1}^n R_i \quad ; \quad HQ_T = \sum_{i=1}^n HQ_i$$

dove R_T e HQ_T rappresentano il Rischio cancerogeno cumulativo e l'Indice di Pericolo cumulativo.

Calcolo del Rischio

Criteri di calcolo del rischio dovuto a più vie di esposizione

Criterio di cumulazione delle concentrazioni individuali dovute a più vie d'esposizione: approccio simile a quello adottato nel documento Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites [ASTM ,1995].

Il calcolo del Rischio per la salute umana viene svolto in funzione delle sorgenti di contaminazione considerate, che sono: suolo superficiale, suolo profondo, falda.

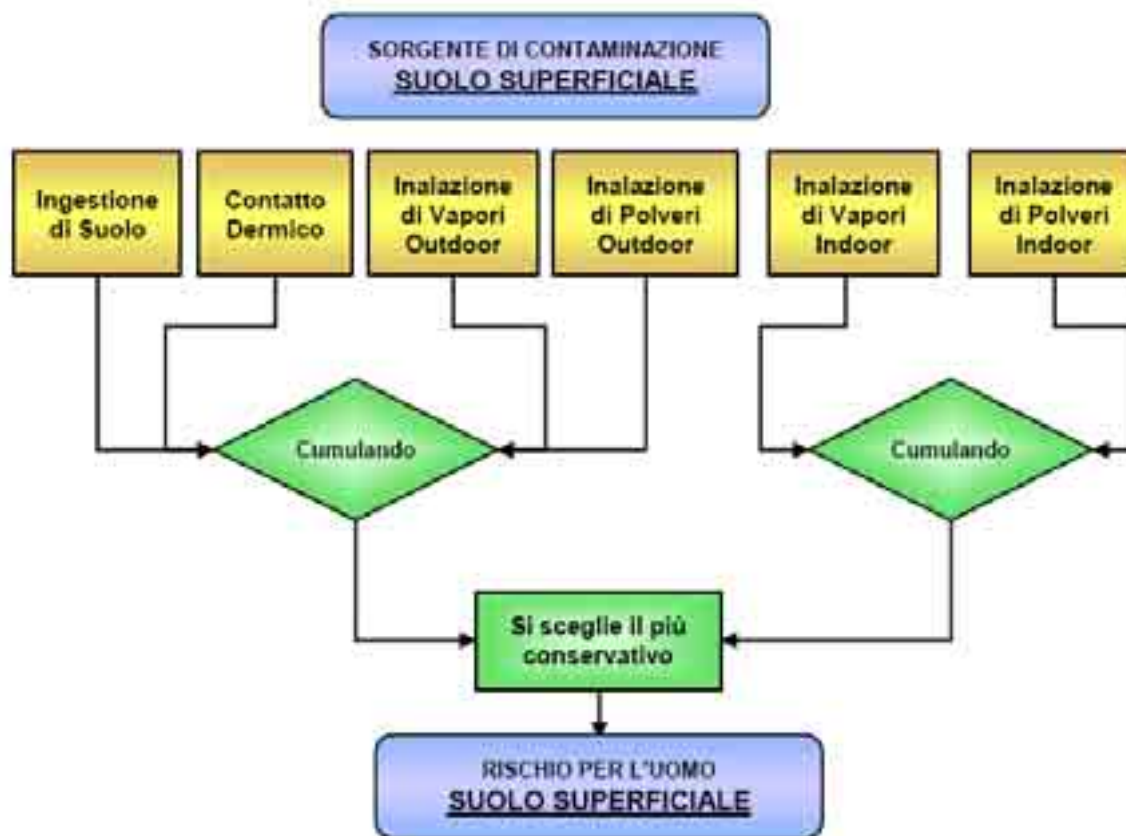
Criteri di Cumulazione

Suolo Superficiale

Per il **suolo superficiale** il rischio viene stimato scegliendo il valore più conservativo tra il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor) e il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor). In Figura vengono riportati i criteri di calcolo del rischio da suolo superficiale derivante da più vie d'esposizione per l'ambito residenziale ed industriale.

Criteri di Cumulazione

Suolo Superficiale



Criteri di Cumulazione

Suolo Profondo

Per il **suolo profondo** il rischio viene stimato scegliendo il valore più conservativo tra il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor) e il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor).

Criteri di Cumulazione

Suolo Profondo



Criteri di Cumulazione

Falda

Per la **falda** il rischio viene stimato scegliendo il valore più conservativo tra il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor) e il rischio derivante dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor).

Criteri di Cumulazione

Falda



Rischio per la risorsa idrica

Definizione

Si definisce Rischio per la risorsa idrica il rapporto tra la concentrazione in falda del generico inquinante misurata al punto di conformità e la corrispondente CSC.

$$R_{GW} = \frac{C_{POE}^{GW}}{CSC_{GW}}$$

$$R_{GW(\text{accettabile})} \leq 1$$

Rischio per la risorsa idrica

Definizione

Il punto di conformità è definito come il punto “teorico” o “reale” di valle idrologico in corrispondenza del quale l'Ente di Controllo deve richiedere il rispetto degli obiettivi di qualità delle acque sotterranee.

Tale punto deve essere posto coincidente con il più vicino pozzo ad uso idropotabile o, qualora all'interno del sito non siano presenti pozzi ad uso idropotabile, in corrispondenza del limite di proprietà dell'area, o nel caso di siti di grandi dimensioni, in corrispondenza dei limiti della subarea.

Rischio per la risorsa idrica

Procedura di calcolo

Il calcolo del rischio per la risorsa idrica si differenzia in funzione della possibile sorgente di contaminazione e le stime di rischio non vengono cumulate.



Calcolo del Rischio

Criteri di accettabilità del rischio

Ai fini della stesura del presente manuale, così come proposto da ISS e riportato nel DLgs 04/08, i valori di rischio considerati tollerabili per le sostanze cancerogene sono:

sostanze cancerogene: $TR = 10^{-6}$ (valore di rischio individuale)

sostanze cancerogene $TR_{CUM} = 10^{-5}$ (valore di rischio cumulativo)

Calcolo del Rischio

Criteri di accettabilità del rischio

Quindi, il criterio di accettabilità riferito a specie chimiche contaminanti che comportano effetti tossici sulla salute umana, si traduce nell'imporre il non superamento della dose di contaminante effettivamente assunta rispetto alla TDI o RfD, da cui ne consegue che sia nel caso di Indice di Pericolo individuale (HO) che cumulativo (HO_{TOT}) gli stessi debbono essere inferiori all'unità. L'Indice di Pericolo tollerabile individuale (THQ) e cumulativo (THQ_{TOT}) sono quindi pari all'unità.

Criteri di Calcolo degli Obiettivi di Bonifica Sito-Specifici

Obiettivi di Bonifica

Calcolo degli Obiettivi Sito-Specifici

L'applicazione della procedura di analisi assoluta di rischio secondo la modalità inversa (*backward mode*) permette il calcolo per ogni specie chimica contaminate degli obiettivi di bonifica sito-specifici per ciascuna sorgente di contaminazione, ossia del valore di concentrazione massimo ammissibile, in corrispondenza ad ogni sorgente secondaria di contaminazione (Concentrazione Soglia di Rischio, CSR), compatibile con il livello di rischio ritenuto tollerabile per il recettore esposto.

Obiettivi di Bonifica

Calcolo degli Obiettivi Sito-Specifici

È opportuno sottolineare che le concentrazioni rappresentative alla sorgente (CRS) per il suolo sono espresse in riferimento al peso secco, mentre i valori delle concentrazioni soglia di rischio (CSR), derivanti dall'applicazione delle procedura, sono da riferirsi al tal quale.

Quindi per confrontare le CSR con le CSC tabellari o con i valori di concentrazioni sito-specifici è necessario effettuare una conversione.

Obiettivi di Bonifica

Calcolo dell'Esposizione Accettabile

Il primo step per il calcolo degli obiettivi sito-specifici consiste nel calcolo dell'esposizione accettabile.

Questa è il rapporto tra il rischio ritenuto accettabile e la tossicità dell'inquinante.

$$E_{acc} = \frac{TR}{SF} \quad \text{sostanze cancerogene}$$

$$E_{acc} = THQ \times RfD \quad \text{sostanze non cancerogene (tossiche)}$$

Obiettivi di Bonifica

Calcolo della Concentrazione al Punto di Esposizione

Definita l'esposizione accettabile è possibile ricavare la concentrazione accettabile nel punto di esposizione (C_{poe}) mediante l'applicazione dell'equazione:

$$C_{poe,acc} = \frac{E_{acc}}{EM}$$

EM è la portata effettiva di esposizione.

Obiettivi di Bonifica

Modalità di Esposizione per tipo di Sorgente

Tabella 4.1 – Modalità di esposizione per ciascuna sorgente di contaminazione

SORGENTE DI CONTAMINAZIONE	TIPO DI ESPOSIZIONE
SUOLO SUPERFICIALE	<ul style="list-style-type: none"> • Contatto dermico • Ingestione di suolo • Inalazione di vapori outdoor e indoor • Inalazione di polveri outdoor e indoor
SUOLO PROFONDO	<ul style="list-style-type: none"> • Inalazione di vapori outdoor e indoor
FALDA(*)	<ul style="list-style-type: none"> • Inalazione di vapori outdoor e indoor

(*) Per la falda la $C_{poc, acc}$ deve essere necessariamente posta pari alla corrispondente CSC o al corrispondente limite proposto da ISS.

Obiettivi di Bonifica

Calcolo degli Obiettivi di Bonifica

Stabilita l'esposizione accettabile e la concentrazione nel punto di esposizione è quindi possibile individuare il valore dell'obiettivo di bonifica nella matrice ambientale sorgente di contaminazione (Concentrazione Soglia di Rischio, CSR) a mezzo della seguente relazione:

$$CSR = \frac{C_{poe,acc}}{FT}$$

Obiettivi di Bonifica

Calcolo degli Obiettivi di Bonifica

Unendo le formule dei tre step della procedura illustrata si può arrivare a definire la concentrazione soglia di rischio (CSR) come:

$$CSR = \frac{C_{poe,acc}}{FT} = \frac{E_{acc}}{EM \cdot FT} = \frac{TR}{SF \cdot EM \cdot FT} \quad \text{per sostanze cancerogene}$$

$$CSR = \frac{C_{poe,acc}}{FT} = \frac{E_{acc}}{EM \cdot FT} = \frac{THQ \cdot RfD}{EM \cdot FT} \quad \text{per sostanze non cancerogene}$$

Obiettivi di Bonifica

Tabella 4.4 – Formule per il calcolo delle CSR per singole vie d'esposizione per sostanze cancerogene per l'ambito residenziale e ricreativo (rischio per l'uomo)

CSR PER IL RICEITTORE UMANO – SOSTANZE CANCEROGENE AMBITO RESIDENZIALE E RICREATIVO		
SORGENTE	TIPO DI ESPOSIZIONE	ON SITE ^(a) E OFF SITE
SUOLO SUPERFICIALE	Ingestione suolo	$CSR_{\text{Ingestione suolo}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{anno}} \right] = \frac{IR}{SF_{\text{ing}} \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mg}} \cdot EM_{\text{ing}}}$
	Contatto dermico	$CSR_{\text{Contatto dermico}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{anno}} \right] = \frac{IR}{SF_{\text{ing}} \cdot 10^{-4} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mg}} \cdot EM_{\text{contatto}}}$
	Inalazione di vapori outdoor	$CSR_{\text{Inalazione vapori outdoor}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{anno}} \right] = \frac{IR}{SF_{\text{in}} \cdot EM_{\text{in}} \cdot VF_{\text{out}} \cdot ADF}$
	Inalazione di vapori indoor	$CSR_{\text{Inalazione vapori indoor}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{anno}} \right] = \frac{IR}{SF_{\text{in}} \cdot EM_{\text{in}} \cdot VF_{\text{ind}} \cdot ADF}$
	Inalazione particolato outdoor	$CSR_{\text{Inalazione particolato outdoor}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{anno}} \right] = \frac{IR}{SF_{\text{in}} \cdot EM_{\text{in}} \cdot PEF \cdot ADF}$
SUOLO PROFONDO	Inalazione di vapori outdoor	$CSR_{\text{Inalazione vapori outdoor}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{anno}} \right] = \frac{IR}{SF_{\text{in}} \cdot VF_{\text{out}} \cdot EM_{\text{in}} \cdot ADF}$
	Inalazione di vapori indoor	$CSR_{\text{Inalazione vapori indoor}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{anno}} \right] = \frac{IR}{SF_{\text{in}} \cdot VF_{\text{ind}} \cdot EM_{\text{in}} \cdot ADF}$
FALDA	Inalazione di vapori indoor	$CSR_{\text{Inalazione vapori indoor}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{anno}} \right] = \frac{IR}{SF_{\text{in}} \cdot EM_{\text{in}} \cdot VF_{\text{ind}} \cdot ADF}$
	Inalazione di vapori outdoor	$CSR_{\text{Inalazione vapori outdoor}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{anno}} \right] = \frac{IR}{SF_{\text{in}} \cdot EM_{\text{in}} \cdot VF_{\text{out}} \cdot ADF}$

Obiettivi di Bonifica

Tabella 4.8 - Formule per il calcolo delle CSR a protezione della risorsa idrica sotterranea

CSR PER LA PROTEZIONE DELLA RISORSA IDRICA SOTTERRANEA			
RICETTORE	SORGENTE	VIA DI MIGRAZIONE	ON-SITE ^(*) E OFF-SITE
RISORSA IDRICA SOTTERRANEA	SUOLO SUPERFICIALE	Lisciviazione in falda	$CSR_{SuoloSupLF} \left[\frac{mg}{Kg-suolo} \right] = \frac{CSC_{Falda} \times DAF}{LF_{ss}} \times 10^{-3} \frac{mg}{\mu g}$
	SUOLO PROFONDO	Lisciviazione in falda	$CSR_{SuoloProfLF} \left[\frac{mg}{Kg-suolo} \right] = \frac{CSC_{Falda} \times DAF}{LF_{sp}} \times 10^{-3} \frac{mg}{\mu g}$
	FALDA	Trasporto in falda	$CSR_{FaldaIngW} \left[\frac{mg}{L-H_2O} \right] = CSC_{Falda} \times DAF \times 10^{-3} \frac{mg}{\mu g}$

(*) per ricettori on-site si assume DAF=1

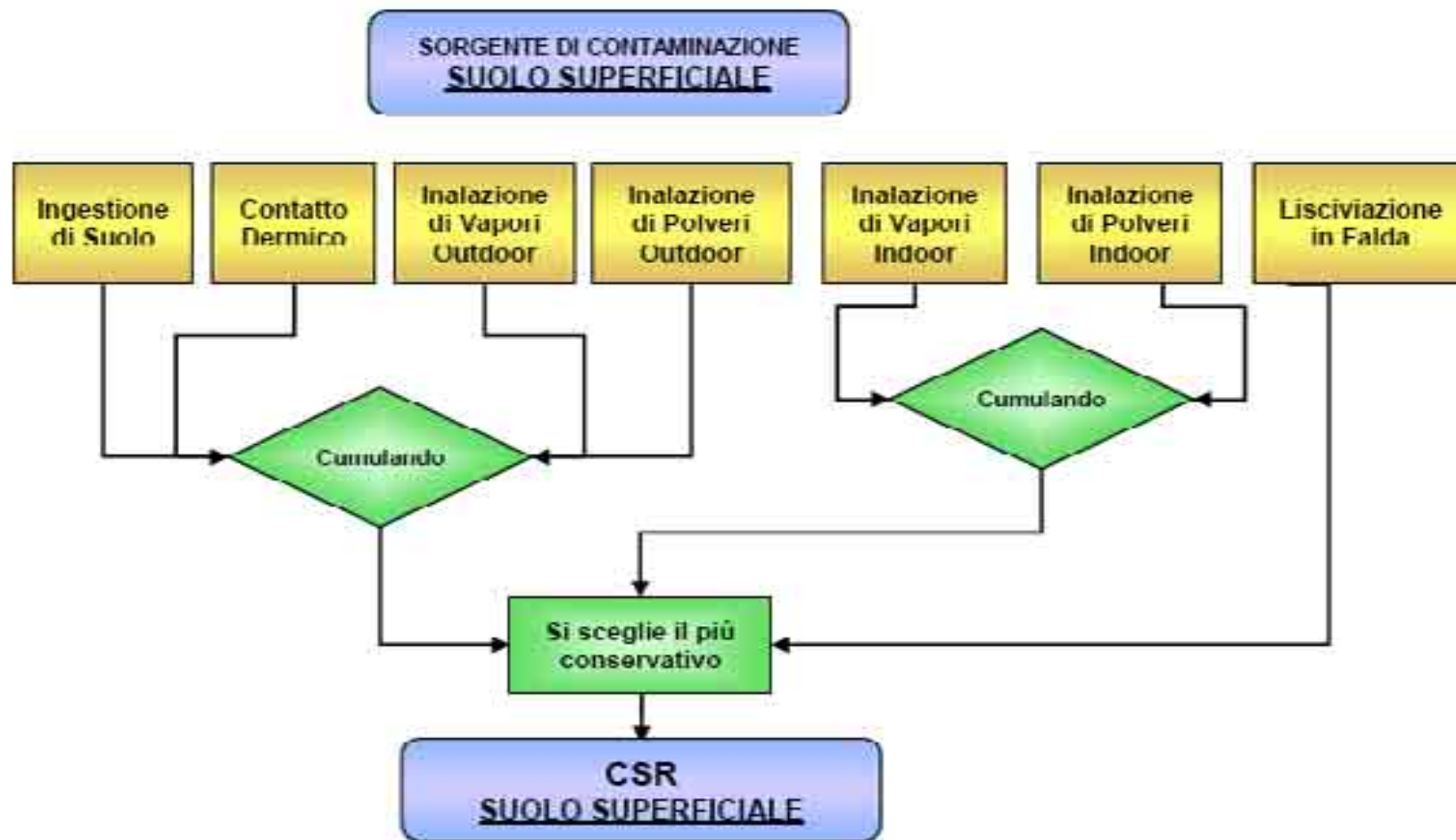
CSR per più vie di Esposizione

Suolo Superficiale

Per il **suolo superficiale** la concentrazione soglia di rischio viene stimata scegliendo il valore più conservativo tra le CSR derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor), le CSR derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor) e le CSR per lisciviazione da suolo superficiale in falda

CSR per più vie di Esposizione

Suolo Superficiale



CSR per più vie di Esposizione

Suolo Profondo

Per il **suolo profondo** la concentrazione soglia di rischio viene stimata scegliendo il valore più conservativo tra le CSR derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor), le CSR derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor) e le CSR per lisciviazione da suolo profondo in falda.

CSR per più vie di Esposizione

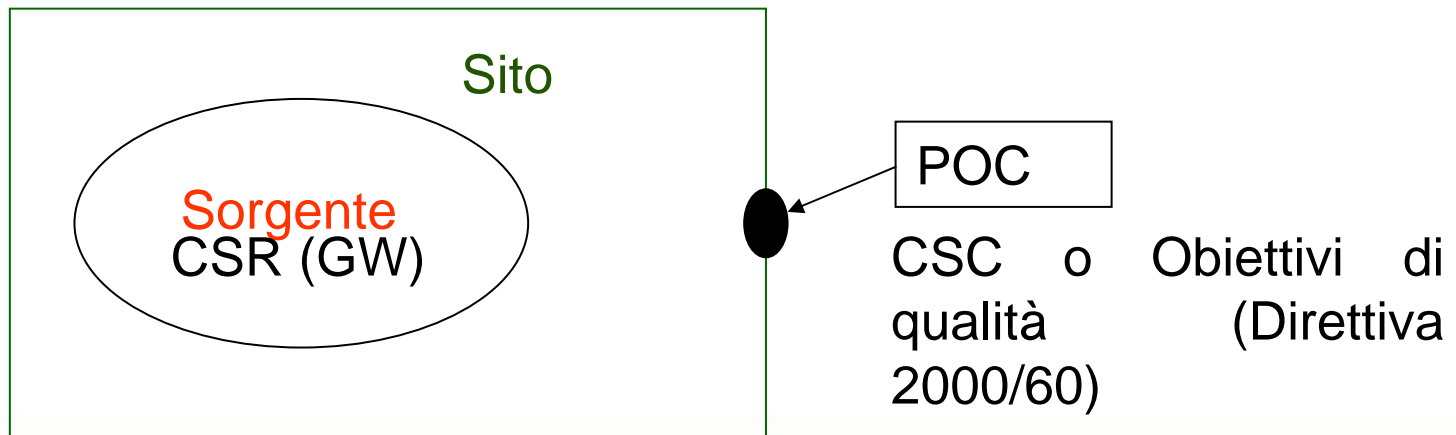
Suolo Profondo



CSR per più vie di Esposizione

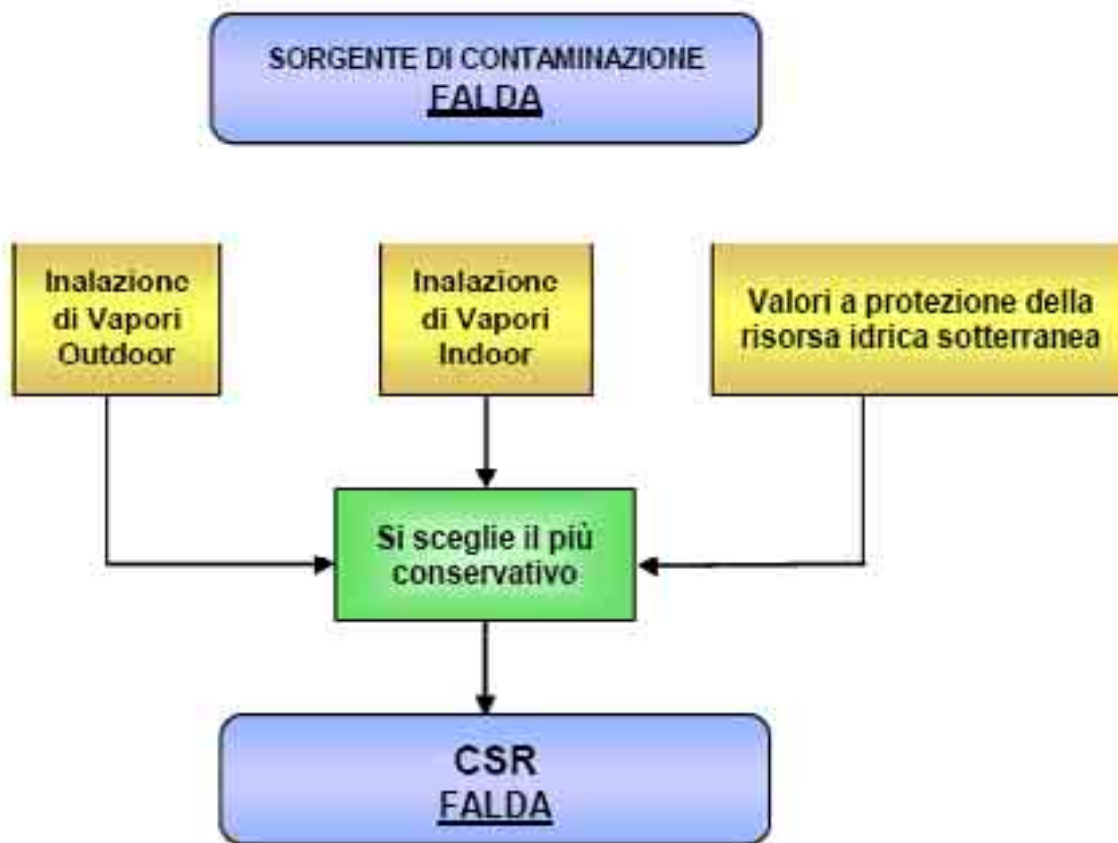
Falda

Per la **falda** la concentrazione soglia di rischio viene stimata scegliendo il valore più conservativo tra le CSR derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti confinati (indoor), le CSR derivanti dalle modalità di esposizione che hanno luogo in ambienti aperti (outdoor) e le CSR a protezione della risorsa idrica sotterranea (rispetto degli obiettivi di qualità per il corpo idrico al punto di conformità così come stabilito dalla normativa vigente)



CSR per più vie di Esposizione

Falda



CSR per più vie di Esposizione

Considerazioni

Tale approccio tecnico, che è stato condiviso dai componenti del gruppo di lavoro per la revisione 1 dei "Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati", e che è conforme a quanto riportato nel Dlgs 04/08, è scaturito dalle seguenti considerazioni.

L'applicazione dell'analisi di rischio sanitario-ambientale (rischio per l'uomo) per il calcolo degli obiettivi di bonifica relativi alle acque sotterranee potrebbe risultare in contrasto con il perseguimento degli obiettivi di qualità stabiliti dalla Direttiva 2000/60, in quanto l'assunzione di CSR per le acque sotterranee potrebbe comportare l'ammissione di aree con acque di qualità non conforme con il principio di multifunzionalità, anche al di fuori del sito contaminato.

Si demanda comunque agli Enti di Controllo competenti la verifica con i Piani di Tutela Regionali anche effettuando valutazioni diverse sulla base delle conoscenze specifiche e delle informazioni disponibili, secondo il principio di cautela.

CSR per più vie di Esposizione

AMBITO RESIDENZIALE - RICETTORI ON-SITE ^(*) E OFF-SITE	
SUOLO SUPERFICIALE	SOSTANZE NON CANCEROGENE (SCEGLIENDO IL VALORE MINORE)
	$CSR_{\text{multivie}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}} \right] = \frac{THQ}{\frac{(EM_{\text{Inalata}} + EM_{\text{Contatto}}) \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{Kg}}{\text{mg}} + EM_{\text{Inalata}}(VF_{\text{in}} + PEF)}{RfD_{\text{in}}}} \cdot ADF$
	$CSR_{\text{multivie}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}} \right] = \frac{THQ \cdot RfD_{\text{in}}}{EM_{\text{Inalata}} \cdot (VF_{\text{sup}} + PEF_{\text{in}}) \cdot ADF}$
	$CSR_{\text{multivie}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}} \right] = \frac{CSC_{\text{Fatta}} \cdot DAF}{LF_{\text{in}}} \times 10^{-3} \frac{\text{mg}}{\text{kg}}$
	SOSTANZE CANCEROGENE (SCEGLIENDO IL VALORE MINORE)
	$CSR_{\text{multivie}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}} \right] = \frac{TR}{SF_{\text{in}} \cdot (EM_{\text{Inalata}} + EM_{\text{Contatto}}) \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{Kg}}{\text{mg}} + [SF_{\text{in}} \cdot EM_{\text{Inalata}}(VF_{\text{in}} + PEF)] \cdot ADF}$
$CSR_{\text{multivie}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}} \right] = \frac{TR}{SF_{\text{in}} \cdot EM_{\text{Inalata}} \cdot (VF_{\text{sup}} + PEF_{\text{in}}) \cdot ADF}$	
$CSR_{\text{multivie}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{d}} \right] = \frac{CSC_{\text{Fatta}} \cdot DAF}{LF_{\text{in}}} \times 10^{-3} \frac{\text{mg}}{\text{kg}}$	

CSR per Additività di Sostanze

Calcolo degli Obiettivi

Le CSR individuali calcolate non rispettano necessariamente la condizione di rischio cumulativo tollerabile. Ad esempio, la presenza di più contaminanti ciascuno caratterizzato da una CSR individuale che determina un $HQ=1$, fornirebbe un rischio cumulato non accettabile ($HQ_{CUM}>1$).

In questi casi è necessario tenere conto degli effetti di cumulazione del rischio, riducendo ulteriormente le concentrazioni delle specie presenti rispetto ai valori definiti dalle CSR individuali

CSR per Additività di Sostanze

Calcolo degli Obiettivi

Tale riduzione, a giudizio degli Enti di Controllo e sulla base delle suddette indicazioni, potrà essere estesa a tutti i contaminanti presenti, adottando le seguenti equazioni:

$$CSR_{CUM} = CSR \frac{TR_{CUM}}{TR_{IND}^{TOT}}$$

$$CSR_{CUM} = CSR \frac{HQ_{CUM}}{HQ_{IND}^{TOT}}$$

CSR per Additività di Sostanze

Calcolo degli Obiettivi

$$CSR_{CUM} = CSR \frac{TR_{CUM}}{TR_{IND}^{TOT}}$$

CSR = Concentrazione soglia di rischio individuale del generico inquinante;

TR_{CUM} = Target risk per più sostanze ovvero il rischio individuale accettabile ($TR_{CUM}=10^{-5}$)

TR_{IND}^{TOT} = Rischio cumulativo risultante dai contaminanti presenti nel sito in concentrazione pari alla CSR individuale.

$$TR_{IND}^{TOT} = \sum SF \cdot EM \cdot FT \cdot CSR$$

CSR per Addittività di Sostanze

Calcolo degli Obiettivi

$$CSR_{CUM} = CSR \frac{HQ_{CUM}}{HQ_{IND}^{TOT}}$$

CSR = Concentrazione soglia di rischio individuale del generico inquinante;

HQ_{CUM} = Hazard quotient per esposizione a più sostanze

HQ_{IND}^{TOT} = Rischio cumulativo risultante dai contaminanti presenti nel sito in concentrazione pari alla CSR individuale.

$$HQ_{IND}^{TOT} = \sum \frac{EM \cdot FT \cdot CSR}{RfD}$$

Concentrazione di Saturazione, C_{sat} (1)

In relazione al calcolo delle CSR per suolo superficiale e suolo profondo, va rilevato che l'eventualità in cui la concentrazione del contaminante riscontrata nel suolo risulti maggiore rispetto alla concentrazione di saturazione (C_{sat}), definita, dalla seguente equazione teorica:

$$C_{SAT} = \frac{S}{\rho_s} \cdot (\theta_w + \rho_s \cdot K_s + H \cdot \theta_a)$$

Dove:

$K_s = K_d$ per i composti inorganici

$K_s = K_{oc} \cdot f_{oc}$ per i composti organici

può essere causata da:

- utilizzo di parametri non rappresentativi delle caratteristiche del sito in esame per il coefficiente di ripartizione (in particolare in riferimento ai parametri f_{OC} , ρ_s , θ_a , θ_w);
- errori nella definizione del modello concettuale (ad es: mancata individuazione di prodotto libero)
- limiti insiti nell'equazione teorica che definisce la C_{sat} che non tiene conto della variabilità delle caratteristiche chimico-fisiche dei granuli di terreno (ad es: natura mineralogica dei grani, capacità di scambio cationico, ecc.) nonché di fenomeni meccanici macroscopici di adesione alle particelle di suolo e della ritenzione nelle porosità per tensione superficiale e/o capillarità.

Concentrazione di Saturazione, C_{sat} (2)

In tali casi, è opportuno, in primo luogo, che l'Ente di Controllo verifichi la rappresentatività dei dati di caratterizzazione, richiedendo, se necessario, la ripetizione degli accertamenti analitici. Qualora l'eventualità in cui la concentrazione del contaminante nel suolo risulti maggiore rispetto alla concentrazione di saturazione, non possa essere ricondotta alle cause di cui sopra, con particolare riferimento alla presenza di prodotto libero, l'Ente di Controllo dovrà innanzitutto richiedere la verifica del valore di concentrazione di saturazione (o del valore riscontrato in fase di caratterizzazione che può essere superiore al valore di C_{sat}) mediante l'applicazione dell'analisi di rischio in modalità diretta (*forward*). Tale applicazione dovrà dimostrare che l'adozione del valore di concentrazione saturazione (o di quello riscontrato in fase di caratterizzazione che può essere superiore al valore di C_{sat}) non determina il superamento del livello di rischio tollerabile per le sostanze cancerogene e non cancerogene.

A giudizio degli Enti di Controllo, potranno essere successivamente richiesti ulteriori approfondimenti analitici per la simulazione dell'effettiva partizione dei contaminanti nel suolo quali, ad esempio:

- determinazione sperimentale del K_d (per gli inquinanti inorganici) con l'utilizzo del metodo APAT-ISS di cui alla nota APAT 011376 del 4 Aprile 2007, disponibile sul sito dell'APAT al seguente link:
http://www.apat.gov.it/site/files/Suolo_Territorio/TEC_metodo.pdf
ed utilizzo dei valori ottenuti per la determinazione di C_{sat}
- esecuzione di test di eluizione in colonna condotti fino al raggiungimento delle condizioni di equilibrio (massima concentrazione nell'effluente).

Valutazione dei Software

	<i>RBCA Tool Kit</i> v.2.0	<i>BP-RISC v.4.0</i> (Livello 1)	<i>ROME</i> v.2.1	<i>GIUDITTA</i> v.3.1
<i>Fattore di lisciviazione (LF)</i>	ALTA	MEDIA	MEDIA	ALTA
<i>Fattore di attenuazione laterale in falda (DAF)</i>	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA
<i>Fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da suolo superficiale (VF_{ss})</i>	ALTA	ALTA	MEDIO/BASSA	ALTA
<i>Fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da suolo profondo (VF_{Samb})</i>	ALTA	MEDIA	MEDIO/BASSA	ALTA
<i>Fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da falda (VF_{wamb})</i>	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
<i>Fattore di emissione di particolato outdoor da suolo superficiale (PEF)</i>	ALTA	ALTA	MEDIA	ALTA
<i>Fattore di emissione di particolato indoor da suolo superficiale (PEF_{in})</i>	-	-	MEDIA	MEDIA
<i>Fattore di dispersione in atmosfera (ADF)</i>	ALTA	ALTA	-	-
<i>Fattore di volatilizzazione di vapori indoor da suolo (VF_{seps})</i>	MEDIO/ALTA	MEDIO/BASSA	MEDIO/BASSA	MEDIO/ALTA
<i>Fattore di volatilizzazione di vapori indoor da falda (VF_{wesp})</i>	MEDIO/ALTA	ALTA	ALTA	MEDIO/ALTA