

# Criteri di Calcolo degli Obiettivi di Bonifica Sito-Specifici

**Prof. Renato Baciocchi, Dr. Emiliano Scozza**

Università di Roma "Tor Vergata"

## 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

<b>SORGENTE DI CONTAMINAZIONE</b>	<b>TIPO DI ESPOSIZIONE</b>
<b>SUOLO SUPERFICIALE</b>	Contatto dermico Ingestione di suolo Inalazione di vapori outdoor e indoor Inalazione di polveri outdoor e indoor
<b>SUOLO PROFONDO</b>	Inalazione di vapori outdoor e indoor Ingestione d'acqua dovuto a lisciviazione a falda
<b>FALDA(*)</b>	Ingestione d'acqua (rispetto degli obiettivi di qualità) Inalazione di vapori outdoor e indoor

## 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:

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

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

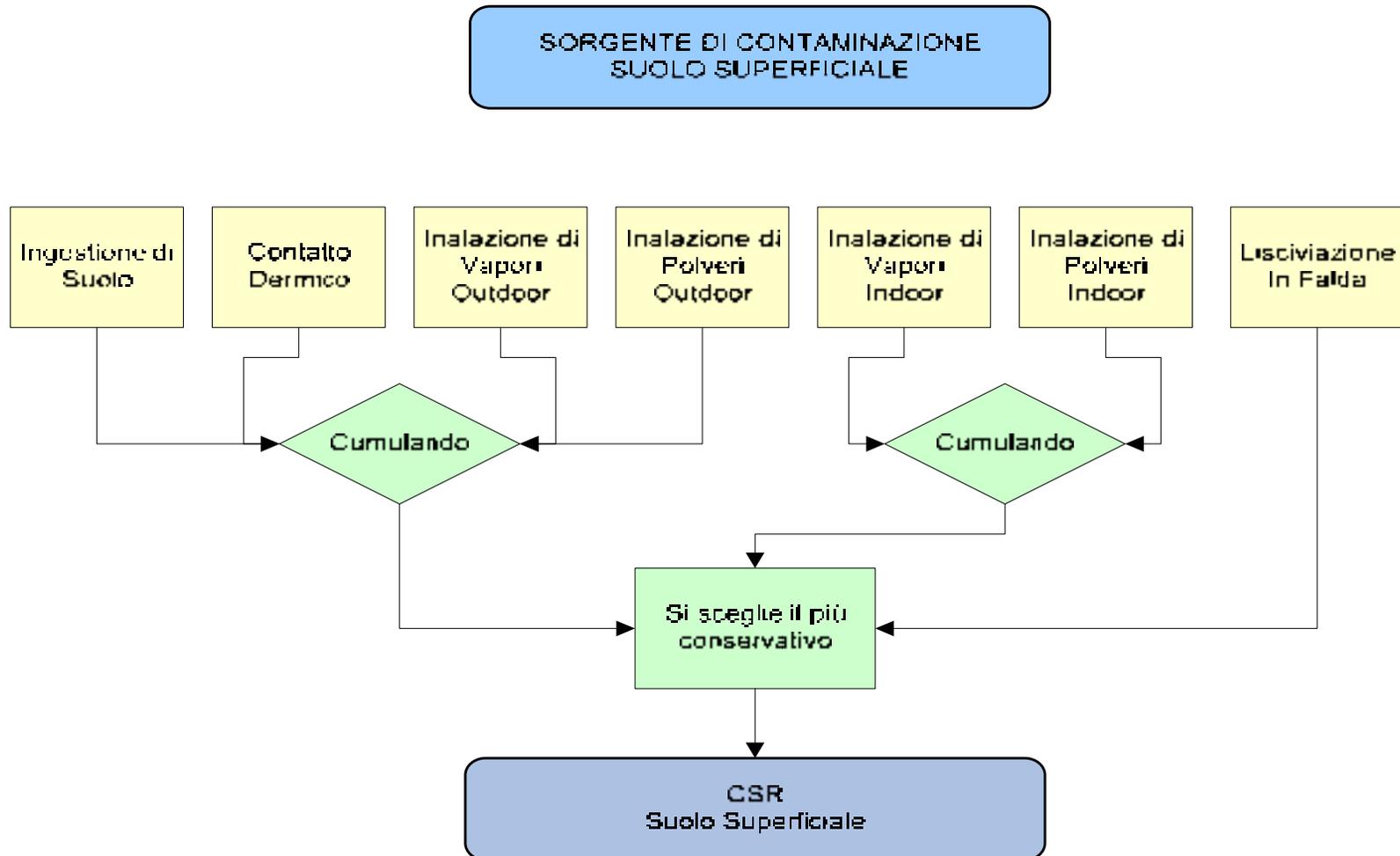
## CSR per più vie di Esposizione

### 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 ingestione d'acqua dovuta a lisciviazione da suolo superficiale in falda

# CSR per più vie di Esposizione

## Suolo Superficiale



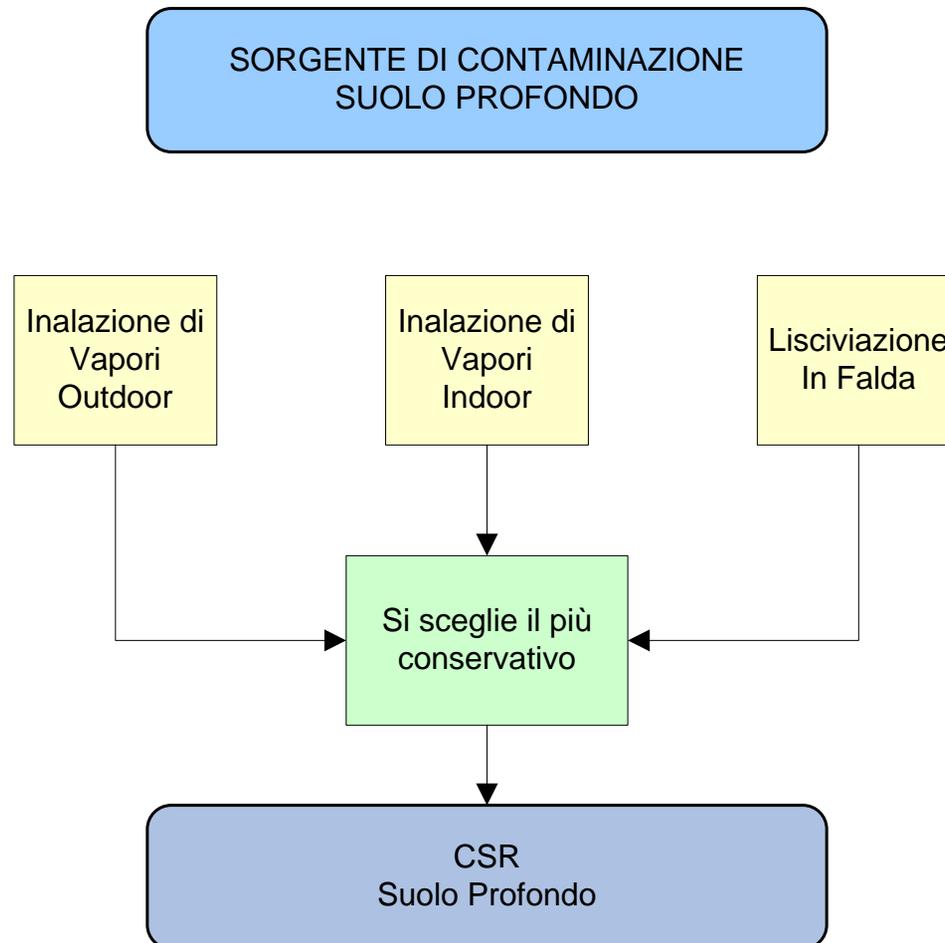
## CSR per più vie di Esposizione

### 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 ingestione d'acqua dovuta a lisciviazione da suolo profondo in falda.

# CSR per più vie di Esposizione

## Suolo Profondo



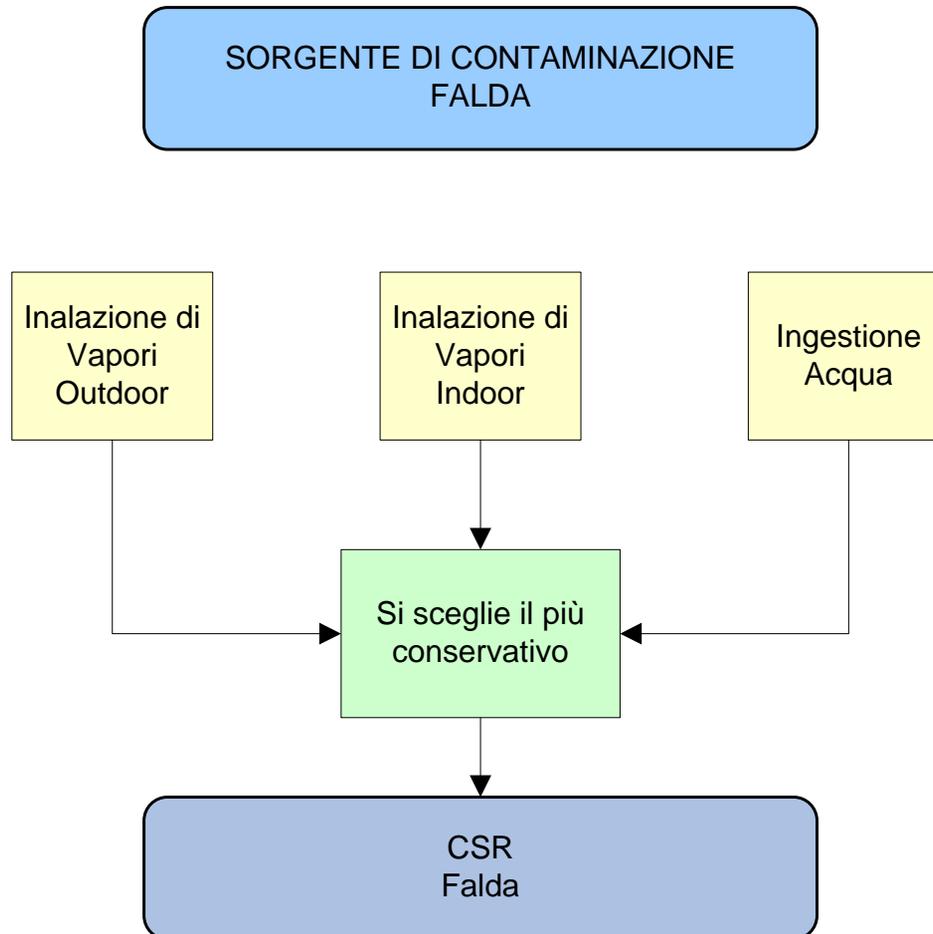
## CSR per più vie di Esposizione

### 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 per ingestione d'acqua, che va posta pari alla CSC così come definita dalla normativa vigente.

# CSR per più vie di Esposizione

## Falda



## CSR per più vie di Esposizione

### 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.

Quindi, al Punto di Conformità (POC):  $CSR=CSC$

## CSR per più vie di Esposizione

### Considerazioni

Per eventuali approcci alternativi si demanda agli Enti di Controllo competenti per l'elaborazione, l'implementazione e la verifica dei Piani di Tutela Regionali che potranno effettuare valutazioni diverse sulla base delle conoscenze specifiche e delle informazioni disponibili.

## 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 Additività 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.

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