

# CRITERI PER L'APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO RELATIVA

**Maria Gabriella Andrisani**

ISPRA

## Indice

1. AdR Relativa, questa “sconosciuta”
2. Normativa
3. Analisi di rischio: differenze tra l’Assoluta e la Relativa
4. Peculiarità
5. Vantaggi / Svantaggi
6. Modello concettuale
7. Struttura di calcolo
8. Modelli di AdRR di riferimento in ambito internazionale
9. Modelli di AdRR di riferimento in ambito nazionale
10. Analisi comparativa



# AdR Relativa

## “questa sconosciuta”

E' una valutazione semplificata della pericolosità associata alla contaminazione, certa o potenziale, di un sito, nell'ambito di un confronto tra più siti.

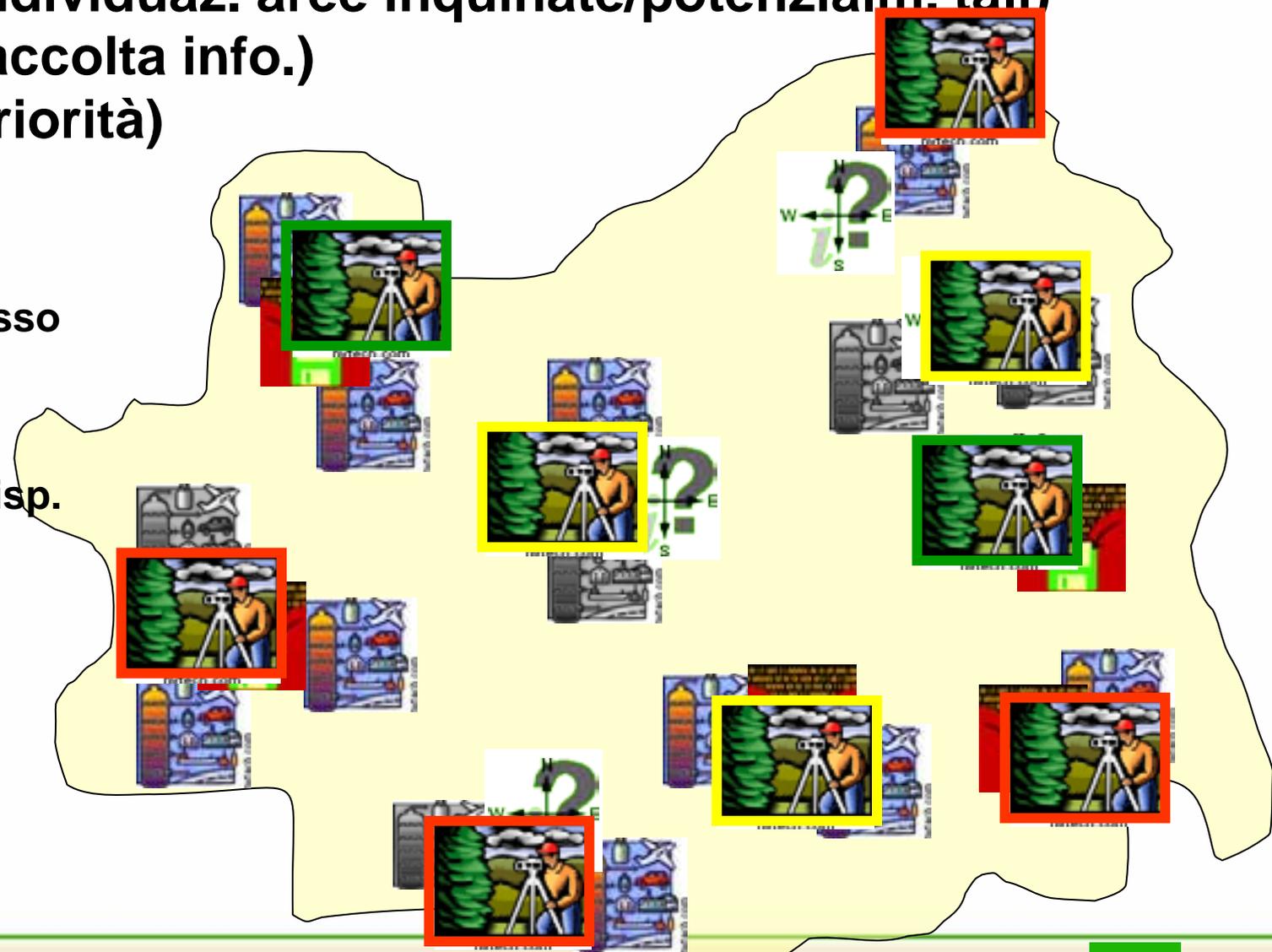
## AdR Relativa

- Step 1 (individuaz. aree inquinate/potenzialm. tali)
- Step 2 (raccolta info.)
- Step 3 (priorità)

-  Sito attivo
-  Sito dismesso
-  Info. disp.
-  Info. non disp.
-  I.R.R.

-  **Alta**
-  **Media**
-  **Bassa**



## NORMATIVA

### abrogata

- **Legge 441/87:** introduce per la prima volta il concetto di **bonifica delle aree inquinate**, da realizzarsi attraverso la stesura di specifici Piani e chiede alle Regioni l'approvazione di tali Piani (P.R.B.), indicando solo i contenuti generali da contenere, tra cui l'ordine di priorità degli interventi.
- **D.M. 16.5.1989:** (Allegato A), prevede per la prima volta la necessità di *“classificare in ordine decrescente di priorità di intervento di bonifica i siti inquinati, in base a valutazioni relative al rischio sanitario ed ambientale”*, nell'ambito dei P. R.B.
- **Norme regionali (1995/1996):** Disposizioni del Consiglio/Giunta Regionale (Piemonte, Lombardia, Emilia Romagna).
- **D.lgs. 22/97** (s.m.i): ribadisce che il P.R.B. delle aree inquinate deve prevedere l'ordine di priorità degli interventi, basato su una valutazione relativa del rischio, secondo criteri elaborati dall'ANPA, al fine di adottare uno strumento di analisi a valenza nazionale.
- **DM 471/99:** (articolo 14, comma 3) si sottolinea che *“L'ordine di priorità degli interventi di bonifica e ripristino ambientale è definito, per i siti inseriti nell'Anagrafe dei siti da bonificare di cui all'articolo 17, comma 1, secondo i criteri di valutazione comparata del rischio definiti dall'ANPA”*.

## Normativa vigente

- **D.Lgs. 152/2006 (s.m.i)**: abroga tutte le precedenti disposizioni citate, non dà più alcuna indicazione sul censimento dei siti potenzialmente contaminati né sulla valutazione relativa del rischio, ma conferma solo la predisposizione, a livello regionale, di un'anagrafe dei siti da bonificare (art. 251: ***censimento ed anagrafe dei siti da bonificare***), tenendo conto che tale decreto modifica in maniera sostanziale la definizione di sito inquinato da bonificare.



## Proposta di Direttiva Quadro sulla Protezione del Suolo

- Nel 2006 è stata lanciata dalla Commissione Europea una “Proposta di Direttiva Quadro sulla Protezione del Suolo” (COM(2006)232) ([http://ec.europa.eu/environment/soil/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/soil/index_en.htm))
- All'interno di questa proposta viene sancito l'obbligo per gli Stati Membri di redigere e aggiornare un “Inventario Nazionale dei Siti Contaminati” a partire da:
  - Una lista comune di “Attività potenzialmente inquinanti”;
  - Una definizione comune di “sito contaminato”
- Se la Direttiva venisse approvata con questa proposta, la normativa nazionale sarebbe costretta a recuperare alcuni concetti già noti, tra i quali il “censimento di siti potenzialmente inquinati”.

# ANALISI DI RISCHIO: DIFFERENZE TRA L'ASSOLUTA E LA RELATIVA

## ASSOLUTA

- Valuta il rischio effettivo e specifico del sito contaminato, stimando le conseguenze, sulla salute umana e nell'ambiente circostante, di un evento potenzialmente dannoso, in termini di probabilità che le stesse conseguenze si verifichino.
- È uno strumento che può essere utilizzato sia per stimare, **in termini quantitativi**, il Rischio sanitario associato alla contaminazione del sito, che va confrontato con i criteri di accettabilità, universalmente validi e distinti per sostanze cancerogene e non cancerogene (modalità diretta – forward), sia per fissare gli obiettivi di bonifica per ciascuna matrice ambientale (concentrazioni accettabili dei contaminati- CSR), partendo dai criteri di accettabilità del rischio (modalità inversa - backward).
- E' basata sulla parametrizzazione del modello concettuale, attraverso l'utilizzo dei modelli analitici in grado di determinare la concentrazione degli inquinanti nel punto di esposizione dei bersagli, al variare del tempo, in funzione della concentrazione misurata alla sorgente, dei percorsi degli inquinanti e delle modalità di esposizione dei bersagli.
- Necessita di una preliminare caratterizzazione del sito per acquisire tutta l'informativa sito-specifica di partenza.

## RELATIVA

- E' una procedura semplificata di analisi per valutare il grado di pericolosità di un sito rispetto ad altri assegnando un punteggio totale (IR), che è in funzione della scala di riferimento utilizzata, variabile da modello a modello.
- Viene condotta associando a ciascuna caratteristica del modello concettuale (S/V/B) dei fattori di analisi a cui sono attribuiti dei punteggi: dalla combinazione di tali punteggi si ottiene l'Indice di Rischio del sito (IR).
- La valutazione di ciascun sito, espressa con un punteggio (IR), è significativa solo se paragonata alla valutazione che si conduce su una serie di siti, con lo stesso livello informativo e possibilmente della stessa tipologia di contaminazione.
- E' uno strumento di valutazione speditivo.
- E' uno strumento utilizzato dalle Regioni nel PRB nella pianificazione degli interventi.

## Peculiarità dell'AdRR

- **La sua impostazione flessibile e di facile versatilità, la rende applicabile a diverse tipologie di siti, non necessariamente inquinati o potenzialmente tali.**
- **E' affidabile anche se richiede un minimo di informazioni sui siti da valutare, acquisibili anche da semplici sopralluoghi, la cui numerosità ed il cui dettaglio dipende dal modello che si vorrà utilizzare.**
- **Valuta, con un peso specifico, anche informazioni non note.**
- **E' uno strumento utilizzato dalla Regione nel PRB per indirizzare la scelta delle priorità di intervento sulle aree a maggior pericolosità ambientale, fornendo una prima sufficiente valutazione, in mancanza di tempo e di fondi disponibili.**

## VANTAGGI

- E' uno strumento valido e semplice che permette, in prima analisi, di valutare la possibilità di rischio in quei siti, inquinati e/o potenzialmente tali, con un limitato livello di informazioni (facilmente acquisibili).
- Classifica i siti in esame secondo un ordine di priorità di intervento, sulla base del punteggio finale che assegna a ciascuno di essi.
- Individua le aree a maggior criticità ambientale, tenendo conto dell'enorme scapenso tra il numero di siti inquinati, o sospetti tali, e le risorse economiche disponibili con cui dover sottoporre tali siti alla necessaria caratterizzazione, in tempi brevi (intervenire subito su tutti i siti).

## SVANTAGGI

- L'analisi che si conduce è di tipo qualitativo o semi-quantitativo, non sufficiente a valutare da sola il rischio posto dal sito inquinato, o potenzialmente di inquinamento.
- L'analisi comparativa non può indicare se un sito con basso IR non necessita di caratterizzazione, può solo indicare se esistono altri siti, con IR alti, che necessitano di indagini di caratterizzazione con maggior urgenza.
- Contiene nella sua struttura gli elementi di valutazione discrezionali (soggettivi) che incidono profondamente sull'assegnazione del punteggio finale e, quindi, sull'attendibilità dell'analisi.



### MODELLO CONCETTUALE

**SORGENTE** →  
(tipologia di contaminazione)

**VIE DI MIGRAZIONE** → **RECETTORI**

Abbandoni incontrollati  
Discariche  
Industrie (attive e dismesse)  
.....

Contatto diretto

Aria

Acque sotterranee

Acque superficiali

Centro urbano  
Ambiente  
(fiume, mare, laguna, falda,... )

Le categorie d'analisi da considerare in una valutazione comparata sono:

**1. pericolosità della sorgente:**

- pericolosità delle sostanze inquinanti, a partire dall'identificazione delle proprietà fisico-chimiche e tossicologie degli inquinanti;
- adeguatezza del contenimento esistente - identificazione dell'eventuale rilascio dei contaminanti dal sito;

**2. verifica delle effettive vie di trasferimento degli inquinanti:**

identificazione delle condizioni ambientali che influenzano il trasporto ed il trasferimento delle sostanze nelle e tra le matrici ambientali circostanti;

**3. dimensione e sensibilità dei potenziali recettori:**

individuazione della modalità di esposizione dei possibili bersagli (popolazione, ambiente).

## STRUTTURA DI CALCOLO

- Una struttura-tipo di calcolo presenta una serie di fattori d'analisi (parametri), riconducibili alle tre categorie S/V/B.
- Il parametro d'analisi (F) deve descrivere una specifica caratteristica della categoria, offrendo una serie di opzioni (Fa, Fb, Fc,..), che rappresentano le situazioni possibili, scelte tra le più diffuse, ciascuna con proprio punteggio (a1, a2, a3, ..). Selezionando l'opzione corrispondente al caso in esame (es. Fb), si assume il relativo punteggio (a2) come quello corrispondente al parametro di partenza (F), eventualmente moltiplicato per un certo peso ( $PF=a2$ , oppure  $PF=2*a2$ ).
- La scelta delle opzioni maggiormente rappresentative di ciascun parametro e l'assegnazione del relativo punteggio si basano su **criteri di valutazione discrezionali**, anche se supportati da un preciso ragionamento logico, che deve essere sviluppato solo da personale con appropriata formazione ed esperienza.
- Ciascuna categoria (S/V/B) presenta differenti numeri e tipi di parametri a seconda del livello di approfondimento richiesto dal modello considerato.

- I punteggi attribuiti a tutti i parametri d'analisi, richiesti dal modello, in alcuni casi, vengono semplicemente sommati tra di loro per ottenere il Punteggio finale del sito (**struttura additiva**). In altri casi, il punteggio viene differenziato per ciascun percorso (acque sub, acque sup., cd), attraverso il prodotto dei punteggi parziali relativi alle categorie S/V/B (**struttura moltiplicativa**). In tal caso, solo i punteggi parziali relativi alle Vie acque (sotterranee/superficiali) concorrono ad individuare il punteggio finale che rappresenta il rischio del sito; il punteggio relativo al contatto diretto, che va considerato in maniera indipendente, serve invece ad indicare l'eventuale necessità di interventi urgenti per isolare i rifiuti dall'ambiente circostante.
- I **criteri a struttura additiva** presentano la suddivisione in categorie non ai fini del calcolo ma per creare un riferimento al ragionamento logico che va seguito, sia nella redazione che nella successiva applicazione.
- I **criteri a struttura moltiplicativa** ripartiscono i parametri d'analisi sia nelle tre categorie (S/V/B) sia per vie di migrazione, ai fini del calcolo necessario a determinare le priorità di bonifica. Il meccanismo di moltiplicazione fa sì che una via di migrazione, per dar luogo ad un punteggio non nullo, deve essere completa di tutte le 3 categorie di cui è costituita.
- L'indice di rischio relativo (IR), nella maggior parte dei criteri di analisi relativa, viene normalizzato nella scala 0-100, al fine di poter condurre un confronto immediato tra le diverse posizioni occupate dai siti esaminati nella lista di priorità.

**Modello di valutazione del rischio  
(Modello Lombardo)**

**Punt. Finale**

**Rischio del sito**

VIE DI CONTAMINAZIONE	ACQUE SOTTERRANEE <b>(<math>P_{acq,sub} = S \times V \times B</math>)</b>	ACQUE SUPERFICIALI	CONTATTO DIRETTO
Sorgente	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Volume rifiuti contenenti sostanze T/N</li> <li>•Tossicità e solubilità sostanze presenti</li> <li>•Modalità di scarico contenimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Volume rifiuti contenenti sostanze tossiche o nocive</li> <li>•Tossicità e solubilità sostanze presenti</li> <li>•Modalità di scarico contenimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Superficie rifiuti affioranti</li> <li>•Tossicità</li> <li>•Modalità di scarico contenimento</li> </ul>
Veicoli	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Litologia predominante</li> <li>•Percentuale limo + argilla</li> <li>•Soggiacenza falda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Distanza corso d'acqua</li> <li>•Andamento topografia</li> <li>•Rischio di erosione e/o esondazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Recinzione</li> <li>•sorveglianza</li> </ul>
Ricettori	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Fonti di approvvigionamento idrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Uso delle acque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Uso del suolo</li> <li>•Viabilità d'accesso</li> </ul>

**categorie**

## Modelli di AdRR di riferimento in ambito internazionale

- **AGAPE (Germania, 1988)**: sullo schema dell'HRS considera 5 percorsi di migrazione (acqua sub, acqua sup., suolo, aria, contatto diretto), ciascuna suddivisa in tre categorie di fattori. E' un criterio a struttura additiva ed il rischio totale (P) è pari alla media aritmetica dei punteggi assegnati ai singoli percorsi. ( 0-100).
- **HAZARD RANKING SYSTEM (US-EPA versione 1990-91 )**: considera 4 percorsi di migrazione (acqua sub, acqua sup., suolo, aria), ciascuno ripartito in 3 categorie (S/V/B). L'indice complessivo (S) è normalizzato nella scala di riferimento 0-100. Richiede molte informazioni.
- **NATIONAL CLASSIFICATION SYSTEM (Canada, 1992)**: considera solo 3 percorsi di migrazione (acqua sub, acqua sup., contatto diretto) e sono presenti solo nella categorie "Vie di esposizione". Struttura numerica additiva (con punteggi parziali 33 per "S", 33 per "V", 34 per "B". La particolarità è data dalle speciali considerazioni. (0-100).

***Efficaci per accuratezza e affidabilità dei risultati, ma esigenti in quantità e qualità informazioni disponibili.***

## NATIONAL CLASSIFICATION SYSTEM

L'utente ha a disposizione un range di punti con cui può aumentare o diminuire il punteggio relativo, sulla base di giudizi tecnici

A) CARATTERISTICHE DEI CONTAMINANTI (33)	Ptn. Max
1) Grado di pericolosità	14
2) Quantità contamin.	10
3) Stato fisico	9
Considerazioni speciali	+7-7
<b>B) VIE DI ESPOSIZIONE</b>	
<i>B1) ACQUE SOTTERRANEE (22)</i>	
1) Contamin. nota in o oltre i confini di proprietà	11
2) Contamin. Potenziale per acque sub.	
2.1) Contenimento costruito superf.	4
2.2) Spessore dello strato di confinamento sopra l'acquifero	1.50
2.3) Conducibilità idraulica dello strato confinante	1.50
2.4) Precipitazione annuale	1
2.5) Conducibilità idraulica dell'acquifero	3
Considerazioni speciali	+4-4
<i>B2) ACQUE SUPERFICIALI (22)</i>	
1) Contamin.misurata o osservata delle acque /corso fluviale, rilasciata dal sito	11
2) Contamin.potenziale per le acque superf.	
2.1) Contenimento superf.	5
2.2) Distanza dal corso d'acqua	3
2.3) Topografia (se con contatto diretto sul terreno e a quale pendenza)	1.50
3) Deflusso potenziale	1
4) Alluvione potenziale	0.50
Considerazioni speciali	+4-4

continua...

 <b>B3) CONTATTO DIRETTO (22)</b>	
1) Contaminaz. nota delle componenti ambientali	11
2) Potenziale contatto diretto dell'uomo/animale (emissioni)	5
2.1) Accessibilità al sito	4
2.2) Migrazione a rischio del gas nel suolo	2
Considerazioni speciali	+4-4
<b>C) RECETTORI (86)</b>	
<b>a) Uso umano ed animale</b>	
1) Noto effetto impattante per l'uomo dovuto al sito contaminato	18
2) Impatto potenziale su umani o animali - approvvigionamento acqua potabile	
2.1) Noto impatto sull'approvvigionamento acqua potabile	9
2.2) Impatto potenziale sul rifornimento delle acque potabili	
2.2.1) Distanza dall'approv. dell' acqua pot.	6
2.2.2) Ricollocaz. dell'approvv. dell'acqua pot.	3
3) Impatto potenziale su umani o animali - altre risorse delle acque	
3.1) Impatto noto sull'uso della risorsa dell'acqua	4
3.2) Potenziale impatto sulla risorsa dell'acqua	
3.2.1) distanza dalle risorse dell'acqua usata per attività sopra dette	2
3.2.2) uso dell'acqua	2
4) Impatto potenziale su umani o animali - esposizione diretta dell'uomo	
4.1) Contaminazione nota della terra usata dall'uomo	5
4.2) Potenziale esposizione dell'uomo attraverso l'uso della terra	5
Considerazioni speciali	+5-5
<b>b) Ambientale</b>	
1) Noto effetto impattante per l'ambiente dovuto al sito contaminato	16
2) Impatto potenziale sull'ambiente	
2.1) Distanza del sito dalla più sensibile componente ambientale	10
2.2) Distanza da una importante o sensibile risorsa delle acque sotterranee	6
Considerazioni speciali	+5-5

**A seconda dell'I.R. ottenuto, identifica 5 classi differenti, che variano dalla prima (in cui rientrano i siti con più alto punteggio, per i quali si richiede un intervento di bonifica per pericoli osservati e ben documentati), all'ultima (per siti non classificabili per mancanza di info sufficienti)**

## Modelli di AdRR di riferimento in ambito nazionale

- Modello Piemontese** (vers. 1 Snamprogetti, 1990; vers.2 ARPA Piemonte 2000): a struttura additiva, con 24 categorie di fattori raggruppati, per chiarezza, in 5 sezioni (condizioni del sito, caratteristiche del sito, caratteristiche dei rifiuti presenti, pericolosità ambientale e sanitaria, situazione igienico-sanitaria). Punteggio finale del sito  $P(\text{tot}) = \sum P(i) * \text{Peso}(i)$  in una scala di valutazione che va da 50 ( $P_{\min}$ ) a 230 ( $P_{\max}$ ), normalizzato a 100 con l'algoritmo
 
$$P_{\text{Norm}} = \{(P_{\text{tot}} - P_{\min}) / (P_{\max} - P_{\min})\} \times 100.$$
- Modello Lombardo** (Milani & Pergthem, 1991): a struttura moltiplicativa differenziata per vie di migrazione, è il primo a utilizzare il procedimento di calcolo dell'EPA, l'algoritmo con cui si ottiene il Punteggio finale del sito, adattandolo al livello informativo standard del nostro Paese. Considera anche l'"affidabilità dati", sulla base della fonte di inf. utilizzata (risultati analitici, osservaz. caratteri organolettici, sopralluoghi, fonte orale..), valutata con un preciso coefficiente. Anche in questo caso, il coefficiente di affidabilità del sito è dato dalla media dei coefficienti di affidabilità delle acque (sotterranee e superficiali).

- **Modello Siciliano- CSSM** (F. Tatàno, 1993): distinto in 3 percorsi di migrazione (acque sotterranee - acque superficiali - contatto diretto) e nelle 3 categorie (sorgente - veicoli - ricettori) presenta la stessa impostazione del precedente Modello Lombardo. Novità introdotta è il sistema parametrico DRASTIC. Come quello lombardo, il Punteggio finale (**PSITO**) viene utilizzato per individuare le priorità di bonifica mentre il **PCOD** per individuare gli interventi urgenti (isolare i rifiuti dall'ambiente circostante).

Punt. relativo di categ.:  $S(aso) = S(aso-tos) + S(aso-vol) + S(aso-stat) + S(aso-mod)$

Punt. relativo di percorso:  $P(aso) = S(aso) \times V(aso) \times B(aso)$

$$P_{sito} = \{ (P_{ASO}^2 + P_{ASU}^2) / 2 \}^{1/2} \quad P_{COD} = S_{COD} \times V_{COD} \times B_{COD}$$

- **Modello Emiliano (RER, 1996)**: procedura d'analisi assoluta con impostazione semplificata ( $R = P \times M$ ).

La probabilità P viene stimata secondo 5 valori convenzionali, da 1 (danno quasi certo) a  $10^{-5}$  (danno improb.) e secondo la distanza dalla sorgente.

La magnitudo M, definita per **13 situazioni-tipo**, è distinta in  $M_{sanitario} = Txn. \text{ utenti pozzi zone a rischio}$  (dove la cancerogenicità/tossicità T è distinta in 4 classi, da 1 a  $10^{-3}$ ) e in  $M_{ecologico} = Tx \text{ Sup zona critica}$ .

La dimensione delle zone critiche (4 possibili), viene indicata con "r", che è in funzione dei parametri: distanza, vol., k, tempo, ecc..

Stima il rischio distinto per la salute umana e per gli ecosistemi.

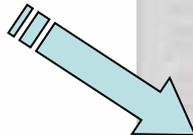
Il modello presenta anche una successiva versione, simile alla prima nella struttura ma differente nella impostazione di calcolo della zona critica "r".

*Lista fattori di rischio<sup>3</sup> e relativi bersagli per il danno sanitario*

Ogni sito inquinato può comportare uno o più fattori di rischio. Ad ognuno dei fattori indicati nella lista è associata una scheda per la stima semplificata delle zone critiche.

1. Ammassi e/o percolati con filtrazione su acquiferi sotterranei non protetti, oppure semiconfinati, e con pozzi ad uso idropotabile presenti nelle vicinanze? L'utenza dei pozzi idropotabili costituisce il bersaglio del danno sanitario.
2. Ammassi e/o percolati con filtrazione su acquiferi sotterranei confinati, con piezometri o con pozzi presenti nelle vicinanze? L'utenza dei pozzi idropotabili costituisce il bersaglio del danno sanitario.
3. Rilasci cronici di inquinanti diffusi linearmente da corsi d'acqua, da canali e da tubazioni interrato perdenti con piezometri o pozzi presenti nelle vicinanze? L'utenza dei pozzi idropotabili costituisce il bersaglio del danno sanitario.
4. Rilasci periodici su superfici vaste per spandimenti di liquami, fertilizzanti di sintesi, pesticidi o fitofarmaci? L'utenza dei pozzi idropotabili costituisce il bersaglio del danno sanitario.
5. Percolati inquinanti, rilasci diffusi linearmente da tubazioni perdenti o rilasci per spandimenti con percolati diretti verso corpi idrici superficiali (sorgenti, corsi d'acqua, laghi e bacini interni di raccolta d'acqua)? L'utenza delle prese idropotabili ed i consumatori del pescato dai corpi idrici costituiscono il bersaglio del danno sanitario.
6. Ammassi superficiali accessibili in zone frequentate dall'uomo (non recintate in modo efficace, spiagge, ecc.)? I frequentatori delle zone che possono venire a contatto con gli ammassi costituiscono il bersaglio del danno sanitario.
7. Ammassi superficiali collocati in zone esondate e/o esondabili? Gli abitanti, l'utenza dei pozzi idropotabili, ed i consumatori del pescato costituiscono il bersaglio del danno sanitario.
8. Sostanze volatili e/o polveri inquinanti con abitati vicini (entro 400 m.)? Gli abitanti costituiscono il bersaglio del danno sanitario.
9. L'ammasso è frequentato da diversi vettori animali? Le persone che possono venire a contatto con i vari vettori costituiscono il bersaglio del danno sanitario.
10. Nelle vicinanze dell'ammasso sono presenti o zone umide o zone boscate o zone naturali o corridoi di migrazione? Le zone sensibili inquinate costituiscono il bersaglio del danno ecologico.
11. Ammassi visibili in paesaggi tutelati o in contesti naturali? I passanti che attraversano il bacino-visivo del sito contaminato.
12. Ammassi collocati presso pendii instabili e/o instabilità intrinseca dell'ammasso contaminato? L'utenza dei pozzi idropotabili, gli abitanti ed i consumatori del pescato costituiscono il bersaglio del danno sanitario.
13. Altri fattori? La lista di domande è aperta a tutte le integrazioni che la pratica operativa riesce a suggerire. Nel caso si evidenziassero altri fattori di rischio sarà opportuno definirli, definire i bersagli, formalizzare la definizione delle zone critiche e quantificare la magnitudo dei danni.

Una situazione tipo



ALLEGATO 2

1.2.4. Schede per la stima della magnitudo dei danni

FATTORI DI RISCHIO E MAGNITUDO DEI DANNI	SCHEDA PER STIMA SEMPLIFICATA DELLE ZONE CRITICHE																		
<p><b>1. Attrezzi n° pericolati con filtrazione su acquiferi sotterranei non protetti, eppure semi-confinati, e con pozzi ad un idropotabile presenti nelle vicinanze?</b></p> <p>L'assenza dei pozzi idropotabili presenti nelle zone critiche costituisce il bisogno del danno sanitario. La magnitudo (M) del danno sanitario, vale:</p> $M = T \cdot \text{volume attenti dei pozzi presenti nelle zone a rischio}$ <p>dove T è un parametro adimensionale:</p> <p>T=1 per contaminanti cancerogeni,  T=0,1 per contaminanti tossici,  T=0,01 per contaminanti nocivi,  T=0,001 per contaminanti irritanti.</p> <p>La magnitudo del danno sanitario vale:</p> $M' = T \cdot \text{superficie delle zone critiche}$ <p>dove T ha lo stesso valore specificato prima per il danno sanitario.</p>	<p>Le zone critiche sono superfici del territorio, a forma di settori circolari centrati sul sito sorgente dell'inquinamento. Devono essere considerate quattro zone critiche: prossima, vicina, distante, estrema (ad ogni anno critica corrisponde un valore diverso di probabilità di danno, decrescente con la distanza dalla sorgente, come è stato specificato nel capitolo 1.2.1).</p>  <p>dove:  il settore circolare ha ampiezza convenzionale <math>\theta = 30^\circ</math>,  <math display="block">L = 1 - \text{erf}(V \cdot k \cdot t(A)) \quad (\text{m})</math></p> <p>erf(x) è un operatore di smorzamento proporzionale al suo argomento (x) e restituisce un valore adimensionale compreso tra 0 ed 1; i valori di erf(x) sono tabellati nel seguito;</p> <p>L= distanza massima di riferimento pari a:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>zona prossima</th> <th>zona vicina</th> <th>zona distante</th> <th>zona estrema</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2000</td> <td>4000</td> <td>6000</td> <td>8000</td> </tr> </tbody> </table> <p>V= volume dell'attrezzo considerato (<math>\text{m}^3</math>);  k= coefficiente di permeabilità del terreno (<math>\text{m/s}</math>) pari a:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>soffitti non presenti</th> <th>soffitti semi-confinati</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>10^{-4}</math></td> <td><math>10^{-3}</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>t= tempo presunto di permanenza delle sostanze contaminanti (giorni);  A= fattore di difesa del sito (<math>\text{m}^2</math>) con valori convenzionali:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>attrezzi con fondo e copertura permeabili</th> <th>attrezzi isolati con pozzi attutiti e impermeabili</th> <th>attrezzi con lavorati con copertura impermeabile</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> <p>Qualora non fosse accertata la direzione di flusso della falda si assume un'area a rischio rivolta verso le aree con maggiore uso idrico di falda.</p> <p><b>Esempio di calcolo.</b>  Attrezzo di sostanza legittimata, presenti sul sito da circa un anno, con volume stimato di <math>3 \text{ m}^3</math>, in terreni permeabili senza alcun pozzo significativo.  Applicando la formula precedente si ricavano le distanze dalle zone critiche:</p> <p><math>L = 2000 - \text{erf}(3 \cdot 10^{-4} \cdot 365/1) = 2000 - 0,123 = 246 \text{ m}</math> (zona prossima)  <math>L = 4000 - 0,123 = 472 \text{ m}</math> (zona a rischio vicina)  <math>L = 6000 - 0,123 = 718 \text{ m}</math> (zona a rischio lontana)  <math>L = 8000 - 0,123 = 964 \text{ m}</math> (zona a rischio estrema)</p>	zona prossima	zona vicina	zona distante	zona estrema	2000	4000	6000	8000	soffitti non presenti	soffitti semi-confinati	$10^{-4}$	$10^{-3}$	attrezzi con fondo e copertura permeabili	attrezzi isolati con pozzi attutiti e impermeabili	attrezzi con lavorati con copertura impermeabile	1	10	100
zona prossima	zona vicina	zona distante	zona estrema																
2000	4000	6000	8000																
soffitti non presenti	soffitti semi-confinati																		
$10^{-4}$	$10^{-3}$																		
attrezzi con fondo e copertura permeabili	attrezzi isolati con pozzi attutiti e impermeabili	attrezzi con lavorati con copertura impermeabile																	
1	10	100																	

- **Modello Campano (APAT, 2002):** presenta la stessa struttura del Modello Piemontese ma riadattata e ricalibrata sulle specificità locali, sia di tipo idro-geologico sia di tipologie di siti contaminati o potenzialmente tali. Infatti, viene applicato nell'ambito del PdC del SIN Napoli Orientale, le cui aree perimetrate sono costituite da: semplici edifici, adibiti a uffici o abitazioni civili, campi incolti, attività industriali attive o dismesse.  
Nel PRB del 2005, si è pensato di adattare la stessa struttura, con differenti parametri di analisi, a due differenti tipologie di siti: quelli potenzialmente inquinati e quelli inseriti nell'Anagrafe dei siti inquinati, creando due distinti modelli.  
Per i siti potenzialmente inquinati, il modello (VCR I livello) si basa sulle stesse informazioni richieste nella scheda di censimento di tali siti (2507 siti) ed è finalizzato ad orientare l'impegno per gli accertamenti necessari a definire l'effettiva contaminazione di quei siti, sulla base di una limitata disponibilità di dati, nella preliminare fase di acquisizione.  
Per i siti inquinati inseriti nell'Anagrafe il modello permette di definire la priorità di intervento degli stessi, sulla base delle valutazioni del grado di pericolosità relativo assegnato agli stessi. Anche in questo caso, le informazioni richieste da tale modello vengono fatte coincidere con quelle previste nella scheda predisposta per la raccolta dati.

**Sono tutti elaborati in base alla specificità di ciascuna realtà regionale**

- Argia (vers. 1.1 RER 2003; vers. 2.1 CTN\_TES 2004):** si applica solo ai siti inquinati, ai sensi del D.M. 471/99, prende a riferimento sia RBCA (livello 1 e 2) sia l'HRS, in base ad un modello concettuale specifico. Distingue il IR sanitario da quello ambientale. Le vie di trasporto considerate, per il rischio sanitario, sono 5: Acque sotterranee (1), Acque superficiali (2), Aria Indoor (3), Aria Outdoor (4), Contatto diretto (5). Il punteggio associato a ciascuna via è dato dal prodotto dei contributi delle 3 categorie (Sorgente (A)/Vie di trasp. (B)/Bersaglio (C))

$$IVT1(m) = A1 * B1 * C1 \quad (VT1 \div 5)$$

Per ciascun contaminante (m) il Rischio sanitario (IRIm) è pari a

$$IRIm = IVT1 + IVT2 + IVT3 + IVT4 + IVT5 \quad (C = \text{residenti e lav., on/off site})$$

Per il rischio nat.-antropico,  $IVT1(m) = A1 * B1 * C6 \quad (VT1 \div 4)$

$$IRIm = IVT1 + IVT2 + IVT4 + IVT5$$

**(C = zone sensibili)**

$$IR(\text{san}) \text{ tot} = \sum m IRIm$$

con m varia da 1 a n = numero contaminanti che risultano rilevanti

$$IR(\text{nat}) \text{ tot} = \sum m IRIm$$

La sua struttura del calcolo è lineare additiva per le sost. contaminanti, ma moltiplicativa per l'impatto di ciascuna sostanza.

Il procedimento di calcolo avviene attraverso schede guidate, in modalità manuale o automatizzabile. I punteggi delle sorgenti e dei recettori non sono normalizzati.

I requisiti più importanti di A.R.G.I.A sono:

- il sito contaminato è costituito da suolo e/o acque dai quali il contaminante non può essere facilmente rimosso. NON si applica alle DISCARICHE
- Sono indispensabili, nella procedura di calcolo, le concentrazioni degli inquinanti riscontrati nel sito (>LCA)
- Deve essere attribuita al sito la concentrazione “rappresentativa” (ossia il valore massimo delle concentrazioni rilevate, o il 95° percentile nel caso le misure di concentrazione siano più di 20)
- Le concentrazioni degli inquinanti devono essere espresse rispetto al tale quale.
- I criteri di assegnazione della pericolosità intrinseca delle sostanze sono desunti dalla banca dati EPA IRIS. Tuttavia, il numero dei contaminanti considerati nel calcolo è ristretto a quelli che esplicano un impatto potenziale maggiore (detto coefficiente di pericolosità specifica), semplificando i calcoli nel caso di contaminazioni complesse.

- Il sito deve necessariamente avere un'estensione: può non essere nota l'estensione verticale della contaminazione, ma è indispensabile quella orizzontale, ottenuta almeno dal numero minimo di rilievi non allineati (previsti dal DM 471/99-Allegato 2).
- Utili, ma non indispensabili, sono le informazioni stratigrafiche, idrostratigrafiche e climatologiche, rappresentate dai dati di piovosità annuale e dalle frequenze di accadimento delle diverse classi di stabilità atmosferica. Nel caso siano presenti fiumi o laghi, sono opportune le informazioni sul rischio idrologico e sulle aree esondabili.
- Il metodo A.R.G.I.A. è molto sensibile alla popolazione residente. Richiede, infatti, una stima più precisa possibile degli abitanti e degli addetti alle attività produttive nelle diverse fasce di distanza dal sito, entro un raggio di 5 km.
- Il metodo si può applicare anche a scenari complessi in cui recettori diversi possono essere esposti a differenti inquinanti, presenti nelle varie matrici ambientali.
- Per tutti i fattori, richiesti dal calcolo, sia facili che difficili da determinare, il metodo fornisce un valore conservativo di *default*, da utilizzare quando la rispettiva informazione sia assente o carente.

## ANALISI COMPARATIVA

### Struttura di calcolo

- Al fine di valutare la sensibilità e l'eventuale sbilanciamento, per ciascun modello, verso un fattore (nell'ambito della categoria) e/o verso una categoria (nell'ambito del percorso), si utilizzano i seguenti indici comparativi:

*Peso relativo della categoria (P.R.C)* **calcolato per ogni fattore** e pari al rapporto: punteggio del fattore a cui è associato il massimo rischio/ punteggio della categoria a cui è associato il rischio massimo)\*100. Serve ad indicare l'importanza relativa di un dato fattore all'interno della sua categoria.

*Peso relativo del percorso (P.R.P.)* **calcolato per ogni categoria** e pari al rapporto: punteggio massimo della categoria/punteggio massimo del percorso non normalizzato)\*100. Serve ad evidenziare l'importanza di una particolare categoria all'interno di un percorso.

A titolo esemplificativo, attraverso il calcolo del P.R.C al Modello Siciliano, si può osservare che il fattore "Tossicità" è quello predominante all'interno della categoria "Sorgente", così come i fattori "Soggiacenza" e "Insaturo" sono predominanti nell'ambito della categoria "Vie di trasporto".

Considerando, invece, il P.R.P. del Modello Lombardo si osserva come tale modello sia più sbilanciato verso la categoria Sorgente, rispetto alle categorie Vie di trasporto e Bersagli.

Per approfondimenti si rimanda al documento: **“Anagrafe dei siti da bonificare. Supporto all’APAT nella definizione di criteri di valutazione comparata del rischio al fine di stabilire l’ordine di priorità degli interventi di bonifica e ripristino ambientale per i siti inseriti nell’Anagrafe” CTN\_TES 2004 (Tk06.05.04.a)**

[http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Siti\\_contaminati/Caratterizzazione\\_e\\_documentazione](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Siti_contaminati/Caratterizzazione_e_documentazione)

## Valutazioni di carattere generale

- **Non si applicano più modelli su uno stesso sito** ma uno solo per più siti:
  - Sulla base del diverso peso che ciascun modello assegna agli Indici (PRC e PRP), un sito può ottenere una differente posizione nell’elenco di priorità a seconda del modello utilizzato nell’analisi (es. appiattimento dei punteggi in un range di bassi valori nei modelli M.S. e M.L., rispetto al M.P. e M.C., tra quelli che normalizzano i punteggi);
  - Oltre alla differente struttura di calcolo, i modelli si differenziano per quantità e qualità di dati in input, non sempre facilmente acquisibili, in funzione della fase di applicazione di questo tipo di valutazione.
- **La scelta del modello deve tener conto:**
  - del livello di caratterizzazione raggiunto dai siti (metodi più rigorosi per siti abbastanza noti);
  - della tipologia di contaminazione delle aree da valutare.