

VALIDAZIONE DEL SOFTWARE "RISK-NET 2.0"



RECONnet

Rete Nazionale sulla gestione e
la Bonifica dei Siti Contaminati



VALIDAZIONE DEL SOFTWARE "RISK-NET 2.0"

Luglio 2015 (Rev. 0)

Il presente documento riporta i criteri e i risultati della validazione del software di analisi di rischio sanitario-ambientale Risk-net 2.0 (2015). Per la validazione del software è stata adottata la stessa metodologia utilizzata nell'ambito della rete Reconnet per la "Validazione del software Risk-net 1.0" (Reconnet, 2012) e per lo "Studio comparativo di software di analisi di rischio sanitario-ambientale" (Reconnet, 2013).

Gruppo di lavoro RECONnet:

Simona Berardi, Istituto Nazionale Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL)
Igor Villani, Provincia di Ferrara
Andrea Forni, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bologna
Iason Verginelli, Università degli studi di Roma "Tor Vergata"

Coordinamento del GdL:

Simona Berardi, Istituto Nazionale Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL)

RECONnet, Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati

Viale del Politecnico, 1
00133 Roma
www.reconnet.net

DISCLAIMER

Il presente prodotto è il risultato del lavoro coordinato in seno alla rete RECONNET "Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati". I prodotti elaborati dalla Rete sono tutelati dalle norme sul copyright e sono di esclusiva proprietà di tutte le parti coinvolte nell'Accordo. A tal riguardo i "Prodotti RECONnet" possono essere modificati e/ o revocati da RECONNET in qualsiasi momento e senza preavviso. Tutte le indicazioni e i dati presenti nei "Prodotti RECONnet" costituiscono una semplice guida di carattere informativo, finalizzata a conseguire un corretto orientamento per la valutazione e la diffusione di tecnologie e tematiche ambientali. Di conseguenza, la Rete RECONnet e i suoi membri non rilasciano alcuna garanzia e declinano ogni responsabilità in merito alla completezza e all'utilità delle informazioni, dei prodotti o dei processi divulgati, nonché agli eventuali danni derivanti dall'utilizzo degli stessi da parte degli utenti. Il riferimento e i richiami presenti nei documenti RECONNET relativi a tecnologie e prodotti offerti da terze parti non costituiscono un riconoscimento di garanzia e di qualità degli stessi. Le opinioni espresse dagli autori non rappresentano necessariamente quelle degli Enti di Controllo.

INDICE

1	METODOLOGIA DI VALIDAZIONE	4
2	RISULTATI DELLA VALIDAZIONE.....	6
2.1	Differenze rispetto alla versione 1.0.....	6
2.2	Verifica delle equazioni governanti	7
2.3	Individuazione degli errori di implementazione	8
2.4	Controllo con altre soluzioni.....	8
2.4.1	Software analizzati	8
2.4.2	Casi studio e opzioni di calcolo.....	8
2.4.3	Risultati	9
3	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	16
	BIBLIOGRAFIA.....	17

1 METODOLOGIA DI VALIDAZIONE

Esistono in letteratura numerose definizioni per i termini validazione, verifica e taratura di un software. Questi termini comunque sono spesso utilizzati in modo intercambiabile con riferimento allo stesso concetto: il complesso di procedure necessarie per individuare le carenze di correttezza, completezza e affidabilità di un software. La validazione quindi consiste nel controllo di qualità del prodotto rispetto ai requisiti dello stesso, ossia nel controllo che il prodotto finito abbia funzionalità e prestazioni conformi con quelle stabilite all'inizio del processo di sviluppo.

La pianificazione e la realizzazione del processo di validazione sono attività che possono essere realizzate seguendo diversi approcci e metodologie (UNICHIM 2002, Cignoni et. al. 2009) che si differenziano in funzione delle caratteristiche e della complessità del software da validare e delle finalità che si intendono raggiungere.

La procedura di analisi di rischio comprende un insieme di formule analitiche e di modelli matematici che permettono di ricostruire determinati fenomeni reali. In particolare i modelli matematici utilizzati in un livello 2 di analisi, così come le formule, sono di tipo prettamente analitico. Con ciò è possibile affermare che l'analisi di rischio è supportata dall'utilizzo di modelli estremamente semplificati, tale aspetto è comunque compensato dalla conservatività che caratterizza i risultati della procedura e quindi gli output delle simulazioni.

La validazione del software "Risk-net" è stata quindi condotta applicando alcune specifiche metodologie, selezionate in funzione della semplicità che caratterizza la procedura di analisi di rischio, che sono riportate di seguito:

- Verifica del modello: La verifica del modello ha come obiettivo quello di stabilire l'adeguatezza del modello a rappresentare il sistema reale che deve essere simulato. Il modello implementato nel software "Risk-net" ricalca il modello concettuale del sito descritto nel documento (APAT, 2008) e per tale ragione non necessita di verifica.
- Verifica delle equazioni governanti: La correttezza della formattazione in termini matematici dello schema fisico corrisponde alla necessità che le equazioni governanti prescelte descrivano i processi in modo adeguato. Nell'analisi di rischio sanitario-ambientale, le equazioni governanti sono molteplici e riguardano essenzialmente la stima dei fattori di trasporto, della portata effettiva di esposizione, del rischio e/o dell'indice di pericolo. Come per il modello, anche le equazioni di governo contenute nel software in oggetto ricalcano quelle contenute nel documento (APAT, 2008) e per tale ragione non si pone dubbio alla loro validità. Unica eccezione riguarda l'introduzione di alcune opzioni di calcolo esplicitate nei paragrafi successivi.
- Individuazione degli errori di implementazione: A tal fine è stato effettuato un controllo interno e statico (Cignoni et. al. 2009), ossia un controllo proveniente dallo stesso soggetto impegnato nel processo di sviluppo del software e basato sulla analisi del codice di calcolo. I risultati di tale controllo sono riportati nei paragrafi successivi.

Nella fase di "Controllo con altre soluzioni" i risultati sono stati confrontati in termini di rapporto tra gli output di "RBCA Tool Kit" e quelli dell'"altra soluzione". L'RBCA Tool Kit è stato selezionato quale software di riferimento, in virtù dell'elevato grado di validazione e attendibilità dello stesso. Pertanto da tale confronto risulta che se:

- "Risultato = 1": i due valori sono coincidenti;
- "Risultato < 1": il valore restituito dall'RBCA Tool Kit è inferiore a quello dell'"altra soluzione";

- “Risultato > 1”: il valore restituito dall’RBCA Tool Kit è superiore a quello dell’“altra soluzione”;
- “Risultato = 2” (*oppure* “Risultato = 0,5”): il valore restituito dall’RBCA Tool Kit è il doppio (*oppure la metà*) rispetto a quello dell’“altra soluzione”;
- “Risultato = 10” (*oppure* “Risultato = 0,1”): il valore restituito dall’RBCA Tool Kit è di un ordine di grandezza superiore (*oppure inferiore*) rispetto a quello dell’“altra soluzione”.

E’ stato inoltre fissato il seguente limite di accettabilità per la differenza tra i due risultati:

$$0,9 \leq \text{“Risultato”} \leq 1,1$$

2 RISULTATI DELLA VALIDAZIONE

2.1 DIFFERENZE RISPETTO ALLA VERSIONE 1.0

Le principali differenze della versione di Risk-net 2.0 (2015) rispetto alla versione di Risk-net 1.0 (Marzo 2012) sono di seguito elencate

Banca Dati. In questa versione del software è implementata di default la Banca Dati ISS-INAIL (2015).

Utilizzo dati soil-gas. In Risk-net 2.0 è possibile utilizzare i dati di soil-gas sia per il calcolo del rischio di inalazione outdoor e indoor (opzione già presente nella versione 1.0) che per l'aggiornamento delle CSR per inalazione. Nell'attuale versione sono state inoltre modificate le equazioni utilizzate per il calcolo dei fattori di trasporto per il soil-gas associate al suolo superficiale e alla falda.

Concentrazione di saturazione. Nella nuova versione del software, è possibile stimare i rischi (opzione già presente nella versione 1.0) e le CSR non tenendo conto del raggiungimento delle condizioni di saturazione. Tale opzione, seppur non fisicamente significativa in quanto in realtà la tensione di vapore di ogni sostanza (corrispondente alle condizioni di saturazione) limita in effetti la concentrazione raggiungibile in fase vapore, è stata prevista per valutare le CSR ipotetiche che si avrebbero se non si raggiungessero le condizioni di saturazione. Ciò significa che i rischi e le CSR stimati in questo modo sono senza dubbio più conservativi rispetto a quelli reali valutati assumendo una concentrazione pari a quella di saturazione (C_{sat}).

Bilancio di Materia. Nei modelli ASTM il bilancio di materia viene effettuato considerando una ripartizione lineare tra le diverse fasi del suolo. Pertanto nel caso in cui si attivi l'opzione di limitare la concentrazione totale alla C_{sat} calcolata il bilancio di materia che tiene conto dell'esaurimento della sorgente potrebbe risultare sottostimato. In questa versione del software è possibile attivare un'opzione che, nel bilancio di materia, tenga conto anche della presenza della fase separata.

Volatilizzazione Outdoor da Falda. Nella nuova versione del software per il trasporto di vapori outdoor off-site da falda, viene data la possibilità di definire se il trasporto al di fuori del sito avviene per trasporto in falda e successiva volatilizzazione (già prevista nella versione 1.0) o per volatilizzazione on-site e successivo trasporto in atmosfera.

Presenza di una lente (Percorso Volatilizzazione). Nella nuova versione del software, per il percorso di volatilizzazione, l'utente può inserire (se presente) una lente a bassa permeabilità posta tra la sorgente e il piano campagna.

CSR Idrocarburi. Nella nuova versione del software vengono calcolati in maniera automatica le CSR per gli Idrocarburi ($C>12$, $C<12$ e totali) sulla base delle CSR calcolate usando speciazione TPH WG o MADEP. Rispetto alla versione precedente è stato implementato in maniera più rigorosa il metodo della frazione critica riportato nell' Appendice V del manuale ISPRA (2009). In particolare rispetto alla versione precedente nella speciazione MADEP, in maniera cautelativa, le classi miste (Alifatici C9-C18 e Aromatici C11-C22) vengono conteggiate sia nei $C<12$ che nei $C>12$.

Fattore di aggiustamento (ADAF). In accordo con quanto previsto nel documento di supporto della banca dati ISS-INAIL (2015), nella nuova versione del software è stato previsto per alcune sostanze

cancerogene un fattore di aggiustamento da applicare ai parametri tossicologici utilizzati per il recettore bambino.

Modulo Confronto Concentrazioni. Nella nuova versione del software è stata prevista un nuovo modulo (Confronto Concentrazioni) in cui è possibile valutare, in funzione delle concentrazioni totali definite dall'utente, la concentrazione attesa nelle diverse matrici (soil gas, eluato, aria outdoor, aria indoor...) e il corrispondente valore limite (aria indoor, aria outdoor, flux chambers, soil-gas, eluato...) calcolato in funzione delle CSR individuate per le diverse sorgenti (SS, SP e GW).

Modulo Lisciviazione e Trasporto in Falda. Nella nuova versione del software è stata modificata la schermata relativa al trasporto in falda. In questa nuova versione l'utente può valutare per i contaminanti di interesse le concentrazioni in falda attese a diverse distanze dalla sorgente. In questa schermata l'utente può inoltre valutare come cambiano i risultati in funzione del tempo (Steady state vs. Transitorio).

Schermate CSR. Nella nuova versione del software nella schermata delle CSR vengono riportate anche le CRS definite dall'utente e vengono evidenziati i parametri non conformi.

Report. Nella nuova versione del software nella schermata principale è stata inserita la voce "Report" che permette di esportare in un file excel editabile i dati definiti per la simulazione corrente e i risultati ottenuti.

Simulazioni con versione 1.0. Il software permette di ricaricare le simulazioni effettuate con la versione 1.0. Per le opzioni di calcolo non previste nella versione precedente vengono assegnati dei valori di default.

Bug/Malfunzionamenti. Nella nuova versione del software sono stati corretti alcuni malfunzionamenti riscontrati nella versione 1.0.

2.2 VERIFICA DELLE EQUAZIONI GOVERNANTI

Come anticipato nel capitolo precedente, in linea generale le assunzioni e le equazioni di governo contenute in "Risk-net" ricalcano quelle contenute nel documento (APAT, 2008). E' comunque necessario evidenziare la presenza nel software di alcuni elementi aggiuntivi, comunque selezionabili a discrezione dell'utente, che riguardano:

- L'introduzione di formule analitiche in grado di tener conto dell'esaurimento della sorgente di contaminazione anche in caso di lisciviazione, mentre il doc (APAT, 2008) ne tiene conto solo nel caso di volatilizzazione.
- Nel trasporto in falda, l'implementazione dell'equazione di Domenico anche in condizione non stazionaria, ossia in funzione del tempo, oltreché stazionaria, dando la possibilità di optare tra le tre possibilità: DAF1, DAF2 e DAF3.
- La possibilità di limitare la Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente (CRS) alla concentrazione di saturazione (C_{sat}) per volatilizzazione e lisciviazione nei casi in cui risulti $CRS > C_{sat}$.
- L'implementazione delle equazioni previste nel documento ASTM-E2081 (2000) che permettono di effettuare delle verifiche sulla mobilità del prodotto libero in zona satura ed insatura.
- Per volatilizzazione in ambienti confinati, l'implementazione del modello di Johnson & Ettinger che tiene conto anche del contributo convettivo, oltre che diffusivo.

- La possibilità di inserire concentrazioni in sorgente come soil-gas, nel caso di volatilizzazione outdoor ed indoor.

2.3 INDIVIDUAZIONE DEGLI ERRORI DI IMPLEMENTAZIONE

Il controllo riguardante l'individuazione degli errori di implementazione è stato condotto a mezzo di un'esecuzione manuale delle equazioni implementate nel software, i cui risultati sono stati posti a confronto con gli output intermedi e finali del software stesso. Tale attività ha permesso di scoprire difetti originati da errori algoritmici.

2.4 CONTROLLO CON ALTRE SOLUZIONI

2.4.1 Software analizzati

Tale controllo, finalizzato essenzialmente alla verifica della correttezza funzionale del sistema, si è basato sul confronto degli output del software Risk-net versione 2.0 (2015) con quelli di software già esistenti e comunemente utilizzati a livello nazionale. In particolare, per lo studio sono stati selezionati quei software la cui ultima versione è successiva all'entrata in vigore del D.Lgs 152/06, ed in particolare:

- RISC (Risk-Integrated Software for Cleanups) ver. 5.0, Spence Engineering (2011, USA).
- RBCA (Risk Based Corrective Action) Tool Kit for Chemical Releases ver. 2.5, Groundwater Service, Inc. Houston (2009, USA)
- GIUDITTA (Gestione Informatizzata Di Tollerabilità Ambientale) ver. 3.2, Provincia di Milano e URS Dames & Moore (2008, Italia)
- RACHEL (Risk Analysis Calculation Handbook for Environmental and Living-beings) ver. 1.1.5, Politecnico di Torino e Dream S.r.l. (2012, Italia)
- RISK-NET ver. 1.0, Università degli Studi di Roma Tor Vergata (2012, Italia).

2.4.2 Casi studio e opzioni di calcolo

In linea con gli studi effettuati dallo stesso gruppo di lavoro (Reconnet 2012, Reconnet 2013, Berardi et al. 2012, Baciocchi et al. 2012, Verginelli et al. 2013), tali software sono stati applicati a 9 distinti casi studio, estrapolati da casi reali.

Al fine di rendere possibile la riproduzione delle simulazioni, si riportano in Appendice A le tabelle relative a tutti i parametri di input utilizzati, relativamente a:

- scenari di calcolo dei 9 casi studio;
- valori delle Concentrazioni Rappresentative alla Sorgente (CRS);
- valori dei parametri sito-specifici;
- valori dei fattori di esposizione.

Riguardo le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche degli inquinanti indicatori sono stati utilizzati i valori contenuti nella Banca dati ISS-ISPEL (Maggio 2009).

Inoltre, per dare la massima trasparenza all'attività svolta, in allegato al presente documento sono riportati i file delle nove simulazioni per ciascuno dei software utilizzati.

Per permettere il confronto si è proceduto come di seguito indicato:

- Sono stati resi omogenei tutti i parametri di input.
- Per rendere possibile il confronto, per alcuni software sono state attivate/disattivate alcune

specifiche opzioni in modo da permettere, ove possibile, di utilizzare gli stessi criteri di calcolo. Nelle tabelle riportate in appendice sono esplicitate le opzioni di calcolo attivate in ciascun software.

2.4.3 Risultati

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati ottenuti per i diversi casi studio analizzati. Come descritto in precedenza, gli output restituiti da ciascun software sono stati confrontati in termini di rapporto tra quelli di "RBCA Tool Kit" e quelli dell'"altra soluzione". L'RBCA Tool Kit è stato selezionato quale software di riferimento, in virtù dell'elevato grado di validazione e attendibilità dello stesso.

Risultati "Caso studio 1"

**Tabella 1 - OUTPUT: Rischio
(Caso1 - INGESTIONE DI SUOLO, Suolo Superficiale Industriale)**

Inquinante indicatore	Rischio						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Fenolo	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
Piombo	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
Tricloroetilene	5,77E-08	5,77E-08	5,77E-08	5,77E-08	5,77E-08	5,77E-08	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Etilbenzene	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
Alifatici C9-18	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
Crisene	1,83E-07	1,83E-07	1,83E-07	1,83E-07	1,83E-07	1,83E-07	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00

**Tabella 2 - OUTPUT: Indice di pericolo
(Caso1 - INGESTIONE DI SUOLO, Suolo Superficiale Industriale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Fenolo	2,94E-04	2,94E-04	2,94E-04	2,94E-04	2,94E-04	2,94E-04	9,98E-01	1,00E+00	9,98E-01	1,00E+00	1,00E+00
Piombo	4,19E-01	4,19E-01	4,19E-01	4,19E-01	4,19E-01	4,19E-01	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Tricloroetilene	2,45E-03	2,45E-03	2,45E-03	2,45E-03	2,45E-03	2,45E-03	9,98E-01	1,00E+00	9,98E-01	1,00E+00	1,00E+00
Etilbenzene	7,34E-04	7,34E-04	7,34E-04	7,34E-04	7,34E-04	7,34E-04	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Alifatici C9-18	1,10E-02	1,10E-02	1,10E-02	1,10E-02	1,10E-02	1,10E-02	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	9,99E-01
Crisene	2,45E-03	2,45E-03	2,45E-03	2,45E-03	2,45E-03	2,45E-03	9,98E-01	1,00E+00	9,98E-01	1,00E+00	1,00E+00

**Tabella 3 - OUTPUT: Rischio
(Caso1 - CONTATTO DERMICO, Suolo Superficiale Industriale)**

Inquinante indicatore	Rischio						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Fenolo	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
Piombo	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
Tricloroetilene	7,61E-08	7,61E-08	7,61E-08	7,61E-08	7,61E-08	7,61E-08	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Etilbenzene	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
Alifatici C9-18	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
Crisene	3,15E-07	3,15E-07	3,15E-07	3,15E-07	3,15E-07	3,15E-07	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00

**Tabella 4 - OUTPUT: Indice di pericolo
(Caso1 - CONTATTO DERMICO, Suolo Superficiale Industriale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Fenolo	3,87E-04	3,87E-04	3,87E-04	3,87E-04	3,87E-04	3,87E-04	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Piombo	5,54E-02	5,54E-02	5,54E-02	5,54E-02	5,54E-02	5,54E-02	9,99E-01	1,00E+00	9,99E-01	1,00E+00	9,99E-01
Tricloroetilene	3,23E-03	3,23E-03	3,23E-03	3,23E-03	3,23E-03	3,23E-03	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Etilbenzene	9,69E-04	9,69E-04	9,69E-04	9,69E-04	9,69E-04	9,69E-04	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Alifatici C9-18	1,45E-02	1,45E-02	1,45E-02	1,45E-02	1,45E-02	1,45E-02	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Crisene	4,20E-03	4,20E-03	4,20E-03	4,20E-03	4,20E-03	4,20E-03	9,99E-01	1,00E+00	9,99E-01	1,00E+00	9,99E-01

Riguardo le modalità di esposizione “contatto dermico” e “ingestione di suolo”, dall’esame delle tabelle sopra riportate è possibile constatare che i risultati dei cinque software sono praticamente coincidenti. In tale ambito è opportuno sottolineare che essendo modalità di esposizione dirette, per la stima del rischio (e dell’indice di pericolo) ad esse associato, non entra in gioco alcun fattore di trasporto (FT).

**Tabella 5 - OUTPUT: Rischio
(Caso1 - RISCHIO RISORSA IDRICA, Suolo Superficiale Industriale)**

Inquinante indicatore	Rischio Risorsa Idrica						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Fenolo	1,75E+05	1,81E+05	4,71E+04	1,77E+05	1,75E+05	1,75E+05	9,71E-01	3,72E+00	9,90E-01	9,90E-01	1,00E+00
Piombo	1,07E+03	7,98E+02	1,27E+03	1,08E+03	1,07E+03	1,07E+03	1,33E+00	8,39E-01	9,87E-01	9,87E-01	1,00E+00
Tricloroetilene	3,58E+03	4,21E+02	9,62E+02	3,61E+03	3,58E+03	3,58E+03	8,50E+00	3,72E+00	9,91E-01	9,91E-01	1,00E+00
Etilbenzene	2,69E+02	6,81E+01	7,24E+01	2,72E+02	2,69E+02	2,69E+02	3,95E+00	3,72E+00	9,89E-01	9,89E-01	1,00E+00
Alifatici C9-18	1,85E-01	2,08E-43	6,68E-03	1,87E-01	1,85E-01	1,85E-01	8,88E+41	2,77E+01	9,89E-01	9,89E-01	1,00E+00
Crisene	1,48E+00	1,29E-08	7,49E-02	1,49E+00	1,48E+00	1,48E+00	1,14E+08	1,97E+01	9,90E-01	9,90E-01	1,00E+00

Riguardo il rischio per la risorsa idrica sotterranea risulta che:

- I risultati di RBCA Tool Kit, RACHEL e RISK-NET (1.0 e 2.0) sono perfettamente coincidenti.
- Giuditta, invece evidenzia delle differenze rispetto all’RBCA ToolKit che, in termini di rapporto tra fattori, oscillano tra 0,9 e 28. Tali differenze presumibilmente sono riconducibili al fatto che in Giuditta per il percorso di lisciviazione si tiene conto, a differenza degli altri software, dell’esaurimento della sorgente.
- Anche RISC5 evidenzia delle differenze rispetto all’RBCA ToolKit. Tali differenze sono sostanzialmente imputabili all’utilizzo di un diverso modello di trasporto per la lisciviazione in falda (Unsaturated Zone Model) e per il trasporto in falda (Groundwater Model). In particolare, il primo è un modello abbastanza complesso che tiene conto, tra l’altro, della diminuzione nel tempo della sorgente, calcolando anche le perdite per volatilizzazione del composto oltre che la biodegradazione nel tempo (opzionale). Tale modellistica, di livello, fornisce quindi in termini di rischio dei valori inferiori, quindi meno cautelativi, rispetto agli altri software. In particolare, le discrepanze maggiori sono relative alle specie chimiche con alti valori di Koc e/o di Costante di Henry (Crisene e Alifatici C9-18, rispettivamente).

Risultati “Caso studio 2” e “Caso studio 3”

**Tabella 6 - OUTPUT: Rischio
(Caso2 - INALAZIONE DI VAPORI OUTDOOR, Suolo Profondo Residenziale)**

Inquinante indicatore	Rischio						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Cloruro di vinile	3,64E-09	3,74E-09	4,40E-09	3,64E-09	3,64E-09	3,64E-09	9,73E-01	8,27E-01	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Benzene	3,23E-08	1,88E-08	3,90E-08	3,23E-08	3,23E-08	3,23E-08	1,72E+00	8,27E-01	9,99E-01	1,00E+00	1,00E+00
Mercurio	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
2-Clorofenolo	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
PCB	1,31E-10	8,42E-11	1,58E-10	1,31E-10	1,31E-10	1,31E-10	1,55E+00	8,28E-01	9,99E-01	1,00E+00	1,00E+00

**Tabella 7 - OUTPUT: indice di pericolo
(Caso2 - INALAZIONE DI VAPORI OUTDOOR, Suolo Profondo Residenziale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Cloruro di vinile	1,20E-05	3,86E-05	1,20E-05	1,20E-05	1,20E-05	1,20E-05	3,12E-01	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Benzene	4,03E-04	4,87E-04	4,03E-04	4,03E-04	4,03E-04	4,03E-04	8,28E-01	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Mercurio	1,28E-02	8,44E-03	1,28E-02	1,28E-02	1,28E-02	1,28E-02	1,51E+00	9,96E-01	9,96E-01	1,00E+00	1,00E+00
2-Clorofenolo	8,83E-05	5,31E-05	8,83E-05	8,83E-05	8,83E-05	8,83E-05	1,66E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
PCB	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-

**Tabella 8 - OUTPUT: Rischio
(Caso3 - INALAZIONE DI VAPORI INDOOR, Falda Residenziale)**

Inquinante indicatore	Rischio						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Cloruro di vinile	2,39E-10	2,36E-10	2,85E-10	2,48E-10	2,38E-10	2,38E-10	1,01E+00	8,39E-01	9,64E-01	1,01E+00	1,00E+00
Benzene	1,14E-09	1,57E-09	1,37E-09	1,19E-09	1,14E-09	1,14E-09	7,26E-01	8,32E-01	9,58E-01	1,00E+00	1,00E+00
Mercurio	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
2-Clorofenolo	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-
PCB	7,13E-10	9,88E-10	8,91E-10	7,73E-10	7,13E-10	7,13E-10	7,22E-01	8,00E-01	9,23E-01	1,00E+00	1,00E+00

**Tabella 9 - OUTPUT: Indice di pericolo
(Caso3 - INALAZIONE DI VAPORI INDOOR, Falda Residenziale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Cloruro di vinile	7,92E-07	7,83E-07	7,55E-07	8,22E-07	7,87E-07	7,87E-07	1,01E+00	1,05E+00	9,63E-01	1,01E+00	1,01E+00
Benzene	1,42E-05	1,96E-05	1,37E-05	1,49E-05	1,42E-05	1,42E-05	7,26E-01	1,04E+00	9,56E-01	1,00E+00	1,00E+00
Mercurio	9,19E-04	1,26E-03	8,84E-04	9,62E-04	9,19E-04	9,19E-04	7,29E-01	1,04E+00	9,55E-01	1,00E+00	1,00E+00
2-Clorofenolo	3,42E-03	4,68E-03	3,46E-03	3,75E-03	3,42E-03	3,42E-03	7,31E-01	9,88E-01	9,12E-01	1,00E+00	1,00E+00
PCB	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-

Riguardo le modalità di esposizione inalazione outdoor da suolo profondo (Caso 2) e inalazione indoor da falda (Caso 3), dall'esame delle tabelle è possibile constatare che:

- I risultati dei software RBCA Tool Kit, RACHEL e RISK-NET (1.0 e 2.0) risultano estremamente allineati.
- Le differenze tra gli output di RBCA Tool Kit e Giuditta sono comprese tra 0,8 e 1.
- Le differenze tra gli output di RBCA Tool Kit e RISC sono comprese tra 0,3 e 1,7 nel caso di inalazione outdoor da suolo profondo (Caso 2), e tra 0,7 e 1 nel caso di inalazione indoor da falda (Caso 3).

Risultati “Caso studio 4”

**Tabella 10 - OUTPUT: Indice di pericolo
(Caso 4 - INGESTIONE DI SUOLO, Suolo Superficiale Industriale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Alifatici C5-C8	9,17E-03	9,17E-03	9,17E-03	9,17E-03	9,17E-03	9,17E-03	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Alifatici C9-C18	1,10E-02	1,10E-02	1,10E-02	1,10E-02	1,10E-02	1,10E-02	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Alifatici C19-C36	5,50E-04	5,50E-04	5,50E-04	5,50E-04	5,50E-04	5,50E-04	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Aromatici C9-C10	1,22E-02	1,22E-02	1,22E-02	1,22E-02	1,22E-02	1,22E-02	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Aromatici C11-C22	3,67E-02	3,67E-02	3,67E-02	3,67E-02	3,67E-02	3,67E-02	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00

**Tabella 11 - OUTPUT:Indice di pericolo
(Caso 4 - CONTATTO DERMICO, Suolo Superficiale Industriale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Alifatici C5-C8	6,05E-02	6,05E-02	6,05E-02	6,05E-02	6,05E-02	6,05E-02	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Alifatici C9-C18	7,27E-02	7,27E-02	7,27E-02	7,27E-02	7,27E-02	7,27E-02	9,99E-01	1,00E+00	9,99E-01	1,00E+00	9,99E-01
Alifatici C19-C36	3,63E-03	3,63E-03	3,63E-03	3,63E-03	3,63E-03	3,63E-03	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Aromatici C9-C10	8,07E-02	8,07E-02	8,07E-02	8,07E-02	8,07E-02	8,07E-02	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00
Aromatici C11-C22	2,42E-01	2,42E-01	2,42E-01	2,42E-01	2,42E-01	2,42E-01	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00

**Tabella 12 - OUTPUT: Rischio
(Caso 4 - RISCHIO RISORSA IDRICA, Suolo Superficiale Industriale)**

Inquinante indicatore	Rischio Risorsa Idrica						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Alifatici C5-C8	1,52E+01	-	5,74E+00	1,54E+01	1,52E+01	1,52E+01	-	2,65E+00	9,88E-01	1,00E+00	1,00E+00
Alifatici C9-C18	1,85E-01	-	5,21E-03	1,87E-01	1,85E-01	1,85E-01	-	3,55E+01	9,89E-01	1,00E+00	9,99E-01
Alifatici C19-C36	-	-	3030 (*)	-	-	---	-	-	-	-	-
Aromatici C9-C10	2,34E+01	1,20E+00	2,18E+01	2,36E+01	2,34E+01	2,34E+01	1,96E+01	1,07E+00	9,92E-01	1,00E+00	1,00E+00
Aromatici C11-C22	2,51E+01	5,83E+00	3,03E+00	2,53E+01	2,51E+01	2,51E+01	4,31E+00	8,29E+00	9,93E-01	1,00E+00	1,00E+00

(*) Per gli Alifatici C19-C36 che risultano immobili (Banca Dati ISS-ISPESL non definisce Koc) sembrerebbe che Giuditta considera Koc = 0 (che corrisponde alla condizione in cui il contaminante è tutto in soluzione) mentre si dovrebbe considerare Koc infinito (che corrisponde invece alla condizione in cui tutto il contaminante è adsorbito al suolo).

In linea con quanto riscontrato per il caso studio 1, riguardo le modalità di esposizione “contatto dermico” e “ingestione di suolo” i risultati dei cinque software sono praticamente coincidenti.

Riguardo il rischio per la risorsa idrica sotterranea, anche per il presente caso studio, è possibile osservare che:

- I risultati di RBCA Tool Kit, RACHEL e RISK-NET (1.0 e 2.0) sono perfettamente coincidenti.
- Giuditta, evidenzia invece delle differenze rispetto all'RBCA ToolKit che, in termini di rapporto tra fattori, oscillano tra 1 e 35. Tali differenze presumibilmente sono riconducibili al fatto che in Giuditta per il percorso di lisciviazione si tiene conto, a differenza degli altri software, dell'esaurimento della sorgente. Tuttavia questo risulta difficilmente identificabile, principalmente a causa dell'impossibilità di visionare gli output intermedi di Giuditta.
- Anche il RISC5 evidenzia delle differenze rispetto alla RBCA ToolKit comprese tra 19 e 4,3 in termini di rapporto tra gli output. Come discusso in precedenza, tali differenze sono sostanzialmente imputabili all'utilizzo di un diverso modello di trasporto per la lisciviazione in falda e per il trasporto in falda.

Risultati “Caso studio 5”

**Tabella 13 - OUTPUT: Indice di pericolo
(Caso 5 - INALAZIONE DI VAPORI OUTDOOR, Suolo Profondo Residenziale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con					
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	
Alifatici C5-C8	6,05E-03	2,88E-02	5,79E-03	6,05E-03	6,05E-03	6,05E-03	2,10E-01	1,04E+00	9,99E-01	1,00E+00	1,00E+00	
Alifatici C9-C18	2,47E-03	9,97E-04	2,35E-03	2,47E-03	2,47E-03	2,47E-03	2,48E+00	1,05E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	
Alifatici C19-C36	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-	
Aromatici C9-C10	3,60E-03	3,11E-03	3,41E-03	3,60E-03	3,60E-03	3,60E-03	1,16E+00	1,06E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	
Aromatici C11-C22	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-	

Risultati “Caso studio 6”

**Tabella 14 - OUTPUT: Indice di pericolo
Caso 6 - INALAZIONE DI VAPORI INDOOR, Falda Residenziale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con					
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	
Alifatici C5-C8	6,03E-03	4,82E-03	5,72E-03	6,00E-03	5,98E-03	5,98E-03	1,25E+00	1,05E+00	1,01E+00	1,01E+00	1,01E+00	
Alifatici C9-C18	5,93E-03	4,31E-03	5,65E-03	5,90E-03	5,88E-03	5,88E-03	1,38E+00	1,05E+00	1,01E+00	1,01E+00	1,01E+00	
Alifatici C19-C36	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-	
Aromatici C9-C10	3,09E-03	4,20E-03	2,96E-03	3,10E-03	3,09E-03	3,09E-03	7,35E-01	1,04E+00	9,95E-01	1,00E+00	9,99E-01	
Aromatici C11-C22	-	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-	

Risultati “Caso studio 7”

**Tabella 15 - OUTPUT: Rischio
(Caso 7 - INALAZIONE DI VAPORI INDOOR, Falda Industriale)**

Inquinante indicatore	Rischio						Rapporto RBCA con					
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	
Benzene	2,65E-09	2,55E-09	2,63E-09	2,76E-09	2,65E-09	2,65E-09	1,04E+00	1,01E+00	9,62E-01	1,00E+00	1,00E+00	
Toluene	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-	-	
Alifatici C9-C18	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-	-	
MTBE	-	-	-	-	---	-	-	-	-	-	-	

**Tabella 16 - OUTPUT: Indice di pericolo
(Caso 7 - INALAZIONE DI VAPORI INDOOR, Falda Industriale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con					
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	
Benzene	3,18E-05	3,06E-05	3,16E-05	3,31E-05	3,18E-05	3,18E-05	1,04E+00	1,01E+00	9,62E-01	1,00E+00	1,00E+00	
Toluene	1,85E-06	1,72E-06	1,60E-06	1,90E-06	1,85E-06	1,85E-06	1,07E+00	1,16E+00	9,73E-01	1,00E+00	1,00E+00	
Alifatici C9-C18	3,33E-02	2,82E-02	NC*	3,48E-02	3,33E-02	3,33E-02	1,18E+00	-	9,57E-01	1,00E+00	1,00E+00	
MTBE	1,05E-05	1,10E-05	9,45E-06	9,91E-06	1,05E-05	1,05E-05	9,55E-01	1,11E+00	1,06E+00	1,00E+00	1,00E+00	

(*) Non calcolato in quanto Giuditta per CRS < CSC non permette il calcolo del rischio

Risultati "Caso studio 8"

**Tabella 17 - OUTPUT: Indice di pericolo
(Caso 8 - INGESTIONE E CONTATTO DERMICO SUOLO, Suolo Superficiale Industriale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Mercurio	9,60E-02	9,60E-02	9,60E-02	9,60E-02	9,60E-02	9,60E-02	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00

**Tabella 18 - OUTPUT: Indice di pericolo
(Caso 8 - INALAZIONE DI VAPORI OUTDOOR, Suolo Superficiale Industriale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Mercurio	2,55E+00	4,62E+00	2,04E+00	2,55E+00	2,55E+00	2,55E+00	5,52E-01	1,25E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00

**Tabella 19 - OUTPUT: Indice di pericolo
(Caso 8 - INALAZIONE DI VAPORI INDOOR, Suolo Superficiale Industriale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Mercurio	2,43E+01	2,42E+01	2,09E+01	2,38E+01	2,45E+01	2,45E+01	1,00E+00	1,16E+00	1,02E+00	9,90E-01	9,90E-01

Risultati "Caso studio 9"

**Tabella 20 - OUTPUT: Rischio
(Caso 9 - INALAZIONE DI VAPORI INDOOR, Falda Industriale)**

Inquinante indicatore	Rischio						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Benzene	2,19E-08	2,14E-08	2,18E-08	2,36E-08	2,19E-08	2,19E-08	1,02E+00	1,01E+00	9,29E-01	1,00E+00	1,00E+00
Toluene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)antracene	4,62E-11	4,66E-11	3,74E-11	3,88E-11	4,62E-11	4,62E-11	9,91E-01	1,23E+00	1,19E+00	1,00E+00	1,00E+00
Cloruro di vinile	4,99E-06	4,38E-06	4,96E-06	5,44E-06	4,99E-06	4,99E-06	1,14E+00	1,01E+00	9,17E-01	1,00E+00	1,00E+00
Triclorometano	3,74E-10	3,67E-10	3,70E-10	3,98E-10	3,74E-10	3,74E-10	1,02E+00	1,01E+00	9,41E-01	1,00E+00	1,00E+00
Dicloroetano, 1,2-	3,00E-09	3,15E-09	2,94E-09	3,23E-09	3,00E-09	3,00E-09	9,51E-01	1,02E+00	9,28E-01	1,00E+00	1,00E+00
Dicloroetilene - 1,1	3,01E-06	2,73E-06	2,93E-06	3,26E-06	3,01E-06	3,01E-06	1,10E+00	1,03E+00	9,23E-01	1,00E+00	1,00E+00
Tricloroetilene	3,87E-10	3,58E-10	3,84E-10	4,10E-10	3,87E-10	3,87E-10	1,08E+00	1,01E+00	9,43E-01	1,00E+00	1,00E+00
Dicloroetano, 1,1-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicloropropano, 1,2-	4,33E-07	4,39E-07	4,28E-07	4,64E-07	4,33E-07	4,33E-07	9,86E-01	1,01E+00	9,33E-01	1,00E+00	1,00E+00
Tricloroetano, 1,1,2-	1,88E-09	2,00E-09	1,84E-09	2,04E-09	1,88E-09	1,88E-09	9,42E-01	1,02E+00	9,23E-01	1,00E+00	1,00E+00

**Tabella 21 - OUTPUT: Indice di Pericolo
(Caso 9 - INALAZIONE DI VAPORI INDOOR, Falda Industriale)**

Inquinante indicatore	Indice di pericolo						Rapporto RBCA con				
	RBCA	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0	RISC	GIUDITTA	RACHEL	RISK-NET 1.0	RISK-NET 2.0
Benzene	2,63E-04	2,57E-04	2,61E-04	2,83E-04	2,63E-04	2,63E-04	1,02E+00	1,01E+00	9,29E-01	1,00E+00	1,00E+00
Toluene	2,93E-06	2,76E-06	2,91E-06	3,10E-06	2,93E-06	2,93E-06	1,06E+00	1,01E+00	9,45E-01	1,00E+00	1,00E+00
Benzo(a)antracene	7,56E-10	7,64E-10	6,13E-10	6,36E-10	7,56E-10	7,56E-10	9,89E-01	1,23E+00	1,19E+00	1,00E+00	1,00E+00
Cloruro di vinile	1,59E-02	1,39E-02	1,58E-02	1,73E-02	1,59E-02	1,59E-02	1,14E+00	1,00E+00	9,16E-01	1,00E+00	9,97E-01
Triclorometano	9,30E-07	9,12E-07	9,22E-07	9,89E-07	9,30E-07	9,30E-07	1,02E+00	1,01E+00	9,41E-01	1,00E+00	1,00E+00
Dicloroetano, 1,2-	3,23E-05	3,40E-05	3,18E-05	3,49E-05	3,23E-05	3,23E-05	9,51E-01	1,02E+00	9,27E-01	1,00E+00	1,00E+00
Dicloroetilene - 1,1	8,43E-04	7,64E-04	8,39E-04	9,13E-04	8,43E-04	8,43E-04	1,10E+00	1,00E+00	9,23E-01	1,00E+00	1,00E+00
Tricloroetilene	3,01E-05	2,79E-05	2,99E-05	3,19E-05	3,01E-05	3,01E-05	1,08E+00	1,01E+00	9,43E-01	1,00E+00	9,99E-01
Dicloroetano, 1,1-	9,52E-05	9,19E-05	NC*	9,99E-05	9,52E-05	9,52E-05	1,04E+00	-	9,53E-01	1,00E+00	1,00E+00
Dicloropropano, 1,2-	1,56E-02	1,58E-02	1,55E-02	1,68E-02	1,56E-02	1,56E-02	9,90E-01	1,01E+00	9,31E-01	1,00E+00	1,00E+00
Tricloroetano, 1,1,2-	1,65E-06	1,75E-06	1,62E-06	1,79E-06	1,65E-06	1,65E-06	9,44E-01	1,02E+00	9,23E-01	1,00E+00	1,00E+00

(*) Non calcolato in quanto Giuditta per CRS < CSC non permette il calcolo del rischio

I casi studio da 5 a 9 riguardano la volatilizzazione di vapori indoor o outdoor da suolo superficiale (SS), suolo profondo (SP) o falda (GW). Esaminando le tabelle degli output è possibile evidenziare che:

- Riguardo l'inalazione di vapori indoor da falda (casi 6, 7 e 9), tutti i software forniscono risultati pressoché coincidenti, ad eccezione del caso studio 6 in corrispondenza del quale RISC evidenzia delle lievi differenze rispetto all'RBCA ToolKit comprese tra 0,7 e 1,4.
- Riguardo l'inalazione di vapori outdoor da suolo profondo (casi 2 e 5), i software RBCA Tool Kit, RACHEL e RISK-NET (1.0 e 2.0) forniscono risultati pressoché coincidenti, mentre RISC e Giuditta evidenziano delle differenze rispetto all'RBCA ToolKit comprese rispettivamente tra 0,3 e 2,5 e tra 0,8 e 1,1.
- Riguardo l'inalazione di vapori outdoor da suolo superficiale (caso 8), i software RBCA Tool Kit, RACHEL e RISK-NET (1.0 e 2.0) forniscono risultati pressoché coincidenti, mentre RISC e Giuditta evidenziano delle differenze rispetto all'RBCA ToolKit pari rispettivamente a 0,5 e 1,2.
- Riguardo l'inalazione di vapori indoor da suolo superficiale (caso 8), i cinque software forniscono risultati pressoché coincidenti.

3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dai confronti riportati in questo studio è possibile concludere quanto segue:

- Per le modalità di esposizione contatto dermico e ingestione tutti i cinque software forniscono output perfettamente coincidenti.
- Per tutte le altre modalità di esposizione esaminate, il software RISK-NET 2.0 restituisce risultati pressoché coincidenti a quelli ottenuti con RBCA Tool Kit, RACHEL e RISK-NET 1.0 e 2.0.
- Per la volatilizzazione in/outdoor da SS, SP e GW il software RISK-NET 2.0 può invece fornire risultati diversi rispetto a quelli ottenuti utilizzando RISC5 e Giuditta. In particolare i confronti effettuati in questo studio hanno messo in evidenza che delle differenze tra gli output forniti da RISC5 e Giuditta e quelli ottenuti con l'RBCA ToolKit comprese rispettivamente tra 0,3 e 2,5 e tra 0,8 e 1,1.
- Per il rischio per la risorsa idrica RISC5 e Giuditta forniscono dei risultati in alcuni casi significativamente diversi rispetto a quelli ottenuti con il software RISK-NET 2.0. In particolare, i confronti effettuati in questo studio hanno evidenziato delle differenze negli output del RISC5 e di Giuditta rispetto all'RBCA ToolKit in alcuni casi anche molto significative. Per quanto riguarda RISC5 tali differenze sono sostanzialmente imputabili all'utilizzo di un diverso modello di trasporto per la lisciviazione in falda (Unsaturated Zone Model) e per il trasporto in falda (AT123D Model). Per Giuditta tali differenze presumibilmente sono riconducibili al fatto che in Giuditta per il percorso di lisciviazione si tiene conto, a differenza degli altri software, dell'esaurimento della sorgente. Tuttavia questo risulta difficilmente identificabile, principalmente a causa dell'impossibilità di visionare gli output intermedi di Giuditta.

BIBLIOGRAFIA

- APAT (2008) 'Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati', rev. 2.
- ASTM (2000) 'Standard Guide for Risk-Based Corrective Action', Designation: E-2081-00.
- Baciocchi R., Berardi S., Forni A., Sconocchia A., Traversa A., Verginelli I., Villani I. (2012). 'Descrizione e validazione del nuovo software di Analisi di Rischio Risk-net'. ECO, tecnologie per l'ambiente bonifiche e rifiuti, 18, 30-33. DEA Edizioni.
- Berardi S., Villani I., Forni A., Verginelli I., Traversa A., Marescalco P. (2012). 'Confronto tra i diversi software disponibili sul mercato per la procedura di analisi di rischio'. Atti del convegno "Remediation Technologies conference" (REMTECH 2012). Ferrara (Italia), Settembre 2012. ISBN: 978-88-904428-6-5.
- Cignoni G.A., Montangero C., Semini L. (2009) 'Il controllo del software: verifica e validazione' Corso di Ingegneria del software, Laurea in Informatica e Informatica applicata, Dipartimento di Informatica, Università di Pisa.
- D.Lgs 04/08 (2008) 'Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale', Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 24 del 29 Gennaio 2008, Supplemento Ordinario n.24.
- D.Lgs 152/06 (2006) 'Norme in materia ambientale', Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale N.88 del 14 Aprile 2006, Supplemento Ordinario n.96.
- ISS-ISPEL (2009) 'Banca dati ISS/ISPEL. Proprietà chimico-fisiche e tossicologiche dei contaminanti', aggiornata a maggio del 2009.
- RECONNET (2012) 'Validazione del software Risk-net', Disponibile su www.reconnet.net.
- RECONNET (2013) 'Studio comparativo di software di analisi di rischio sanitario-ambientale', Disponibile su www.reconnet.net.
- UNICHIM (2002) 'Suoli e falde contaminati: analisi di rischio sito-specifica, criteri e parametri' Manuale UNICHIM N. 196/1
- Verginelli I., Berardi S., Forni A., Marescalco P., Traversa A., Villani I. (2013). 'Benchmark di software di analisi di rischio applicata ai siti contaminati'. Atti del Workshop "Siti Contaminati. Esperienze negli interventi di risanamento" (SiCon 2013). Roma (Italia), Febbraio 2013. ISBN: 88-7850-013-5.

APPENDICE A

Confronto tra output:
Parametri di input utilizzati per i 9 casi studio

Tab. A.1 – Controllo con altre soluzioni: Scenari di calcolo dei 9 casi studio

DATI DI INPUT	Caso studio 1	Caso studio 2	Caso studio 3	Caso studio 4	Caso studio 5	Caso studio 6	Caso studio 7	Caso studio 8	Caso studio 9
Destinazione d'uso del sito	Industriale	Residenziale	Residenziale	Industriale	Residenziale	Residenziale	Industriale	Industriale	Industriale
Modalità di applicazione dell'AdR	diretta	diretta	diretta	diretta	diretta	diretta	diretta/inversa	diretta	diretta
Sorgenti di contaminazione	SS	SP	GW	SS	SP	GW	GW	SS	GW
Inquinanti indicatori	Fenolo, Piombo, Tricloroetilene, Etilbenzene, Alifatici C9 - C18, Crisene	Cloruro di vinile, Benzene, Mercurio, 2-Clorofenolo, PCB		Alifatici C5-C8 - Alifatici C9 - C18 - Alifatici C19 - C36, Aromatici C9-C10 - Aromatici C11-C22			Vedere "Tabella 3"		
CRS	CSC x 3			CSC x 3			Vedere "Tabella 3"		
Meccanismi di trasporto	- (Diretto) - Percolazione e trasporto in falda	- Volatilizzazione di vapori outdoor	- Volatilizzazione di vapori indoor	- (Diretto) - Percolazione e trasporto in falda	- Volatilizzazione di vapori outdoor	- Volatilizzazione di vapori indoor	- Volatilizzazione vapori outdoor - Volatilizzazione vapori indoor	- Volatilizzazione vapori - Sospensione particolato	- Volatilizzazione di vapori indoor
Modalità di esposizione	- Ing suolo e contatto dermico (ON-SITE) - Rischio risorsa idrica (OFF-SITE)	- Inalazione di vapori outdoor (ON-SITE)	- Inalazione di vapori indoor (ON-SITE)	- Ing suolo e contatto dermico (ON-SITE) - Rischio risorsa idrica (OFF-SITE)	- Inalazione di vapori outdoor (ON-SITE)	- Inalazione di vapori indoor (ON-SITE)	- Inalazione di vapori outdoor (ON-SITE) - Inalazione di vapori indoor (ON-SITE)	- Ing suolo e contatto dermico (ON-SITE) - Inalazione di vapori outdoor (ON-SITE) - Inalazione di vapori indoor (ON-SITE)	Inalazione di vapori indoor (ON-SITE)
Recettori	Lavoratori (adulti)	Residenti (adulti)	Residenti (adulti)	Lavoratori (adulti)	Residenti (adulti)	Residenti (adulti)	Lavoratori (adulti)	Lavoratori (adulti)	Lavoratori (adulti)
Tessitura terreno insaturo	SANDY LOAM	SILT LOAM	SILTY CLAY	SANDY LOAM	SILT LOAM	SILTY CLAY	SILT	SAND RBCA	SILT
Tessitura terreno saturo									
Parametri caratteristici del sito, diversi da default [SPRA, 2008]	Livello piezometrico dell'acquifero, Spessore frangia capillare, Infiltrazione efficace, Spessore della falda, Geometria della sorgente di contaminazione, Conducibilità idraulica del terreno saturo, Distanza dal punto di conformità, Caratteristiche dell'ambiente indoor			Livello piezometrico dell'acquifero, Spessore frangia capillare, Infiltrazione efficace, Spessore della falda, Geometria della sorgente di contaminazione, Conducibilità idraulica del terreno saturo, Distanza dal punto di conformità, Caratteristiche dell'ambiente indoor			---		
Punto di conformità per la falda	25 metri	---	---	25 metri	---	---	---	---	---

Tab. A.2 – Concentrazioni rappresentative alla sorgente (CRS) per i casi studio 7, 8 e 9

CASO 7		CASO 8		CASO 9	
Inquinante indicatore	CRS (mg/l)	Inquinante indicatore	CRS (mg/kg)	Inquinante indicatore	CRS (mg/l)
Benzene	3.1E-3	Mercurio	5.2E+1	Benzene	2.6E-2
Toluene	2.8E-2			Toluene	4.5E-2
Alifatici C9-C18	1.5E-1			Benzo(a)antracene	2.1E-4
MTBE	7.3E-2			Cloruro di vinile	1.5E+0
				Triclorometano	1.7E-4
				Dicloroetano, 1,2-	2.1E-3
				Dicloroetilene - 1,1	1.7E-1
				Tricloroetilene	1.5E-3
				Dicloroetano, 1,1-	1.6E-1
				Dicloropropano, 1,2-	3.3E-1
				Tricloroetano, 1,1,2-	2.6E-3

Tab. A.3.a – Valori dei parametri sito-specifici per i casi studio da 1 a 6 (*)

Documento [APAT, 2008]				Caso studio 1	Caso studio 2	Caso studio 3	Caso studio 4	Caso studio 5	Caso studio 6
Simbolo	Parametro	Unità di misura	Valore di default	Valore sito specifico					
Geometria della zona insatura									
L_{GW}	Livello piezometrico dell'acquifero	cm	300	200	450	450	200	450	450
h_{cap}	Spessore frangia capillare	cm	18.8	25	68.2	192	25	68.2	192
h_v	Spessore della zona insatura	cm	281.2	175	381.8	258	175	381.8	258
D	Spessore del suolo superficiale	cm	100	100	100	100	100	100	100
η_{out}	Frazione areale di fratture nel pavimento outdoor	adim.	1	1	1	1	1	1	1
Geometria della sorgente di contaminazione in zona insatura									
$L_s(SS)$	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	cm	0	0	---	---	0	---	---
$L_s(SP)$	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	cm	100	---	100	---	---	100	---
$L_r(SS)$	Profondità della base della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	cm	100	100	---	---	100	---	---
$L_r(SP)$	Profondità della base della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	cm	300	---	450	---	---	450	---
d	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	cm	100	100	---	---	100	---	---
d_s	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)	cm	200	---	350	---	---	350	---
	Spessore della sorgente nel suolo insaturo	cm	300	100	350	---	100	350	---
L_F	Soggiacenza della falda rispetto al top della sorgente	cm	300	200	---	---	200	---	---
Caratteristiche fisiche del terreno in zona insatura									
ρ_s	Densità del suolo	g/cm ³	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
θ_T	Porosità totale del terreno in zona insatura	adim.	0.41	0.41	0.45	0.36	0.41	0.45	0.36
θ_e	Porosità effettiva del terreno in zona insatura		0.353	0.345	0.383	0.29	0.345	0.383	0.29
θ_w	Contenuto volumetrico di acqua	adim.	0.103	0.194	0.255	0.274	0.194	0.255	0.274
θ_a	Contenuto volumetrico di aria	adim.	0.250	0.151	0.128	0.016	0.151	0.128	0.016
θ_{wcap}	Contenuto volumetrico di acqua nelle frangia capillare	adim.	0.318	0.288	0.297	0.282	0.288	0.297	0.282
θ_{acap}	Contenuto volumetrico di aria nelle frangia capillare	adim.	0.035	0.057	0.086	0.008	0.057	0.086	0.008
f_{oc}	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo	g-C/g-s	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
I_{ef}	Infiltrazione efficace	cm/anno	30	45	---	---	45	---	---
pH	pH del suolo insaturo	adim.	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
Geometria della zona satura									
d_a	Spessore della falda	cm	---	500	---	500	500	---	500
Geometria della sorgente di contaminazione in zona satura									
W	Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione del flusso di falda	cm	4500	3000	3000	3000	3000	3000	3000
S_w	Estensione della sorgente in direzione ortogonale alla direzione del flusso di falda	cm	4500	5000	5000	5000	5000	5000	5000
A	Area della sorgente rispetto alla direzione del flusso di falda	cm ²	20250000	1.50E+07	1.50E+07	1.50E+07	1.50E+07	1.50E+07	1.50E+07
δ_{gw}	Spessore della zona di miscelazione in falda	cm	200	da calcolare			da calcolare		

(*) Per i casi studio da 7 a 9, i valori dei parametri sito specifici sono assunti pari a quelli proposti come default dal documento (APAT, 2008).

Tab. A.3.b – Valori dei parametri sito-specifici per i casi studio da 1 a 6 (*)

Documento [APAT, 2008]				Caso studio 1	Caso studio 2	Caso studio 3	Caso studio 4	Caso studio 5	Caso studio 6
Simbolo	Parametro	Unità di misura	Valore di default	Valore sito specifico					
Caratteristiche fisiche del terreno in zona satura									
V_{gw}	Velocità di Darcy	cm/anno	2500	388			388		
K_{sat}	Conducibilità idraulica del terreno saturo	cm/anno	---	38789	---	---	38789	---	---
i	Gradiente idraulico	adim.	---	0.01	---	---	0.01	---	---
V_e	Velocità media effettiva nella falda	cm/anno	7082	1124	---	---	1124	---	---
θ_T	Porosità totale del terreno in zona satura	adim.	0.41	0.41	---	0.36	0.41	---	0.36
θ_e	Porosità efficace del terreno in zona satura	adim.	0.353	0.345	---	0.29	0.345	---	0.29
f_{oc}	Frazione di carbonio organico nel suolo saturo	g-C/g-s	0.001	0.001	---	0.001	0.001	---	0.001
α_x	Dispersività longitudinale	cm	10	250	---	---	250	---	---
α_y	Dispersività trasversale	cm	3.3	83.33	---	---	83.33	---	---
α_z	Dispersività verticale	cm	0.5	12.5	---	---	12.5	---	---
	SE: Distanza dal punto di conformità	cm	100	2500	---	---	2500	---	---
pH	pH del suolo saturo	adim.	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8
Caratteristiche dell'aria outdoor									
δ_{air}	Altezza della zona di miscelazione	cm	200	200	200	200	200	200	200
W^*	Estensione della sorgente in direzione parallela alla direzione prevalente del vento	cm	4500	---	3000	---	---	3000	---
S_w^*	Estensione della sorgente in direzione ortogonale alla direzione prevalente del vento	cm	4500	---	4000	---	---	4000	---
A^*	Area della sorgente rispetto alla direzione prevalente del vento	cm ²	20250000	---	---	---	---	---	---
U_{air}	Velocità del vento	cm/s	225	---	225	---	---	225	---
σ_y	Coefficiente di dispersione trasversale	cm	---	---	---	---	---	---	---
σ_z	Coefficiente di dispersione verticale	cm	---	---	---	---	---	---	---
τ	Tempo medio di durata del flusso di vapore (RES.)	anno	30	---	30	30	---	30	30
τ	Tempo medio di durata del flusso di vapore (IND.)	anno	25	---	25	25	---	25	25
P_e	Portata di particolato per unità di superficie	g/(cm ² .s)	6.90E-14	---	---	---	---	---	---
Caratteristiche dell'aria indoor									
A_b	Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione	cm ²	700000	---	---	6000000	---	---	6000000
L_{crack}	Spessore delle fondazioni/muri	cm	15	---	---	25	---	---	25
L_b	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (RES.)	cm	200	---	---	190	---	---	190
L_b	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (IND.)	cm	300	---	---	---	---	---	---
η	Frazione areale di fratture	adim.	0.01	---	---	0.01	---	---	0.01
θ_{wcrack}	Contenuto volumetrico di acqua nelle fratture	adim.	0.12	---	---	0.12	---	---	0.12
θ_{acrack}	Contenuto volumetrico di aria nelle fratture	adim.	0.26	---	---	0.26	---	---	0.26
ER	Tasso di ricambio di aria indoor (RES.)	1/s	0.00014	---	---	0.00014	---	---	0.00014
ER	Tasso di ricambio di aria indoor (IND.)	1/s	0.00023	---	---	---	---	---	---
L_T	Distanza tra il top della sorgente nel suolo insaturo (in falda) e la base delle fondazioni	cm	0 (285)	---	---	430	---	---	430
Z_{crack}	Profondità delle fondazioni	cm	15	---	---	20	---	---	20
K_v	Permeabilità del suolo al flusso di vapore	cm ²	1.00E-08	---	---	1.00E-08	---	---	1.00E-08
Δp	Differenza di pressione tra indoor e outdoor	g/(cm ² .s ²)	0	---	---	0	---	---	0
μ_{air}	Viscosità del vapore	g/(cm ² .s)	1.81E-04	---	---	1.81E-04	---	---	1.81E-04
τ	Tempo medio di durata del flusso di vapore (IND.)	anni	25	---	---	25	---	---	25
τ	Tempo medio di durata del flusso di vapore (RES.)	anni	30	---	---	30	---	---	30

(*) Per i casi studio da 7 a 9, i valori dei parametri sito specifici sono assunti pari a quelli proposti come default dal documento (APAT, 2008).

Tab. A.4 - Fattori di esposizione per casi studio da 1 a 6 (**)

FATTORI DI ESPOSIZIONE (EF)	Simbolo	Unità di Misura	Caso studio 1	Caso studio 2	Caso studio 3	Caso studio 4	Caso studio 5	Caso studio 6
			Com/Ind	Residenziale			Com/Ind	Residenziale
			Adulto	Adulto	Adulto	Adulto	Adulto	Adulto
Fattori comuni a tutte le modalità di esposizione								
Peso corporeo	BW	kg	70	70	70	70	70	70
Tempo di esposizione per le sost. cancerogene	ATc	anni	70	70	70	70	70	70
Tempo di esposizione per le sost. non cancerogene	ATn	anni	ED	ED	ED	ED	ED	ED
Inalazione di Aria Outdoor (AO)								
Durata di esposizione	ED	anni	---	24	---	---	24	---
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	---	350	---	---	350	---
Frequenza giornaliera di esposizione outdoor	EFgo	ore/giorno	---	24	---	---	24	---
Inalazione outdoor	Bo	m ³ /ora	---	0.8333	---	---	0.8333	---
Frazione di particelle di suolo nella polvere	Fsd	adim.	---	1	---	---	1	---
Inalazione di Aria Indoor (AI)								
Durata di esposizione	ED	anni	---	---	24	---	---	24
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	---	---	350	---	---	350
Frequenza giornaliera di esposizione indoor	EFgi	ore/giorno	---	---	24	---	---	24
Inalazione indoor	Bi	m ³ /ora	---	---	0.8333	---	---	0.8333
Frazione indoor di polvere all'aperto	Fi	adim.	---	---	1	---	---	1
Contatto dermico con Suolo (SS)								
Durata di esposizione	ED	anni	25	---	---	25	---	---
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	250	---	---	250	---	---
Superficie di pelle esposta	SA	cm ²	3300	---	---	3300	---	---
Fattore di aderenza dermica del suolo	AF	mg/(cm ² giorno)	1	---	---	1	---	---
Ingestione di Suolo (SS)								
Durata di esposizione	ED	anni	25	---	---	25	---	---
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	250	---	---	250	---	---
Frazione di suolo ingerita	FI	adim.	1	---	---	1	---	---
Tasso di ingestione di suolo	IR	mg/giorno	50	---	---	50	---	---

(**) Per i casi studio da 7 a 9, i valori dei fattori di esposizione sono assunti pari a quelli proposti come default dal documento (APAT, 2008), ad eccezione del "Tasso di inalazione outdoor e indoor" posto pari a 20 m³/d.

Tab. A.5.a - Opzioni di calcolo utilizzati per il confronto tra RBCA Tool Kit e RISC.

Via di esposizione	Sorgente di contaminazione	RBCA toolkit	RISC
Volatilizzazione Outdoor	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivata opzione "Esaurimento in sorgente"	Utilizzato "Vapor Emission Model" (modello transitorio) con diminuzione della sorgente nel tempo in combinazione con "Outdoor Air Model".
		Attivata opzione modello: "Combination surface soil/Johnson & Ettinger"	Biodegradazione nella zona insatura non attivata
	Falda (GW)	(Impostazioni di default)	Utilizzato "Vapor Emission Model" (stazionario) con sorgente costante nel tempo in combinazione con "Outdoor Air Model". Biodegradazione nella zona insatura non attivata
Volatilizzazione Indoor	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivato esaurimento in sorgente	Utilizzato "Vapor Emission Model" con Johnson and Ettinger (stazionario) con sorgente costante nel tempo
		Attivata opzione modello: "Johnson & Ettinger model for soil and groundwater volatilization"	Biodegradazione nella zona insatura non attivata
	Falda (GW)	Attivata opzione modello: "Johnson & Ettinger model for soil and groundwater volatilization"	Utilizzato "Vapor Emission Model" con Biodegradazione nella zona insatura non attivata
Lisciviazione in falda	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivato calcolo "SAM"	Utilizzato "Unsaturated zone model" (modello transitorio) con diminuzione della sorgente nel tempo Biodegradazione nella zona insatura non attivata
		Utilizzato "ASTM Model"	
Trasporto in falda	Falda (GW)	Attivata opzione modello: "Domenico equation with dispersion only (no biodegradation)"	Utilizzato "Groundwater Model" Biodegradazione nella zona insatura non attivata

Tab. A.5.b - Opzioni di calcolo utilizzati per il confronto tra RBCA Tool Kit e GIUDITTA.

Via di esposizione	Sorgente di contaminazione	RBCA toolkit	GIUDITTA
Volatilizzazione Outdoor	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivata opzione "Esaurimento in sorgente"	(Impostazioni di default)
		Attivata opzione modello: "Combination surface soil/Johnson & Ettinger"	
	Falda (GW)	(Impostazioni di default)	(Impostazioni di default)
Volatilizzazione Indoor	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivato esaurimento in sorgente	(Impostazioni di default)
		Attivata opzione modello: "Johnson & Ettinger model for soil and groundwater volatilization"	
	Falda (GW)	Attivata opzione modello: "Johnson & Ettinger model for soil and groundwater volatilization"	(Impostazioni di default)
Lisciviazione in falda	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivato calcolo "SAM" Utilizzato "ASTM Model"	Attivato calcolo "SAM"
Trasporto in falda	Falda (GW)	Attivata opzione modello: "Domenico equation with dispersion only (no biodegradation)"	(Impostazioni di default)

Tab. A.5.c - Opzioni di calcolo utilizzati per il confronto tra RBCA Tool Kit e RACHEL.

Via di esposizione	Sorgente di contaminazione	RBCA toolkit	RACHEL
Volatilizzazione Outdoor	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivata opzione "Esaurimento in sorgente"	Attivato esaurimento in sorgente (default per la volatilizzazione)
		Attivata opzione modello: "Combination surface soil/Johnson & Ettinger"	
	Falda (GW)	(Impostazioni di default)	Impostata assenza di prodotto libero
Volatilizzazione Indoor	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivato esaurimento in sorgente	Attivato esaurimento in sorgente (default per la volatilizzazione)
		Attivata opzione modello: "Johnson & Ettinger model for soil and groundwater volatilization"	
	Falda (GW)	Attivata opzione modello: "Johnson & Ettinger model for soil and groundwater volatilization"	Impostata assenza di prodotto libero
Lisciviazione in falda	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivato calcolo "SAM"	Attivato calcolo "SAM"
		Utilizzato "ASTM Model"	Impostata assenza di prodotto libero Disattivata opzione "Esaurimento sorgente"
Trasporto in falda	Falda (GW)	Attivata opzione modello: "Domenico equation with dispersion only (no biodegradation)"	Dispersione in falda: DAF2
			Impostata assenza di prodotto libero

Tab. A.5.d - Opzioni di calcolo utilizzati per il confronto tra RBCA Tool Kit e RISK-NET 1.0.

Via di esposizione	Sorgente di contaminazione	RBCA toolkit	RISK-NET 1.0
Volatilizzazione Outdoor	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivata opzione "Esaurimento in sorgente"	Attivata opzione "Esaurimento in sorgente"
		Attivata opzione modello: "Combination surface soil/Johnson & Ettinger"	Disattivata opzione "Limita CRS a Csat"
	Falda (GW)	(Impostazioni di default)	Disattivata opzione "Limita CRS a Csat"
Volatilizzazione Indoor	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivato esaurimento in sorgente	Attivata opzione "Esaurimento in sorgente"
		Attivata opzione modello: "Johnson & Ettinger model for soil and groundwater volatilization"	Disattivata opzione "Limita CRS a Csat"
	Falda (GW)	Attivata opzione modello: "Johnson & Ettinger model for soil and groundwater volatilization"	Disattivata opzione "Limita CRS a Csat"
Lisciviazione in falda	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivato calcolo "SAM"	Attivato calcolo "SAM"
		Utilizzato "ASTM Model"	Disattivata opzione "Limita CRS a Csat" Disattivata opzione "Esaurimento sorgente"
Trasporto in falda	Falda (GW)	Attivata opzione modello: "Domenico equation with dispersion only (no biodegradation)"	Dispersione in falda: DAF2
			Disattivata opzione "Limita CRS a Csat"

Tab. A.5.e - Opzioni di calcolo utilizzati per il confronto tra RBCA Tool Kit e RISK-NET 2.0.

Via di esposizione	Sorgente di contaminazione	RBCA toolkit	RISK-NET 2.0
Volatilizzazione Outdoor	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivata opzione "Esaurimento in sorgente"	Attivata opzione "Esaurimento in sorgente"
		Attivata opzione modello: "Combination surface soil/Johnson & Ettinger"	Disattivata opzione "Considera Csat per calcolo del Rischio"
	Falda (GW)	(Impostazioni di default)	Disattivata opzione "Limita CRS a Csat"
Volatilizzazione Indoor	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivato esaurimento in sorgente	Attivata opzione "Esaurimento in sorgente"
		Attivata opzione modello: "Johnson & Ettinger model for soil and groundwater volatilization"	Disattivata opzione "Considera Csat per calcolo del Rischio"
	Falda (GW)	Attivata opzione modello: "Johnson & Ettinger model for soil and groundwater volatilization"	Disattivata opzione "Considera Csat per calcolo del Rischio"
Lisciviazione in falda	Suolo superficiale (SS) e Suolo profondo (SP)	Attivato calcolo "SAM"	Attivato calcolo "SAM"
		Utilizzato "ASTM Model"	Disattivata opzione "Considera Csat per calcolo del Rischio"
			Disattivata opzione "Esaurimento sorgente"
Trasporto in falda	Falda (GW)	Attivata opzione modello: "Domenico equation with dispersion only (no biodegradation)"	Dispersione in falda: DAF2 Disattivata opzione "Considera Csat per calcolo del Rischio"