

Manuale D'uso

Versione 2.1 Ottobre 2016

RECONnet Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati



RISK-NET Versione 2.1

SOFTWARE PER L'APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI RISCHIO AI SITI CONTAMINATI

Il software **Risk-net v. 2.1** è stato sviluppato nell'ambito della rete RECONnet (Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati) su iniziativa del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica dell'Università degli studi di Roma "Tor Vergata". Il software permette di calcolare il rischio e gli obiettivi di bonifica legato alla presenza di contaminanti all'interno di un sito, applicando la procedura APAT-ISPRA di analisi di rischio sanitaria ("Criteri metodologici l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati"; APAT-ISPRA 2008) in accordo con quanto previsto dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08).

Si sottolinea che il software realizzato non vuole e non può essere sostitutivo della professionalità dei tecnici. In tal senso i risultati che vengono forniti sono sotto la piena responsabilità di chi effettua lo studio di analisi di rischio.

Autore e sviluppatore del software

Iason Verginelli, Università di Roma "Tor Vergata"

<u>Membri del gruppo di lavoro Reconnet che hanno contributo all'ottimizzazione e valutazione della versione 2.0 e 2.1 del software (in ordine alfabetico)</u>

Renato Baciocchi, Università di Roma "Tor Vergata" Simona Berardi, Istituto Nazionale Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL) Andrea Forni, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bologna Igor Villani, ARPAE Emilia Romagna

Si ringraziano per gli utili suggerimenti e riscontri (in ordine alfabetico):

Angiolo Calì, Golder Associate Amedeo Dragano, ARPA Lazio Alessandro Girelli, Industria Ambiente Francesco Ioppolo, Arcadis Andrea Melilli, Ambiente s.c. Serena Noli, Petroltecnica Andrea Sconocchia, Agenzia Regionale di Protezione Ambientale (ARPA) Umbria Stefania Verdelocco, AECOM Italy Mattia Zaffaroni, ERM

Si ringraziano inoltre quanti, pur non facendo parte della rete, hanno inviato i loro commenti e suggerimenti per il miglioramento del prodotto.

Il software Risk-net 2.1 ed il relativo manuale d'uso sono distribuiti gratuitamente da: **RECONnet**, Rete Nazionale sulla gestione e la Bonifica dei Siti Contaminati Sito: <u>www.reconnet.net</u>

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. Si sottolinea infine che il software realizzato non vuole e non può essere sostituivo della professionalità dei tecnici. In tal senso i risultati che vengono forniti sono sotto la piena responsabilità di chi effettua lo studio di analisi di rischio.

INDICE

Risk-net Versione 2.1 2
Elenco Figure
Elenco Tabelle
Acronimi
Cos'è Risk-net
Interfaccia e utilizzo del software 10
Principali novità della versione 2.0 12
Modifiche nella versione 2.1 (rispetto alla 2.0) 14
Architettura del software
Schermata principale
Analisi, limiti e opzioni di calcolo 20
Tipo di Analisi
Accettabilità
Opzioni di Calcolo
Input
Modello Concettuale
Contaminanti Indicatori
Banca Dati
Concentrazione Rappresentativa Alla Sorgente
Definizione dei Recettori
Parametri di Esposizione
Caratteristiche Sito
Gestione degli errori
Output
Riepilogo Input 45
Contaminanti Indicatori 47
Output Intermedi
Calcolo Rischio
Calcolo del Rischio

Riepilogo Output	55
Valori di screening prodotto libero	56
Calcolo Obiettivi di Bonifica (CSR)	56
Calcolo CSR	57
Riepilogo Output	59
Calcolo CSR Idrocarburi	60
Valori di screening prodotto libero	62
Confronto concentrazioni	63
Documenti di Riferimento	65
Nomenclatura	66
Appendici – Equazioni e Criteri di calcolo	72
Appendice 1. Calcolo del Rischio	73
Rischio Individuale	73
Rischio per più di vie di esposizione	74
Rischio Cumulativo	76
Rischio Risorsa Idrica	76
Appendice 2. Calcolo Obiettivi di Bonifica (CSR)	81
CSR Individuali	81
CSR per più vie di esposizione	82
CSR Cumulative (Obiettivi di bonifica).	84
Appendice 3. Calcolo Fattori di Trasporto	92
Appendice 4. Calcolo Fattori di Esposizione	112
Appendice 5. Saturazione Chimico-Fisica e Residua	114
Concentrazione di Saturazione.	114
Concentrazione Residua (Screening Mobilità NAPL)	115
Applicazione dell'Analisi di Rischio in condizioni di saturazione	115
Appendice 6. Utilizzo dei dati soil-gas	117
Appendice 7. Fattore di aggiustamento (ADAF)	122
Appendice 8. Koc e Kd in funzione del pH	123

Elenco Figure

Figura 1. Schermata principale del software Risk-net	18
Figura 2. Definizione del tipo di analisi e delle opzioni di calcolo.	20
Figura 3. Definizione dei limiti accettabili di Rischio e Indice di Pericolo	21
Figura 4. Opzioni di calcolo	22
Figura 5. Finestra di dialogo per l'accesso alle diverse schermate di Input.	26
Figura 6. Definizione del modello concettuale	27
Figura 7. Selezione contaminanti	29
Figura 8. Selezione Database	30
Figura 9. Selezione contaminanti indicatori	31
Figura 10. Database Risk-net	33
Figura 11. Banca Dati Esterna.	34
Figura 12. Ricerca dei parametri dei contaminanti presenti nel database	35
Figura 13. Definizione della Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente.	36
Figura 15. Selezione dello scenario di esposizione.	37
Figura 16. Parametri di Esposizione.	39
Figura 17. Caratteristiche del sito	41
Figura 18. Controllo sugli errori di tipo concettuale	44
Figura 19. Avviso di errato inserimento dei parametri di input.	44
Figura 20. Finestra di dialogo per l'accesso alle diverse schermate di Output	45
Figura 21. Riepilogo Input.	46
Figura 22. Userform proprietà contaminanti indicatori.	47
Figura 23. Riepilogo Proprietà Contaminanti Indicatori.	47
Figura 24. Userform Output Intermedi.	48
Figura 25. Riepilogo Modello Concettuale.	49
Figura 26. Fattori di esposizione calcolati.	49
Figura 27. Fattori di trasporto calcolati	50
Figura 28. Evoluzione contaminazione in falda	51
Figura 30. Concentrazioni al punto di esposizione	52
Figura 37. Userform Calcolo del Rischio	53
Figura 38. Calcolo del Rischio.	54
Figura 39. Riepilogo output Analisi di Rischio in modalità diretta (Calcolo del Rischio)	55
Figura 32. Userform Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR).	56
Figura 33. Calcolo degli Obiettivi di bonifica (CSR)	57
Figura 35. Riepilogo Output, applicazione Analisi di Rischio "Backward"	60
Figura 34. Calcolo CSR Idrocarburi.	61
Figura 36. Calcolo valori di screening per la mobilità del prodotto libero.	62
Figura 37. Confronto concentrazioni, applicazione Analisi di Rischio "Backward"	63
Figura 40. Criteri di cumulo dei rischi per il suolo superficiale	74
Figura 41. Criteri di cumulo dei rischi per il suolo profondo	75
Figura 42. Criteri di cumulo dei rischi per la falda.	75
Figura 43. Criteri di cumulo delle CSR per il suolo superficiale	83
Figura 44. Criteri di cumulo delle CSR per il suolo profondo	83
Figura 45. Criteri di cumulo delle CSR per la falda.	84

ELENCO TABELLE

Tabella 1. Fattori di trasporto considerando o meno l'esaurimento della sorgente	23
Tabella 2. Vie di esposizione/migrazione attivabili	
Tabella 3. Fattori di trasporto utilizzati per ciascuna via di esposizione.	
Tabella 4. Valori di default implementati nel software (APAT-ISPRA, 2008)	
Tabella 5: Proprietà del terreno in funzione della tessitura selezionata.	42
Tabella 7. Descrizione delle parole chiave e dei simboli inerenti il calcolo del rischio	54
Tabella 6. Descrizione delle parole chiave e dei simboli inerenti il calcolo delle CSR	
Tabella 8. Suolo Superficiale: Rischio e Indice di Pericolo	77
Tabella 9. Suolo Profondo: Rischio e Indice di Pericolo	
Tabella 10. Falda: Rischio e Indice di Pericolo	80
Tabella 11. Rischio Risorsa Idrica	
Tabella 12. Suolo Superficiale: CSR	
Tabella 13. Suolo Profondo: CSR	
Tabella 14. Falda: CSR	
Tabella 15. CSR Risorsa Idrica	
Tabella 16. Calcolo CSR Idrocarburi	
Tabella 17. Screening Prodotto Libero	91
Tabella 39. Flux Chambers (Dinamiche)	91
Tabella 18. Suolo Superficiale: Volatilizzazione vapori outdoor	
Tabella 19. Suolo Superficiale: Volatilizzazione vapori outdoor (Soil-Gas)	
Tabella 20. Suolo Superficiale: Volatilizzazione vapori indoor	
Tabella 21. Suolo Superficiale: Volatilizzazione vapori indoor (Soil-Gas)	
Tabella 22. Suolo Superficiale: Lisciviazione in falda	
Tabella 23. Suolo Superficiale: Emissione di Particolato	
Tabella 24. Dispersione In Atmosfera	
Tabella 24. Coefficienti di dispersione In Atmosfera	
Tabella 24. Stima velocità del vento in corrispondenza dell'altezza di miscelazione	
Tabella 25. Suolo Profondo: Volatilizzazione vapori outdoor	
Tabella 26. Suolo Profondo: Volatilizzazione vapori outdoor (Soil-Gas)	
Tabella 27. Suolo Profondo: Volatilizzazione vapori indoor	101
Tabella 28. Suolo Profondo: Volatilizzazione vapori indoor (Soil-Gas)	
Tabella 29. Suolo Profondo: Lisciviazione in Falda	
Tabella 30. Eluato Green-Ampt	
Tabella 31. Fattore di Diluizione in Falda	
Tabella 32. Falda: Equazione di Domenico	
Tabella 33. Falda: Volatilizzazione vapori outdoor	
Tabella 34. Falda: Volatilizzazione vapori outdoor (Soil-Gas)	
Tabella 35. Falda: Volatilizzazione vapori indoor	
Tabella 36. Falda: Volatilizzazione vapori indoor (Soil-Gas)	
Tabella 37. Coefficiente di diffusione	110
Tabella 38. Concentrazione di Saturazione, Csat	111
Tabella 39. Concentrazione Tal Quale vs. Concentrazione Sostanza Secca	
Tabella 40. Fattori di Esposizione	113
Tabella 41. Valori Koc in funzione del pH per i contaminanti organici (1/2)	
Tabella 42. Valori Koc in funzione del pH per i contaminanti organici (2/2)	
Tabella 43. Valori Kd in funzione del pH per i contaminanti inorganici (1/2)	
Tabella 44. Valori Kd in funzione del pH per i contaminanti inorganici (2/2)	

ACRONIMI

SIMBOLO	SIGNIFICATO
ADF	Fattore di dispersione in atmosfera
AdR	Analisi di Rischio
Срое	Concentrazione al punto di esposizione
CSR	Concentrazione Soglia di Rischio
CSC	Concentrazione Soglia di Contaminazione
CRS	Concentrazione rappresentativa alla Sorgente
DAF	Fattore di attenuazione in falda
DB	Database o Banca Dati
R	Rischio Cancerogeno
н	Indice di Pericolo (Non Cancerogeno)
Cres	Concentrazione residua
Csat	Concentrazione di saturazione
On-site	All'interno della sorgente di contaminazione
Off-site	All'esterno della sorgente di contaminazione
POC	Punto di conformità

Cos'è Risk-Net

Risk-net è un software che permette di applicare la procedura di Analisi di Rischio sanitaria ai siti contaminati in accordo con quanto previsto dalle linee guida APAT-ISPRA (2008) e dalla normativa italiana (D.Lgs. 152/06 e D.Lgs. 04/08).

Il software permette di calcolare sia il rischio in modo diretto ("Forward"), associato alla concentrazione rilevata in sorgente, che gli obiettivi di bonifica (CSR, concentrazioni soglia di rischio) in maniera indiretta ("Backward"), definendo i limiti di accettabilità del rischio e dell'indice di pericolo.

Per ogni percorso di esposizione attivato dall'utente vengono calcolate, attraverso i modelli analitici di trasporto descritti nelle linee guida APAT-ISPRA (2008), le concentrazioni massime attese in condizioni stazionarie al punto di esposizione. Tali modelli tengono conto della ripartizione dei contaminanti nelle diverse fasi del suolo e dell'attenuazione subita durante la migrazione dalla sorgente al punto di esposizione. Successivamente, sulla base dei parametri di esposizione definiti dall'utente, viene calcolata la dose giornaliera dei diversi ricettori. Tali dosi, combinate con i corrispondenti parametri tossicologici e con le concentrazioni al punto di esposizione, sono utilizzate nel calcolo del rischio e degli obiettivi di bonifica (CSR). Successivamente, per ciascun contaminante vengono cumulati gli effetti legati alla presenza di più vie di esposizione attive e vengono calcolati gli obiettivi di bonifica e i rischi individuali (legati alla singola sostanza) e cumulativi (derivanti dalla presenza di più sostanze).



INTERFACCIA E UTILIZZO DEL SOFTWARE

Requisiti di Sistema. Il programma è stato sviluppato in Visual Basic per lavorare in ambiente Microsoft Excel. Il software Risk-net è stato sviluppato per lavorare in ambiente Windows XP, Windows 7 e Windows 8 con Excel 2003, Excel 2007 e Excel 2010. Con le versioni più recenti di Excel alcune funzionalità del software potrebbero risultare limitate o rallentate.

Il software non risulta invece compatibile con LibreOffice e OpenOffice.

Installazione del software. L'installazione del software può essere effettuata avviando il file di setup presente sul cd o scaricato dal web. Il software deve essere installato in una cartella in cui l'utente ha diritti di amministratore (modifica contenuto e file cartella). Installando il software in una cartella in cui non si hanno diritti di amministratore (ad es. in "C:") non sarà possibile procedere con l'attivazione del programma (non verrà salvata la licenza e vi verrà richiesto ogni volta che avviate il programma di inserire il codice di attivazione).

Per chi non è amministratore della macchina generalmente la cartella "Documenti" del proprio profilo risulta modificabile. Dopo l'installazione, al riavvio del computer, viene creato un collegamento sul desktop e nella barra di avvio dei programmi.

Avvio del Programma. Per avviare il programma è sufficiente aprire il file 'Risk-net.xls' (o il collegamento presente sul desktop o nella barra dei programmi). Nella stessa directory del file si devono trovare il file di help e la banca dati. All'avvio del software è necessario attivare le Macro e gli ActiveX, implementati nel software tramite Visual Basic. Pertanto prima di avviare il software si consiglia di verificare che il livello di protezione delle macro sia su "medio" o "alto".

Excel 2003. Prima di avviare 'Risk-net', nel menù di Excel accedere in "Strumenti >> Macro >> Protezione". Verificare che come livello di protezione sia selezionato "Medio". Successivamente avviare Risk-net e all'apertura del file uscirà un avviso di protezione. Per procedere selezionare "Attiva Macro".

Excel 2007: Prima di avviare 'Risk-net', accedere dal menù principale di Excel in "File >> Opzioni di Excel >> Centro Protezione >> Impostazione Centro Protezione >> Impostazioni Macro". Verificare che come livello di protezione sia selezionato "Disattiva tutte le macro con notifica". Successivamente avviare Risk-net e all'apertura del file uscirà un avviso di protezione. Per procedere selezionare "Opzioni/Attiva il Contenuto".

Excel 2010 ed Excel 2013: Prima di avviare 'Risk-net', accedere dal menù principale di Excel in "File >> Opzioni >> Centro Protezione >> Impostazione Centro Protezione >> Impostazioni Macro". Verificare che come livello di protezione sia selezionato



"Disattiva tutte le macro con notifica". Successivamente avviare Risk-net e all'apertura del file uscirà un avviso di protezione. Per procedere selezionare "Opzioni/Attiva il Contenuto".

Attivazione del Software. Per scopi statistici e gestionali il software viene distribuito in singola licenza. Al primo avvio del software viene richiesto di inserire nome, cognome e la società /ente di riferimento. Una volta inseriti i dati premendo il pulsante "crea licenza" viene fornito un numero identificativo dell'installazione ("ID di Installazione").

Per ottenere il codice di attivazione da inserire nel software Risk-net 2.1, è necessario compilare il form disponibile nella pagina "Attivazione Risk-net 2.1" disponibile sul sito <u>www.reconnet.net</u> inserendo Nome e Cognome, Società/Ente, Indirizzo e-mail e l'ID di installazione fornito dal software durante la creazione della licenza. Una volta inseriti tutti i dati, premere il pulsante "Invia Richiesta" e vi verrà inviato all'e-mail inserita nel form online il codice di attivazione da inserire nel software. Il codice di attivazione viene inviato in automatico (i tempi di invio possono variare da pochi minuti a qualche ora). Alcuni gestori di posti potrebbero identificare la mail con il codice di attivazione generata in maniera automatica come Spam o Posta indesiderata. Se non si riceve nelle tempistiche descritte il codice di attivazione controllare nelle cartelle di Spam o Posta Indesiderata se avete ricevuto una mail da risknet@reconnet.net.

Inserito il codice, premere il pulsante "Attiva software" ed il software è pronto per l'uso. Qualora fossero necessarie più licenze è sufficiente ripetere questa operazione su tutti i computer sui i quali si desidera installare Risk-net. Qualora al momento dell'installazione non fosse possibile accedere ad internet è possibile salvare i dati inseriti ed il codice di installazione premendo il pulsante "Attiva in seguito".

Se ad ogni avvio del programma viene richiesto di inserire nuovamente i dati per creare la licenza è probabile che il programma sia installato su un percorso su cui non si hanno i diritti di amministratore (veda istruzioni "Installazione del software"). In questo caso è consigliabile reinstallare il programma nel percorso corretto (ad es. in Documenti) e creare una nuova licenza.

Risoluzione e dimensione dei caratteri. La risoluzione ottimale per lavorare con Risknet è "1360 x 768 px" con una dimensione dei caratteri "Normale".

Interfaccia del Programma. Risk-net utilizza una semplice interfaccia grafica attraverso la quale l'utente può seguire i diversi step per la compilazione dei dati di input e la visualizzazione degli output (Figura 1). Il programma è strutturato per lavorare nei diversi fogli di calcolo a cui si accede dai relativi pulsanti della schermata principale di avvio. La schermata principale è strutturata con diverse finestre di dialogo relative a: "Descrizione del Progetto", "Tipo di Analisi", "Limiti e Opzioni di Calcolo", "Comandi", "Input" e "Output". I pulsanti "?" presenti in alcune finestre di dialogo permettono di accedere alla guida rapida (help) di riferimento.



Principali novità della versione 2.0

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 queste 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 corrispettivo 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.

MODIFICHE DELLA VERSIONE 2.1 (RISPETTO ALLA 2.0)

In Risk-net 2.1 sono stati corretti alcuni malfunzionamenti riscontrati nella versione 2.0. Di seguito sono brevemente descritte le principali modifiche della versione 2.1 rispetto alla precedente.

Database esterno. Con la nuova versione del software è possibile selezionare il file del database esterno da caricare. In questo modo l'utente può utilizzare più facilmente diversi database esterni. Inoltre la versione 2.1 permette di caricare la banca dati esterna su simulazioni già effettuate (nella versione 2.0 caricando una nuova banca dati il software cancellava in automatico i contaminanti precedentemente inseriti). In particolare, caricando una nuova banca dati il software aggiorna i contaminanti precedentemente inseriti, con quelli aventi lo stesso ID nella nuova banca dati selezionata (per maggiori dettagli si rimanda alla pagina 33 del manuale).

Calcolo automatico del Kd in funzione del pH. Nella versione 2.0, nel caricamento delle simulazioni il calcolo automatico del Kd in funzione del pH veniva interrotto (e pertanto modificando il valore di pH, i Kd non venivano aggiornati). Tale malfunzionamento è stato corretto nella versione 2.1.

Rischi cumulati outdoor off-site per il suolo superficiale. Nella versione 2.0 il rischio cumulato outdoor off-site non teneva conto dell'inalazione off-site di polveri. Tale aspetto è stato coretto nella versione 2.1.

CSR Idrocarburi nel caso di simulazioni con molti contaminanti. Nella versione 2.0 se venivano inseriti molti contaminanti (più di 20), le CRS per le diverse classi degli Idrocarburi non veniva lette in automatico nella schermata di calcolo delle CSR per gli Idrocarburi. Tale malfunzionamento è stato corretto nella versione 2.1.

CSR per i contaminanti non volatili nelle schermate delle CSR. Nella versione 2.0 per i contaminanti non volatili nelle schermate delle CSR, nel caso di attivazione dei soli percorsi di volatilizzazione, veniva indicata la dicitura ">Csat" invece che più propriamente "NA" (Non Applicabile in quanto il contaminante non risulta volatile). Tale aspetto è stato corretto nella versione 2.1.

Rischi cumulati nella stampa delle schermate. Nella versione 2.0, usando il comando di stampa presente nel software, non venivano mostrate le tabelle riepilogative dei rischi cumulati. Tale opzione è stata inserita nella versione 2.1.

Creazione report di simulazione. Nella nuova versione è stato migliorato il modulo di creazione del report di simulazione. Nella versione 2.0 infatti per avere il report con tutti i



dati di input e output aggiornati era prima necessario entrare in ciascuna schermata. Nella versione 2.1 tale aggiornamento viene fatto in maniera automatica dal software.

Modulo di lisciviazione e trasporto in falda in funzione del tempo nel caso di attivazione della Csat. Nella versione 2.0 quando veniva attivata l'opzione relativa al calcolo dei rischi e delle CSR tenendo conto della Csat, nella schermata sulla lisciviazione e trasporto in falda in funzione del tempo, i calcoli venivano effettuati considerando come CRS nel suolo superficiale e profondo il valore della Csat. Nella versione 2.1 viene invece utilizzato il valore di CRS definito dall'utente. Inoltre, nella versione 2.0 non era previsto un check per i casi in cui la Csat non veniva calcolata per assenza di valori di solubilità nel database (ad es. per alcuni metalli) restituendo in questi casi "VALORE". Tale check è stato aggiunto nella versione 2.1.

Coefficienti di dispersività nel modulo di lisciviazione e trasporto in falda in funzione del tempo. Nella versione 2.0 i fattori di dispersività venivano calcolati usando le formule empiriche standard definite nei criteri metodologici dell'ISPRA (2008) anche nel caso di modifica da parte dell'utente di tali valori nella schermata "Caratteristiche Sito" (rendendo quindi incoerenti i risultati in tale schermata rispetto al resto delle elaborazioni). Nella versione 2.1 nel caso in cui l'utente utilizzi dei dati di dispersività sito-specifici il software utilizza quei dati per calcolarsi le nuove correlazioni empiriche.

Calcolo CSR da suolo profondo nel caso di volatilizzazione outdoor off-site. Nella versione 2.0 per le sostanze non cancerogene, le CSR per il percorso di volatilizzazione outdoor off-site da suolo profondo venivano calcolate senza tener conto del fattore di attenuazione ADF. Tale bug è stato corretto nella versione 2.1 del software.

Modulo "Confronto Concentrazioni" nel caso di attivazione della Csat. Nella versione 2.0 quando veniva attivata l'opzione relativa al calcolo dei rischi e delle CSR tenendo conto della Csat, nella schermata "Confronto Concentrazioni" veniva mostrata nella casella delle CRS la Csat invece che il valore di CRS definito dall'utente. Nella versione 2.1 per maggiore chiarezza nella casella di riferimento viene mostrata la CRS definita dall'utente.

Modulo "Confronto Concentrazioni" nel caso di contaminanti non volatili. Nella versione 2.0 non era previsto un check nel caso di contaminanti non volatili e pertanto in alcune caselle di questa schermata veniva riportata la dicitura "VALORE". Tale check è stato aggiunto nella versione 2.1.

Profondità delle fondazioni per gli edifici off-site. Nella versione 2.0 la profondità delle fondazioni degli edifici off-site veniva erroneamente assunta pari a quella relativa agli edifici on-site. Tale bug è stato corretto nella versione 2.1.

Verifica della profondità delle fondazioni nel caso di sorgenti superficiali. Nella

versione 2.0 era previsto un check sulla profondità delle fondazioni nel caso di sorgenti superficiali. In particolare veniva verificato se le fondazioni risultassero più profonde rispetto al top della sorgente o alla sonda soil-gas. Non era invece previsto un controllo nel caso di esatta coincidenza tra top della sorgente e fondazioni. In quest'ultimo caso la distanza sorgente-edificio poteva risultare zero rendo inapplicabile il calcolo del fattore di trasporto. Tale ulteriore check è stato inserito nella versione 2.1.

Check sui valori presenti nel database. Nella versione 2.1 sono stati inseriti degli ulteriori check per verificare se risultano inseriti i valori di solubilità, costante di Henry, Kd in modo da evitare che se manchino dei valori il software vada in errore.

Caratteristiche del sito. Nella versione 2.1 sono stati inseriti degli ulteriori check nella schermata sulle caratteristiche del sito per verificare eventuali valori nulli (ad es. v_{eff} , LDF e δ_{gw}) nel caso di dati di input erroneamente posti dall'utente pari a zero.



ARCHITETTURA DEL SOFTWARE

L'architettura del software può essere schematizzata nei seguenti punti:

- Tipo di analisi: selezione del tipo di analisi da effettuare (calcolo del rischio, calcolo degli obiettivi di bonifica o entrambi).
- Accettabilità del rischio: definizione dei limiti accettabili di rischio e indice di pericolo (individuali e cumulativi) che verranno utilizzati per calcolare gli obiettivi di bonifica del sito.
- ✓ Modello concettuale: definizione delle vie di migrazione e di esposizione attive nel sito, per ciascuna matrice ambientale (suolo superficiale, suolo profondo e falda).
- ✓ Contaminanti indicatori: selezione dei contaminanti per ciascuna matrice contaminata.
- Concentrazione rappresentativa alla sorgente (richiesta solo per la modalità "Forward"): definizione della concentrazione rappresentativa dei diversi contaminanti di interesse per le diverse matrici ambientali.
- Recettori: definizione dei recettori presenti all'interno (on-site) e in prossimità del sito (off-site).
- Fattori di esposizione: definizione dei fattori di esposizione che descrivono il modello di comportamento atteso per i recettori del sito in esame.
- Caratteristiche sito: inserimento delle proprietà specifiche e geometriche del sito e della sorgente che verranno utilizzate per il calcolo dei fattori di trasporto per le diverse vie di migrazione attivate.
- Rischio e CSR: Calcolo del rischio e degli obiettivi di bonifica (Concentrazioni Soglia di Rischio, CSR) noti esposizione e proprietà chimico-fisico e tossicologiche.

SCHERMATA PRINCIPALE

All'avvio del programma viene caricata la schermata principale riportata in Figura 1. Da qui si accede, mediante i relativi comandi di controllo, alle diverse schermate di input e output. Tale schermata è strutturata in diverse finestre di dialogo da cui è possibile definire le informazioni generali sul progetto, il tipo di analisi che si intende applicare, i limiti di riferimento e le opzioni di calcolo, gli input e gli output. Da qui è inoltre possibile salvare o caricare i file generati dal software. Il pulsante "zoom" permette di modificare la visualizzazione del programma qualora sia utilizzata una risoluzione differente da quella ottimale (1360 x 768, Dimensione Caratteri: Normale). I pulsanti "?" presenti in alcune finestre di dialogo permettono di accedere alla guida rapida (help) di riferimento.

SK-NET ver. 2.1 (2016) Verginelli, Università di Roma "Tor Vergata"	Zoom
Descrizione Progetto Riepilogo Simulazione	Comandi
Info Sito/Ubicazione Data UD/área	Apri File Salva File Nuovo Report Esci
Compilato da	Input ? Output Definizione Parametri di Input Visualizza Output
Tipo di Analisi ?	Modello Concettuale Riepilogo Input
 Calcolo Obiettivi di Bonifica 	Selezione Contaminanti Contaminanti Indicatori
🗹 Calcolo Rischio	Definizione CRS Output Intermedi
	Recettori
Limiti e opzioni di calcolo ?	Parametri Esposizione Obiettivi di bonifica (CSR)
Accettabilità Opzioni	Caratteristiche Sito Confronto concentrazioni

Figura 1. Schermata principale del software Risk-net.

Descrizione Progetto. In questa finestra di dialogo è possibile definire le informazioni generali del progetto (Sito, Data, ID e Compilato Da) che vengono riportate sulle diverse schermate di input e output. Il pulsante "Riepilogo" permette di visualizzare le impostazioni e le assunzioni principali definite nel caso in esame.

Tipo di Analisi. Risk-net può essere utilizzato per applicare l'Analisi di Rischio sia in modalità diretta ("Forward mode") che inversa ("Backward mode"). L'opzione "Calcolo Obiettivi di Bonifica" permette di calcolare le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) applicando l'Analisi di Rischio in modalità backward. L'opzione "Calcolo Rischio" permette

di stimare il rischio associato alla Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente (CRS) definita dall'utente. Le simulazioni possono essere effettuate attivando una o entrambe le opzioni.

Limiti e Opzioni di Calcolo. Da questa finestra di dialogo è possibile accedere, mediante i relativi pulsanti di controllo, alla definizione dei limiti accettabili (per Rischio e Indice di Pericolo) e alla selezione e attivazione di alcune opzioni di calcolo (per una descrizione più dettagliata si rimanda ai paragrafi successivi).

Input. Da questa finestra di dialogo è possibile accedere, mediante i relativi pulsanti di controllo, alle diverse schermate di definizione degli input richiesti per l'applicazione dell'Analisi di Rischio. Al fine di guidare l'utente durante il processo di compilazione, dei check posizionati al lato dei pulsanti di controllo vengono attivati una volta che si accede alla relativa schermata di input.

Output. Una volta definiti i diversi input richiesti, da questa finestra di dialogo è possibile accedere, mediante i relativi pulsanti di controllo, alle diverse schermate di riepilogo e di output (per una descrizione più dettagliata si rimanda ai paragrafi successivi).

Comandi

Apri File. Carica una simulazione precedentemente salvata.

Salva File. Salva gli input e gli output della simulazione effettuata.

Nuovo. Resetta il programma alle condizioni iniziali. I dati non salvati vengono persi.

Report. Permette di creare un file di report in formato excel editabile in cui vengono riportati i principali input e output della simulazione effettuata.

Riepilogo. Permette di visualizzare le impostazioni definite per la simulazione corrente.

Esci. Permette di uscire dal software. I dati non salvati vengono persi.

Zoom. Permette di modificare la visualizzazione del programma qualora sia utilizzata una risoluzione differente da quella ottimale (1360 x 768, Dimensione Caratteri: Normale).

ANALISI, LIMITI E OPZIONI DI CALCOLO

Il primo step che l'utente deve compiere consiste nel definire il tipo di analisi che vuole effettuare, i limiti di accettabilità e le opzioni di calcolo (Figura 2).

escrizione Progetto Riepilogo Simulazione	Comandi					
Sito/Ubicazione Data	Apri File	Salva File	N	uovo	Report	Esci
ID/Area Compilato da Vome file:	Input Definizione Par	ametri di Input	?		Output Visualizza Output	
Fipo di Analisi ?	Model	o Concettuale			Riepilogo	Input
Calcolo Obiettivi di Bonifica	Selezion	e Contaminanti			Contaminant	i Indicatori
Calcolo Rischio	Defi	nizione CRS			Output Int	termedi
	F	lecettori			Risch	io
imiti e opzioni di calcolo ?	Parame	tri Esposizione			Obiettivi di bo	onifica (CSR)
Accettabilità Opzioni	Carati	avistiska Sita			Confronto con	contrazioni

Figura 2. Definizione del tipo di analisi e delle opzioni di calcolo.

TIPO DI ANALISI

Risk-net permette di applicare l'Analisi di Rischio sia in modalità diretta ("Forward mode") che inversa ("Backward mode"). In particolare l'utente deve scegliere se vuole calcolare gli obiettivi di bonifica sito-specifici o stimare il rischio associato alla concentrazione rilevata in sorgente (o effettuare entrambe le analisi).

"Calcolo Obiettivi di Bonifica". Calcolo delle concentrazioni massime ammissibili in sorgente compatibili con il livello di rischio e indice di pericolo accettabile. Tale calcolo viene effettuato mediante 3 step sequenziali: 1) Calcolo delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) individuali (singola sostanza) applicando la procedura AdR in modalità inversa (backward mode); 2) Verifica del rischio cumulativo legato alla presenza di più sostanze. In guesta fase Risk-net calcola il rischio individuale associato alla CSR

individuale¹ di ciascun contaminante e il rischio complessivo (sommatoria dei singoli rischi individuali). 3) Infine l'utente deve ridurre iterativamente le diverse CSR fino a che il rischio totale (ovvero la somma dei rischi delle singole CSR) sia pari o inferiore al valore limite. I valori di CSR che rispettano i valori limite accettabili (individuali e cumulativi) costituiscono gli obiettivi di bonifica del sito in esame.

"Calcolo Rischio". Calcolo del rischio associato alla Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente (CRS) definita dall'utente. Anche in questo caso viene calcolato sia il rischio individuale (singola sostanza) che quello cumulativo (sommatoria dei rischi associati ai diversi contaminanti riscontrati nel sito). I valori ottenuti devono essere confrontati con i criteri di accettabilità individuali e cumulativi del rischio sanitario, al fine di valutare se esistono o meno condizioni in grado di causare effetti sanitari nocivi.

ACCETTABILITÀ

Per il calcolo degli obiettivi di bonifica sito-specifici è necessario definire il livello accettabile di rischio, R, per le sostanze cancerogene e l'indice di pericolo, HI, per le sostanze non cancerogene.

niti di	ti di accettabilità			
A	Accettabilita Risc	nio ed Indice di Pericolo		
		Default	Individuale	Cumulativo
	·	Rischio	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵
		Indice di Pericolo	1	1
		L		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
			Individuale	Cumulativo
	_	Rischio	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵
		Indice di Pericolo	1	1
		Custom	Individuale	Cumulativo
	0	Rischio	1.0E-06	1.0E-05
		Indice di Pericolo	1.0	1.0
		L	1	
		н	ELP	Continua
				57

Figura 3. Definizione dei limiti accettabili di Rischio e Indice di Pericolo.

Nel software sono impostati come default i valori limite definiti dalla normativa vigente (D.Lgs 152/06 e D.Lgs 04/08) pari a R=10⁻⁶ e HI=1 per la singola sostanza e R=10⁻⁵ e HI=1 per gli effetti cumulati legati alla presenza di più sostanze.

¹ In assenza di saturazioni il rischio associato alla CSR individuale, rappresentativa della matrice contaminata, risulterà pari al valore limite accettabile (rischio o di indice di pericolo).



Tali limiti possono essere modificati dalla Userform riportata in Figura 2 a cui si accede dal pulsante di comando "Accettabilità" riportato nella finestra di dialogo "Limiti e opzioni di calcolo" della schermata principale.

OPZIONI DI CALCOLO

Nel software sono implementate, come impostazioni di base (default), le equazioni e i criteri di calcolo definiti nelle linee guida APAT-ISPRA (2008). Tuttavia per rendere più versatile lo strumento è possibile attivare e definire alcune opzioni di calcolo integrative. Per visualizzare o modificare le opzioni attive, l'utente deve accedere alla Userform "Opzioni di calcolo" (Figura 4) dal pulsante di comando "Opzioni" riportato nella finestra di dialogo "Limiti e opzioni di calcolo" della schermata principale.

Di seguito vengono brevemente descritte le diverse opzioni.

Opzioni di Calcolo
Esaurimento Sorgente SAM DAF Volatilizzazione Csat Units C Soil-Gas ADAF
Esaurimento Sorgente
Volatilizzazione Outdoor e Indoor
Suoio Superficiale (ad es. utilizza valore minore tra VESS1 e VESS2)
Suolo Profondo (ad es. utilizza valore min tra VFsamb1 e VFsamb2)
Lisciviazione in falda —
□ Suolo Superficiale (Utilizza valore minore tra LFss1 e LFss2)
□ Suolo Profondo (Utilizza valore minore tra LFsp1 e LFsp2)
Considera l'eventuale presenza di fase separata nel bilancio di materia
HELP Default Continua

Figura 4. Opzioni di calcolo.

Esaurimento Sorgente. Per la volatilizzazione e la lisciviazione² da suolo (superficiale e profondo) è possibile stabilire se considerare, tramite i bilanci di materia definiti nel documento APAT-ISPRA (2008), l'esaurimento della sorgente. Nel caso in cui sia attiva questa opzione, il fattore di trasporto per volatilizzazione (outdoor ed indoor) e per lisciviazione viene calcolato selezionando, per ciascun contaminante, il valore minore tra il fattore di trasporto e l'equazione di bilancio di materia

Tabella 1). Per un maggior dettaglio riguardo i simboli e le equazioni utilizzate, si rimanda a quanto descritto in appendice.

Via di migrazione		Opzione attiva	Opzione non attiva	
iciale	Volatilizzazione Outdoor $VF_{ss} = min [VF_{ss} (1); VF_{ss} (2)]$		$VF_{ss}=VF_{ss}(1)$	
o Superf	Volatilizzazione Indoor	$VF_{ssesp} = min [VF_{ssesp} (1); VF_{ssesp} (2)]$	$VF_{ssesp} = VF_{ssesp}(1)$	
Suolo	Lisciviazione in falda	$LF_{ss} = min [LF_{ss} (1); LF_{ss} (2)]$	$LF_{ss} = LF_{ss}$ (1)	
opu	Volatilizzazione Outdoor	$VF_{samb} = min [VF_{samb} (1); VF_{samb} (2)]$	$VF_{samb} = VF_{samb}$ (1)	
lo Profo	Volatilizzazione Indoor	$VF_{sesp} = min [VF_{sesp} (1); VF_{sesp} (2)]$	$VF_{sesp} = VF_{sesp} (1)$	
Suo	Lisciviazione in falda	$LF_{sp} = min [LF_{sp} (1); LF_{sp} (2)]$	$LF_{sp} = LF_{sp} (1)$	

Tabella 1. Fattori di trasporto considerando o meno l'esaurimento della sorgente.

In tale scheda è inoltre possibile attivare l'opzione "Considera l'eventuale presenza di fase separata nel bilancio di materia". Attivando tale opzione, nel caso in cui si attivi l'opzione di limitare la concentrazione totale alla C_{sat}, nel bilancio di materia utilizzato per stimare l'esaurimento della sorgente si tiene conto anche della presenza della fase separata.

Fattore di attenuazione in falda (DAF). Per il trasporto in falda è possibile selezionare il tipo di equazione da utilizzare in funzione della dispersione attesa (dispersione in tutte le direzioni, verticale e laterale o solo laterale). In particolare è possibile scegliere tra:

- DAF(1) = fenomeno dispersivo in tutte le direzioni (x,y,z).
- DAF(2) = in questo caso si assume che ci sia dispersione trasversale e longitudinale in tutte le direzioni mentre per la dispersione verticale si assume che

² Per il calcolo dell'esaurimento della sorgente per lisciviazione è stata implementata l'equazione LF (4) descritta nell'Appendice B del documento APAT-ISPRA (2008), ma non prevista nella procedura delineata nel documento principale.



avvenga solo verso il basso.

- DAF(3) = in questo caso si assume che non ci sia dispersione verticale ma solo longitudinale e trasversale.

Le equazioni utilizzate nei diversi casi sono riportate in appendice.

In tale schermata è inoltre possibile definire se utilizzare automaticamente il DAF(3) nel caso in cui lo spessore di miscelazione coincide con lo spessore della falda e se considerare la biodegradazione durante il trasporto nel caso in cui vengano definite nella banca dati le costanti di biodegradazione per i diversi contaminanti selezionati.

Volatilizzazione. Per la volatilizzazione da suolo (superficiale e profondo) in ambienti outdoor viene data la possibilità di attivare alcune opzioni di calcolo. Nello specifico viene data la possibilità di tener conto, nel caso in cui la contaminazione nel suolo superficiale non si estenda fino al piano campagna (ovvero Ls>0), dell'eventuale attenuazione subita dal contaminante durante il trasporto nella porzione di suolo non contaminato (mediante l'utilizzo dell'equazione VFsamb). Per contaminazione nel suolo profondo è possibile inoltre verificare che la volatilizzazione da suolo profondo non risulti superiore a quella che si avrebbe per contaminazione nel suolo superficiale (scegliendo il fattore di trasporto minore tra VFsamb e VFss). Per maggiori dettagli si rimanda alle equazioni per il calcolo dei fattori di trasporto riportati in appendice.

In questa scheda è inoltre possibile definire per la volatilizzazione outdoor off-site da falda se il trasporto al di fuori del sito avviene in atmosfera (ADF) o in falda (DAF).

Concentrazione di saturazione (Csat). In questa scheda è possibile attivare l'opzione "Considera Csat per calcolo del Rischio e delle CSR". Se viene attivata questa opzione, nel caso di condizioni di saturazione (CRS > Csat) per i contatti non diretti (volatilizzazione e lisciviazione) le CRS (Concentrazioni Rappresentative alla sorgente) definite nel caso di applicazione dell'Analisi di Rischio in modalità diretta (Calcolo del Rischio), vengono sostituite con la Concentrazione di Saturazione (Csat). Per i contatti diretti (ad es. ingestione e contatto dermico) tali concentrazioni, seppur superiori alla saturazione sono implementate tal quali nel software, in quanto il recettore può venire a contatto con il contaminante anche in fase separata. In maniera analoga, nei casi³ in cui le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR) calcolate risultano superiori alla Concentrazione di Saturazione (Csat) non vengono restituiti i valori limite per le vie che saturano (volatilizzazione e lisciviazione), ma viene indicato che si è in condizioni di saturazione (viene indicato ">Csat"). Se la CSR (ipotetica) calcolata risulta essere superiore alla concentrazione di saturazione (C_{sat}) infatti non è possibile definire una concentrazione di riferimento per i contatti indiretti (volatilizzazione e lisciviazione) in quanto anche alla massima concentrazione a cui il contaminante può lisciviare (come soluto) o volatilizzare il rischio risulta essere comunque inferiore al limite accettabile (ad es. R=10⁻⁶ o HI=1). Se viene attivata questa opzione, la CSR calcolata viene comunque visualizzata negli

³ Tale condizione si verifica spesso per i contaminanti poco solubili come gli Idrocarburi Policiclici Aromatici.



output (tra parentesi quadre) anche quando maggiore alla concentrazione di saturazione. Disattivando l'opzione "Considera Csat per calcolo del Rischio e delle CSR" compare nella stessa scheda una sotto-opzione "Considera Csat solo per calcolo CSR". Attivando questa sotto-opzione viene verificato il raggiungimento della Csat solo nel calcolo delle CSR ma non nel calcolo diretto del Rischio, in cui la CRS non viene limitata alla Csat. Questa sotto-opzione, sebbene se attivata possa condurre a risultati incoerenti nelle due modalità di calcolo (Calcolo del Rischio e Calcolo delle CSR), è stata prevista per allinearsi con quanto fatto da alcuni software disponibili (ad es. RBCA ToolKit) che effettuano solo la verifica della Csat nel calcolo delle CSR ma non nel calcolo del Rischio.

Attenuazione nel suolo (Soil Attenuation Model, SAM). Attivando questa opzione nel calcolo del fattore di trasporto per lisciviazione in falda si tiene conto dell'attenuazione dovuta alla ridistribuzione in mass dell'inquinante durante il percorso di lisciviazione da suolo in falda. Per maggiori dettagli si rimanda alle equazioni per il calcolo dei fattori di trasporto riportati in appendice.

Unità di Misura. Da qui è possibile selezionare se inserire i parametri inerenti la geometria del sito e della sorgente espressi in cm o in m.

C soil-gas. In questa scheda è possibile attivare o disattivare l'utilizzo delle concentrazioni del soil-gas (se definite dall'utente) per i percorsi volatilizzazione indoor e outdoor. In questa scheda è inoltre possibile definire se il fattore empirico β di correlazione tra concentrazione in sorgente e nel soil-gas (utilizzato per ricalcolare le CSR per inalazione), venga calcolato automaticamente dal software in funzione delle concentrazioni definite nel software per suolo (o falda) e soil-gas o venga invece definito dall'utente in funzione delle evidenze sito-specifiche. Per maggiori dettagli si rimanda all'Appendice 6.

Fattore di aggiustamento dei parametri tossicologici per il recettore bambino (ADAF). In questa schermata, attivando l'opzione "In presenza di bambini tieni conto di fattore di aggiustamento (ADAF)" per i contaminanti in cui nella banca dati è definito un ADAF, per i bambini vengono calcolati i rischi e le CSR moltiplicando il fattore di aggiustamento ai parametri tossicologici cancerogeni. Nel documento di supporto alla banca dati ISS-INAIL viene infatti raccomandato per le sostanze cancerogene che agiscono attraverso un'azione genotossica, di differenziare il valore dei parametri tossicologici cancerogeni (SF Ing., SF Inal.) in funzione che il recettore esposto sia un bambino o un adulto.



INPUT

Dalla finestra di dialogo "Input" della schermata principale (Figura 5) si accede alle diverse sezioni per la definizione del modello concettuale, dei contaminanti indicatori e dei parametri di input richiesti.

Descrizione Progetto Rignilogo Simulazione	Comandi	
Sito/Ubicazione	Apri File Salva File Nuovo	Report Esci
Compilato da	Input ? Out	tput
Nome file:	Definizione Parametri di Input Visu	ualizza Output
Tipo di Analisi ?	Modello Concettuale	Riepilogo Input
✓ Calcolo Obiettivi di Bonifica	Selezione Contaminanti	Contaminanti Indicatori
✓ Calcolo Rischio	Definizione CRS	Output Intermedi
	Recettori	Rischio
Limiti e opzioni di calcolo ?	Parametri Esposizione	Obiettivi di bonifica (CSR)
Accettabilità Opzioni	Companya intiche Sine	0

Figura 5. Finestra di dialogo per l'accesso alle diverse schermate di Input.

MODELLO CONCETTUALE

Nella definizione del modello concettuale l'utente deve selezionare, per ciascuna matrice, le vie di migrazione e di esposizione attive nel sito.

In accordo con quanto previsto dalle linee guida APAT-ISPRA (2008), vengono considerate in maniera distinta le seguenti sorgenti secondarie ⁴: suolo superficiale (0-1 m dal piano campagna), suolo profondo e falda. Per ciascuna matrice l'utente deve attivare la via di esposizione e successivamente attivare il tipo di bersaglio (on-site, off-site o entrambi). Le diverse caselle di check delle vie di esposizione e i bersagli associati vengono evidenziati in giallo se attivati. Nel caso in cui non venga attivato nessun bersaglio per una via di esposizione attiva questa diventa di color rosso indicativa di una

⁽⁴⁾ La sorgente primaria è rappresentata dall'elemento che è causa di inquinamento (es. accumulo di rifiuti); quella secondaria è identificata con il comparto ambientale oggetto di contaminazione (suolo, acqua, aria).



In	put
	P

Comandi			Sito:		Risk-net	Seleziona Tutte				
Continua	HELP	Stampa	Comp. da:	Data:	Modello Concettu	ale Deseleziona Tutte				
Sorgente			Esposizione		Bersaglio On-Site Off-site					
Suolo Superficiale	Contatto Diretto Volatilizzazione Erosione vento		lestione di Suolo e Contatto Dermico Ilazione Vapori Outdoor Ilazione Vapori Indoor		I On-Site I On-Site I On-Site	No Off-Site				
	Dilavamento	Ina I Ina I Ina I Ina I Ina	lazione Polveri Outdoor lazione Polveri Indoor iviazione in Falda		 ✓ On-Site ✓ On-Site ✓ POC = 0 					
Suolo Profondo	Volatilizzazione Dilavamento	↓ V Ina	lazione Vapori Outdoor Ilazione Vapori Indoor ziviazione in Falda		Image: On-Site Image: On-Site Image: On-Site Image: On-Site Image: On-Site	C Off-Site (ADF) No Off-Site POC > 0 (DAF)				
Falda	Volatilizzazione Diretto	↓ Inal Ina	lazione Vapori Outdoor lazione Vapori Indoor ntaminazione in Falda		 ✓ On-Site ✓ On-Site ✓ POC = 0 	C Off-Site (ADF)				

ricostruzione incompleta del modello concettuale.

Figura 6. Definizione del modello concettuale.

L'elenco completo dei diversi percorsi di migrazione e di esposizione attivabili nel software per ciascuna matrice sono riportati in Tabella 2.

Per alcune vie di esposizione è possibile definire dei percorsi off-site (ovvero al di fuori del sito). Per tali bersagli si distingue il trasporto al di fuori del sito dovuto a dispersione in aria (rappresentato dal simbolo ADF tra parentesi) o al trasporto in falda (rappresentato con il simbolo DAF). Per quanto riguarda il percorso di lisciviazione e di contaminazione in falda con POC viene indicato il punto di conformità. Pertanto se viene attivata la casella "POC = 0", il rischio per la risorsa idrica (se attivata nella schermata Recettori) nel caso della lisciviazione da suolo superficiale e profondo viene calcolato confrontando le concentrazioni attese in falda sulla verticale rispetto alla sorgente presente nel suolo (non si tiene conto di un eventuale attenuazione della contaminazione dovuta al trasporto in falda) e i valori limite definiti dalla normativa per le acque sotterranee (CSC, Concentrazioni Soglia di Contaminazione). Nel caso di contaminazione in falda attivando la casella POC = 0, il software calcola il rischio per la risorsa idrica semplicemente confrontando le concentrazioni in falda definite dall'utente con le CSC per le acque sotterranee. Si sottolinea che sebbene il software permetta di attivare entrambe le opzioni (POC=0 e POC>0) è evidente che se vengono attivate entrambe, le CSR finali calcolate per la



protezione della risorsa idrica saranno quelle stimate considerando POC=0. Pertanto, in funzione del caso in esame, l'utente dovrà prestare particolare attenzione a quale delle due opzioni mantenere attiva.

Input

Via di espos	sizione/migrazione	On-Site	Off-Site
	Contatto dermico (contatto diretto)	V	
	Ingestione di Suolo (contatto diretto)	V	
	Inalazione di Vapori Outdoor	V	V
Suolo Superficiale	Inalazione di Vapori Indoor	V	
Oupernolaie	Inalazione di Polveri Outdoor	V	V
	Inalazione di Polveri Indoor	V	
	Lisciviazione in falda	V	V
	Inalazione di Vapori Outdoor	V	V
Suolo Profondo	Inalazione di Vapori Indoor	V	
	Lisciviazione in falda	V	V
	Inalazione di Vapori Outdoor	V	V
Falda	Inalazione di Vapori Indoor	V	V
	Contaminazione in falda	V	V

Tabella 2. Vie di esposizione/migrazione attivabili

La Tabella 3 riporta i fattori di trasporto utilizzati per le diverse vie di esposizione attivate. Per un maggior dettaglio riguardo i simboli e le equazioni utilizzate si rimanda a quanto descritto in appendice.

Via di espos	sizione/migrazione	On-Site	Off-Site
	Contatto dermico (contatto diretto)	Diretto	
	Ingestione di Suolo (contatto diretto)	Diretto	
	Inalazione di Vapori Outdoor	VFss	VF _{ss} x ADF
Suolo Superficiale	Inalazione di Vapori Indoor	VFssesp	
Oupernolate	Inalazione di Polveri Outdoor	PEF	PEF x ADF
	Inalazione di Polveri Indoor	PEFin	
	Lisciviazione in falda	LFss	LF _{ss} x DAF
	Inalazione di Vapori Outdoor	VF _{samb}	VF _{samb} x ADF
Suolo Profondo	Inalazione di Vapori Indoor	VFsesp	
	Lisciviazione in falda	LF_{sp}	$LF_{sp} x DAF$
	Inalazione di Vapori Outdoor	VF _{wamb}	VFwamb x ADF*
Falda	Inalazione di Vapori Indoor	VFwesp	VF _{wesp} x DAF
	Contaminazione in falda	Diretto	DAF

Tabella 3. Fattori di trasporto utilizzati per ciascuna via di esposizione.

(*) L'utente per la volatilizzazione off-site da falda può selezionare anche l'opzione di trasporto off-site in falda (DAF) e successiva volatilizzazione.



Comandi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. permette di stampare la schermata in cui si sta lavorando.

Seleziona tutte. Attiva tutte le vie di esposizione e di migrazione del modello concettuale.

Deseleziona tutte. Disattiva tutte le vie di esposizione e di migrazione del modello concettuale.

CONTAMINANTI INDICATORI

Per ciascuna matrice di contaminazione l'utente deve inserire i contaminanti sui quali applicare l'Analisi di Rischio (Figura 7). Si accede a questa schermata dal pulsante "Selezione Contaminanti" della schermata principale.

Comandi					Sito:	ID:	Risk-net
Continua	>> Contaminanti	Banca Dati	HELP	Stampa	Comp. da:	Data:	Selezione Contaminanti
Default (ISS-INAIL, 2015)							
						1	
Suolo Superfi	ciale		Suolo Pro	ofondo			Falda
Contaminanti			Contaminar	nti			Contaminanti
Benzene			Stirene]	Benzene
Etilbenzene			Toluene				Etilbenzene
Stirene			Xileni				Stirene
Toluene			Cloruro di vini	ile			Toluene
Xileni			Diclorometan	0			Xileni
Cloruro di vinile			Tetracloroetile	ene (PCE)			Cloruro di vinile
Diclorometano							Tetracloroetilene (PCE)
Tetracloroetilene (P	CE)						
]	
]	
]	
						1	
						1	
						1	
						1	
						1	
						1	
						1	
						1	
						1	
						1	
						1	
						1	
						1	
		-				1	
						1	
		-				1	
						1	

Figura 7. Selezione contaminanti.



Comandi della schermata di Selezione dei contaminati

Continua. Tale pulsante permette di ritornare alla schermata principale.

>> Contaminanti. Avvia la Userform di inserimento dei contaminanti.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

Banca Dati. Si accede al database per visualizzare, modificare o inserire nuovi contaminanti.

Selezione del Database. Al primo accesso alla schermata di inserimento dei contaminanti viene richiesto il database da utilizzare (Figura 8). E' possibile utilizzare la banca dati interna al software ('Database di Default' in cui è implementata la banca dati ISS-INAIL, 2015) o utilizzare un database esterno modificabile. Nel Database di Default è implementata la banca dati ISS-INAIL (Marzo 2015) e i limiti fissati dal D.Lgs 152/06 e s.m.i. (per MtBE, EtBE e Piombo Tetraetile i limiti per i suoli e per le acque sotterrane sono riferiti al D.M. 12 febbraio 2015, n. 31). Caricando il file esterno viene disattivata la funzione di calcolo automatico dei coefficienti di ripartizione Koc e Kd che dipendono dal valore di pH definito nel sito e il calcolo delle CSR per gli Idrocarburi. La scelta del Database da utilizzare può essere modificata in seguito direttamente dal foglio Banca Dati a cui si accede dal pulsante "Banca Dati" (si sottolinea che cambiando in corso la banca dati di riferimento, i contaminanti indicatori precedentemente inseriti, vengono sostituiti con quelli aventi lo stesso ID nella nuova banca dati).

Seleziona Database	×												
Seleziona Database	Seleziona Database												
Database di Default (ISS-INAIL, 2015)													
C Database Esterno													
Caricando il DB esterno verrà disattivata la funzione di calcolo automatico del Koc e Kd funzione del pH e delle CSR per gli Idrocarburi.													
HELP	Continua												

Figura 8. Selezione Database.

Selezione contaminanti indicatori. Definito il database da utilizzare si avvia automaticamente la Userform di inserimento dei contaminanti (Figura 9). In accordo con quanto previsto dalle linee guida APAT-ISPRA è possibile definire in maniera distinta i contaminanti rilevati nel suolo superficiale, suolo profondo e falda.

	Suolo Protondo		
Alluccipio			Suolo Profondo
Antimonio Argento Arsenico Berillio Boro Cadmio	_	>> Elenco SS	Toluene Xileni Cloruro di vinile Diclorometano Tetracloroetilene (PCE)
Cianuri Cobalto Cromo totale Cromo VI Ferro Fluoruri		>> Database	
Manganese Mercurio Nichel Nitriti Piombo Bamo		Rimuovi tutto Sposta su	
Selenio Solfati	Parti	Sposta giù	

Figura 9. Selezione contaminanti indicatori.

Con riferimento alla Figura 9, la colonna a sinistra riporta i contaminanti presenti nel database. Dalla casella di testo "cerca" è possibile accelerare la ricerca digitando le iniziali del composto desiderato. Una volta individuato, selezionarlo e premere il tasto ">> Inserisci" (o doppio click sul contaminante selezionato) ed il contaminante verrà aggiunto nella colonna di destra.

Qualora si voglia rimuovere un composto precedentemente inserito, è sufficiente selezionarlo sulla colonna di destra e premere il tasto "<< Rimuovi" (o doppio click sul contaminante selezionato). Per eliminare tutti i contaminanti inseriti premere il tasto "Rimuovi Tutto". Il Software permette di inserire anche tutti le sostanze presenti nel database (">> Database").

I tasti "Sposta su" e "Sposta giù" permettono di ordinare l'elenco dei contaminanti inseriti.

L'inserimento dei contaminanti deve essere ripetuto per ciascuna matrice contaminata attivata nel modello concettuale. Per far questo è necessario accedere alle diverse schede, dai pulsanti "Suolo Superficiale", "Suolo Profondo" e "Falda" posizionati nella Userform in alto a sinistra. Si sottolinea che nella Userform vengono mostrate solo le schede delle matrici attivate precedentemente durante la ricostruzione del modello concettuale del sito.

Per la scheda Suolo Profondo, oltre ai comandi precedentemente descritti compare il pulsante ">> Elenco SS". Tale pulsante permette di inserire per la matrice suolo profondo gli stessi contaminanti inseriti per il suolo superficiale.

Per la scheda Falda compare il pulsante ">> Elenco SP". Tale pulsante permette di inserire per la matrice selezionata gli stessi contaminanti inseriti per il suolo profondo.

Una volta terminato, per completare il processo di inserimento premere il tasto "Continua" posizionato nella Userform in basso a destra.

Comandi della Userform di inserimento dei contaminanti indicatori

Suolo Superficiale. Si accede alla Userform di inserimento dei contaminanti indicatori del suolo superficiale.

Suolo Profondo. Si accede alla Userform di inserimento dei contaminanti indicatori del suolo profondo.

Falda. Si accede alla Userform di inserimento dei contaminanti indicatori della falda.

Help Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

>> Inserisci. Inserisce per la matrice contaminata il contaminante selezionato (in alternativa è sufficiente fare doppio click sul contaminante da inserire)

<< Rimuovi. Elimina per la matrice contaminata il contaminante selezionato (in alternativa è sufficiente fare doppio click sul contaminante da inserire)

Rimuovi Tutto. Rimuove tutti i contaminanti indicatori inseriti per la matrice selezionata.

Sposta su, Sposta giù. Permettono di ordinare l'elenco dei contaminanti inseriti.

>> Elenco SS. Inserisce per la matrice suolo profondo gli stessi contaminanti inseriti per il suolo superficiale.

>> Elenco SP. Inserisce per la falda gli stessi contaminanti inseriti per il suolo profondo.

Continua. Completa il processo di inserimento dei contaminanti indicatori.

Banca Dati. Si accede al database per visualizzare, modificare o inserire nuovi composti.

BANCA DATI

Dal pulsante "Banca Dati" della Userform di inserimento dei contaminanti indicatori si accede al database caricato nel software (Figura 10). Da qui è possibile visualizzare le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche dei contaminanti presenti nel database selezionato.

Nel software, come descritto nel paragrafo "Contaminanti Indicatori" (pag. 29), è possibile utilizzare la banca dati interna al software ('Database di Default' in cui è implementata la banca dati ISS-INAIL, 2015) o utilizzare un database esterno modificabile. Nel caso di utilizzo del database di default il software calcola automaticamente i coefficienti di ripartizione Koc e Kd in funzione del pH definito nel sito. Tale opzione viene disattivata nel caso di utilizzo del database esterno.

	Comandi																	
	Continua	Carica DB Default	Carica DB Esterno	Risk-	net													
	Ricerca	Modifica DB Default	Crea DB Esterno	Banca I	Dati													
	HELP Kd e Koc> f(pH) Stampa																	
	Default (ISS-INAIL, 2015)						_											
D	Contaminanti	Numero CAS	Classe	Peso Molecolare [g/mole]	Solubilità [mg/L]	Rif.	Pressione di vapore [mm Hg]	Rif.	Costante di Henry [adim.]	Rif.	Koc/Kd f(ph)	Koc [mg/kg/mg/L]	Kd [mg/kg/mg/L]	Rif.	log Kow [adim.]	Rif.	Coeff. Diff. Aria [cm ² /sec]	Rif.
1	Alluminio	7429-90-5	Inorganici	26.98		1							1.50E+03	1				
2	Antimonio	7440-36-0	Inorganici	121.75									4.50E+01	1				
3	Argento	7440-22-4	Inorganici	107.87							f(pH)		8.30E+00					
4	Arsenico	7440-38-2	Inorganici	74.92							f(pH)		2.90E+01					
5	Berillio	7440-41-7	Inorganici	9.01							f(pH)		7.90E+02					
6	Boro	7440-42-8	Inorganici	13.84		1							3.00E+00	1				
7	Cadmio	7440-43-9	Inorganici	112.41							f(pH)		7.50E+01					
8	Cianuri	57-12-5	Inorganici	27.03			3.74E+03	1*	5.44E-03	1			9.90E+00	1			2.11E-01	1
9	Cobalto	7440-48-4	Inorganici	58.93									4.50E+01	1				
10	Cromo totale	16065-83-1	Inorganici	52.00							f(pH)		1.80E+06					
11	Cromo VI	18540-29-9	Inorganici	52.00							f(pH)		1.90E+01					
12	Ferro	7439-89-6	Inorganici	55.85		1							2.50E+01	1				
13	Fluoruri	7782-41-4	Inorganici	38.00	4.22E+04	1	7.60E+02	2	9.19E+02	**			1.50E+02	1				
14	Manganese	7439-96-5	Inorganici	54.94		1							6.50E+01	1				
15	Cloruro di mercurio	7487-94-7	Inorganici	271.50	6.90E+04	1			2.90E-08	6	f(pH)		5.20E+01					
16	Mercurio elementare	7439-97-6	Inorganici	200.59	6.00E-02	1	2.60E-03	1*	4.67E-01	1	f(pH)		5.20E+01				3.07E-02	1
17	Metilmercurio	22967-92-6	Inorganici	215.63														
18	Nichel	7440-02-0	Inorganici	58.69							f(pH)		6.50E+01					
19	Nitriti	14797-65-0	Inorganici	46.00		1												
20	Piombo	7439-92-1	Inorganici	207.20									9.00E+02	1				
21	Rame	7440-50-8	Inorganici	63.55									3.50E+01	1				
22	Selenio	7782-49-2	Inorganici	78.96							f(pH)		5.00E+00					
23	Tallio	7440-28-0	Inorganici	204.38							f(pH)		7.10E+01					

Figura 10. Database Risk-net

Modifica del Database di Default. Nel caso di utilizzo del database di default è possibile modificare alcuni parametri premendo il pulsante "Modifica DB Default". Tale pulsante sblocca la schermata di inserimento e l'utente può modificare i parametri della banca dati ISS-INAIL. Tali modifiche permangono esclusivamente per la simulazione corrente (all'avvio di una nuova simulazione o caricando nuovamente la banca dati di default vengono ripristinati i valori originali definiti nel database ISS-INAIL). Le modifiche vengono evidenziate in rosso e nelle diverse schermate di riepilogo viene riportata la dicitura "Database di Default modificato" e i contaminanti modificati vengono indicati con un asterisco.

Creazione del database esterno. Nel caso in cui si vogliano inserire nuovi contaminanti o nel caso in cui si vogliano utilizzare parametri diversi da quelli definiti nella banca dati ISS-INAIL è possibile creare un database esterno (Figura 11).

Si accede a tale banca dati dal pulsante "Crea DB Esterno" riportato nella schermata della banca dati (Figura 10) o in alternativa è possibile aprire direttamente il file .xls 'Banca Dati_RCN' riportato nella stessa cartella del software. In questa schermata è possibile apportare tutte le modifiche o integrazioni desiderate. Durante tali operazioni si deve prestare attenzione a non modificare l'ordine o il numero delle colonne e a non lasciare righe vuote (il software carica il database esterno fino alla prima riga vuota). Una volta terminato è possibile salvare il file con il nome desiderato. Per caricare il database esterno creato premere il pulsante "Carica DB esterno" riportato nella schermata della banca dati e selezionare il file che si desidera utilizzare (Figura 10). Si sottolinea che caricando un nuovo database per una simulazione già effettuata, nel caso in cui l'elenco dei contaminanti presenti nel nuovo database selezionato risultasse diverso, il software ricerca e sostituisce i contaminanti indicatori precedentemente inseriti dall'utente con quelli aventi lo stesso ID (prima colonna del foglio Banca dati). Pertanto qualora si vogliano usare gli stessi contaminanti con database diversi è necessario assegnare nelle diverse banche dati lo stesso ID.

																		_	
	Risk-net																		
	Banca Dati Esterna																		
			Istruzioni: Non eliminare i	ne inserire nuove	e colonne;	Non la:	sciare righe v	uote (il software o	arica	tino alla	i prima riga v	ruota)						
_			-	Peso	Solubiltà	· · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Pressione di		Costante di		Koc/Kd	Koc	Kd		log Kow		Coeff. Diff.		Coeff. Diff.
U	Contaminanti	Numero CAS	Classe	Molecolare	[mg/L]	Rif.	vapore [mm Ho]	Rif.	Henry Fadim 1	Rif.	f(ph)	[mg/kg/mg/L]	[mg/kg/mg/L]	Rif.	[adim.]	Rif.	Ana [cmi/eac]	Rif.	Acqua
1	Altuminio	7429.90.5	Inoroanici	26.98		1	funutial		[doint]				1.50E+03	4			[cm/acc]		femvacel
2	Antimonio	7440-36-0	Inorganici	121.75									4 50E+01	1					
3	Argento	7440-22-4	Inorganici	107.87							f(pH)		8.30E+00						
4	Arsenico	7440-38-2	Inorganici	74,92							f(pH)		2,90E+01						
5	Berilio	7440-41-7	Inorganici	9,01							f(pH)		7,90E+02						
6	Boro	7440-42-8	Inorganici	13,84		1							3,00E+00	1					
7	Cadmio	7440-43-9	Inorganici	112,41							f(pH)		7,50E+01						
8	Cianuri	57-12-5	Inorganici	27,03			3,74E+03	1*	5,44E-03	1			9,90E+00	1			2,11E-01	1	2,46E-05
9	Cobalto	7440-48-4	Inorganici	58,93									4,50E+01	1					
10	Cromo totale	16065-83-1	Inorganici	52,00							f(pH)		1,80E+06						
11	Cromo VI	18540-29-9	Inorganici	52,00							f(pH)		1,90E+01						
12	Ferro	7439-89-6	Inorganici	55,85		1							2,50E+01	1					
13	Fluoruri	7782-41-4	Inorganici	38,00	4,22E+04	1	7,60E+02	2	9,19E+02				1,50E+02	1					
14	Manganese	7439-96-5	Inorganici	54,94		1							6,50E+01	1					
15	Cloruro di mercurio	7487-94-7	Inorganici	271,50	6,90E+04	1			2,90E-08	6	f(pH)		5,20E+01						
16	Mercurio elementare	7439-97-6	Inorganici	200,59	6,00E-02	1	2,60E-03	1*	4,67E-01	1	f(pH)		5,20E+01				3,07E-02	1	6,30E-06
17	Metilmercurio	22967-92-6	Inorganici	215,63															
18	Nichel	/440-02-0	Inorganici	58,69							t(pH)		6,50E+01						
19	Nimb	14/9/-00-0	Inorganici	40,00		1													
20	Piombo	7459-92-1	Inorganici	207,20									0.005.00						
21	Selenio	7990-50-6	Inorganici	79.06							f(nH)		9,00E+02						
22	Talio	7440.28.0	Inorganici	204.38							f(pH)		7.10E+01						
24	Vanadio	7440-82-2	Inorganici	50.94							(pri)		1.00E+03	1					
25	Zinco	7440,66,6	Inorganici	65.38				_			f(oH)		6 20E+01						
26	Benzene	71-43-2	Aromatici	78.11	1.79E+03	1	9.66E+01	1*	2.27E-01	1		1.46E+02		1	1.99E+00	2	8.95E-02	1	1.03E-05
27	Etilbenzene	100-41-4	Aromatici	106.17	1.69E+02	1	9.53E+00	1*	3.22E-01	1		4.46E+02		1	3.03E+00	2	6.85E-02	1	8.46E-06
28	Stirene	100-42-5	Aromatici	104,15	3,10E+02	1	6,22E+00	1*	1,12E-01	1		4,46E+02		1	2,89E+00	2	7,11E-02	1	8,78E-06
29	Toluene	108-68-3	Aromatici	92,14	5,26E+02	1	2,88E+01	1*	2,71E-01	1		2,34E+02		1	2,54E+00	2	7,78E-02	1	9,20E-06
30	m-Xilene	108-38-3	Aromatici	106,17	1,61E+02	1	8,27E+00	1*	2,94E-01	1		3,75E+02		1	3,20E+00	2	6,84E-02	1	8,44E-06
31	o-Xilene	95-47-6	Aromatici	106,17	1,78E+02	1	6,60E+00	1*	2,12E-01	1		3,83E+02		1	3,13E+00	2	6,89E-02	1	8,53E-06
32	p-Xilene	106-42-3	Aromatici	106,17	1,62E+02	1	8,00E+00	1*	2,82E-01	1		3,75E+02		1	3,17E+00	2	6,82E-02	1	8,42E-06
33	Xileni	1330-20-7	Aromatici	106,17	1,06E+02	1	3,93E+00	1*	2,12E-01	1		3,83E+02		1	3,09E+00	2	8,47E-02	1	9,90E-06
34	Acenaftene	83-32-9	Aromatici policiclici	154,21	3,90E+00	1	3,54E-03	1*	7,52E-03	1		5,03E+03		1	4,15E+00	2	5,06E-02	1	8,33E-06
35	Acenaftilene	208-96-8	Aromatici policiclici	152,20	3,93E+00	2	2,27E-03	2*	4,74E-03	2		6,92E+03		2	3,94E+00	2	4,39E-02	2	7,06E-06
36	Antracene	120-12-7	Aromatici policiclici	178,24	4,34E-02	1	1,03E-05	1*	2,27E-03	1		1,64E+04		1	4,34E+00	2	3,90E-02	1	7,85E-06
37	Benzo(a)antracene	56-55-3	Aromatici policiclici	228,30	9,40E-03	1	3,75E-07	1*	4,91E-04	1		1,77E+05		1	5,52E+00	2	5,09E-02	1	5,94E-06
38	Benzo(a)pirene	50-32-8	Aromatici policiclici	252,32	1,62E-03	1	2,23E-09	1*	1,87E-05	1		5,87E+05		1	6,11E+00	2	4,76E-02	1	5,56E-06
39	Benzo(e)pirene	192-97-2	Aromatici policiclici	252,31	8,60E-04	2	1,51E-09	2*	2,38E-05	2		3,86E+06		2	6,70E+00	2	4,05E-02	2	5,49E-06

Figura 11. Banca Dati Esterna.

Si sottolinea che utilizzando il database esterno viene disattivata la funzione di calcolo automatico dei coefficienti di ripartizione Koc e Kd che dipendono dal valore di pH definito nel sito e il calcolo delle CSR per gli Idrocarburi. Per quanto riguarda il rischio cumulato per la risorsa idrica, per il parametro "Idrocarburi Totali" per le sottoclassi della

classificazione TPH WG e MADEP, nel database esterno è necessario inserire nella colonna "Classe" la dicitura "Idrocarburi (TPHCWG)" e "Idrocarburi (MADEP)", rispettivamente.

Kd e Koc funzione del pH. Premendo il pulsante "Kd e Koc \rightarrow pH" è possibile visualizzare i valori di Koc e Kd che sono funzione del pH. Per maggiori dettagli si rimanda all'Appendice 6.

Ricerca Contaminanti. Per velocizzare il processo di ricerca e di visualizzazione dei parametri chimico-fisici e tossicologici dei diversi contaminanti è possibile utilizzare la Userform riportata in Figura 12 (si accede dal pulsante "Ricerca" riportato nella schermata della banca dati). In questa schermata è possibile selezionare il contaminante da visualizzare o effettuare una ricerca in base al nome o al numero C.A.S. Una volta terminato premendo il pulsante "Chiudi" si ritorna alla schermata della banca dati.

tabase Composti	<u>^</u>	Com	rca Avanzata posto da cercare: <u>C</u> erca	Opzio ⓒ Ce ○ Ce	ni erca Nome Compo erca Numero C.A	Isto
Proprietà composto -						
Composto	Benzene		Cat Ca	rc UE	1	
Numero C.A.S	71-43-2		Classe Cance	r FPA	Δ	
Classe	Aromatici		SF Ing. [mg/kg/	davl-1	5.5E-02	1
			SF Inal. [mg/kg/	day]-1	2.7E-02	1
Peso Molecolare (g/mole)	78.1	Rif.	RfD Ing. [mg/k	g/day]	4.0E-03	1
Solubilità [mg/litro]	1.8E+03	1	RfD Inal. [mg/k	g/day] [8.6E-03	1
Pressione di vapore [mm Hg]	9.5E+01	4	ABS	[adim.]	0.1	
Costante di Henry [adim.]	2.3E-01	1	λ[1/day]		
Koc [mL/g]	6.2E+01	,		-		
Koc/Kd: f(pH) Kd [mL/g]		1	CSC Residenziale: Suolo [i	mg/kg]	1.0E-01	
log Kow [adim.]	2.13	1	CSC Industriale: Suolo [mg/kg]	2.0E+00	
Coeff. Diff. Aria [cm2/sec]	8.8E-02	1	CSC: Falda	[mg/L]	1.0E-03	
Coeff. Diff. Acqua [cm2/sec]	9.8E-06	1				
					9	<u>C</u> hiudi

Figura 12. Ricerca dei parametri dei contaminanti presenti nel database.

CONCENTRAZIONE RAPPRESENTATIVA ALLA SORGENTE

Nel caso di applicazione dell'analisi di rischio in modalità diretta ("forward") l'utente deve definire, per ciascun contaminante, la concentrazione rappresentativa alla sorgente (Figura 13). Si accede a tale schermata dal menù principale dal pulsante "Definizione CRS".

Come dati di input vengono richiesti le concentrazioni espresse come mg/kg di sostanza secca (per il suolo) e come mg/L per la falda.

Comandi				Sito:		ID:	Risk-ne	et			
Continua	HELP	Stampa		Com	n da:	Data:	Concentra	zione rapp	resentativa alla sorgente (CRS)		
				Com	y. ua.	Doto.			,		
								1			
Suolo Superfic	ciale	Prof. soil-gas da p.c. (m)	0.5		Suolo Profondo	Prof. soil-gas da p.c. (m)	1		Falda	Prof. soil-gas da p.c. (m)	1
Contaminanti		CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m³]		Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m ³]		Contaminanti	CRS [mg/L]	CRS soil-gas [mg/m³]
Benzene		5.00E+00			Stirene				Benzene		
Etilbenzene		2.00E+00			Toluene				Etilbenzene		
Stirene		3.00E+00			Xileni				Stirene		
Toluene		4.00E+00			Cloruro di vinile				Toluene		
Xileni		5.50E+00			Diclorometano				Xileni		
Cloruro di vinile		1.20E+00			Tetracloroetilene (PCE)				Cloruro di vinile		
Diclorometano		1.10E+00							Tetracloroetilene (PCE)		
Tetracloroetilene (Po	CE)	5.00E-01									

Figura 13. Definizione della Concentrazione Rappresentativa alla Sorgente.

Soil-Gas. Qualora disponibili, è possibile inserire le concentrazioni del soil-gas (espresse come mg/m³) che verranno utilizzate per il calcolo dei percorsi di volatilizzazione indoor ed outdoor (opzione aggiuntiva rispetto a quanto previsto nelle linee guida APAT-ISPRA, 2008). Nel caso in cui non vengano inseriti valori per il soil-gas, per tali vie di migrazione, vengono utilizzati i dati di concentrazione totali, applicando i modelli di ripartizione previsti dal documento APAT-ISPRA (2008). Se nelle opzioni di calcolo viene disattivata la voce "Calcola automaticamente il beta soil-gas" in questa schermata è inoltre possibile definire i fattori empirici β di correlazione tra concentrazione in sorgente e nel soil-gas (utilizzato per ricalcolare le CSR per inalazione). Per maggiori dettagli si rimanda all'Appendice 6.


Comandi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

DEFINIZIONE DEI RECETTORI

Dal pulsante "Recettori" della schermata principale si accede alla Userform di selezione dei bersagli all'interno o in prossimità del sito (Figura 14).

Scenario di Esposizione			<u> </u>	×
On-Site	Adjusted	Adulto	C Ř Bambino	
Industriale Commerciale	voratore Adulto	c	ON-SITE	
 Protezione Risorsa Idrica - Cimiti Tabellari 		○ Ingestion	e di Acqua	
Default	HELP		Continua	

Figura 14. Selezione dello scenario di esposizione.

L'utente deve scegliere tra le seguenti opzioni:



- ✓ Adulto (Ambito Residenziale o Ricreativo⁵)
- ✓ Bambino (Ambito Residenziale o Ricreativo)
- ✓ Adjusted (Ambito Residenziale o Ricreativo): attivando questa opzione si considera per i composti cancerogeni una esposizione mediata tra 6 anni da bambino e 24 da adulto mentre per i composti non cancerogeni si assume in via cautelativa l'esposizione del bambino (per maggiori chiarimenti si rimanda al documento APAT-ISPRA);
- ✓ Lavoratore Adulto (Industriale o Commerciale)

Nel caso in cui sia attiva la lisciviazione o il trasporto in falda, l'utente deve selezionare se calcolare il rischio per la risorsa idrica⁶ (in conformità con quanto previsto dal D.Lgs. 04/08) o il rischio sanitario associato all'ingestione di acqua (opzione aggiuntiva non conforme alla normativa attuale).

Quanto detto deve essere effettuato in maniera distinta per i bersagli on-site e per quelli off-site a cui si accede dai pulsanti di comando posizionati nella Userform in alto a destra. Nel caso in cui non siano attive vie di esposizione per i bersagli on-site o off-site le relative schede vengono oscurate.

Comandi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Default. Imposta le opzioni di default del software in accordo con quanto previsto dalle linee guida APAT-ISPRA e dalla normativa (Esposizione "Adjusted" e Rispetto dei limiti tabellari nelle acque al punto di conformità).

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

PARAMETRI DI ESPOSIZIONE

Lo step successivo consiste nel definire i parametri di esposizione del sito in esame (Figura 15). Si accede a tale schermata dal pulsante "Parametri di Esposizione" riportato nella schermata principale. In tale contesto è necessario definire i parametri relativi alle esposizioni attive nel sito (on-site) e fuori dal sito (off-site).

⁽⁶⁾ Con l'introduzione del D.Lgs. 04/08 viene imposto il rispetto al punto di conformità (POC) dei limiti prefissati dalla legge per le acque sotterranee [15].



⁽⁵⁾ La differenza tra Residenziale e Ricreativo può essere definita attraverso i parametri di esposizione. Ad esempio il documento APAT-ISPRA (2008) indica una frequenza giornaliera outdoor di 3 ore per uno scenario ricreativo contro 8 ore per un ambito residenziale.

La definizione dei parametri di esposizione descrive il modello di comportamento atteso per i diversi bersagli individuati. A tal fine è necessario definire la frequenza e la durata di esposizione, il tasso di contatto giornaliero (inalazione, ingestione o contatto dermico), il peso corporeo e il tempo su cui mediare l'esposizione. Tali fattori si differenziano a seconda che il recettore sia Adulto (Ambito Residenziale o Ricreativo), Bambino (Ambito Residenziale o Ricreativo) o un Lavoratore (Adulto, Ambito Industriale).

		Comp. da.		Data.						
			Residenzial	e (o Ricreativo)	Industriale	Residenziale	(o Ricreativo)	Industriale		Parametro da inserire
Parametri di esposizione	Simbolo	Unità di misura	Adulto	Bambino	Adulto	Adulto	Bambino	Adulto	24	Parametro non richiesto
Parametri Generali				On-Site			Off-Site		300	Parametro diverso da de
Peso corporeo	BW	kg	70	15	70	70	15	70	300	Valore di default
Durata di esposizione sostanze cancerogene	ATc	anni		70			70		Tourse	the content of the temp
Durata di esposizione sostanze non cancerogene	ED	anni	24	6	25	24	6	25	Impos	sta valon default ISPR
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	350	350	250	350	350	250		
Ingestione di suolo										
Frazione di suolo ingerita	FI	adim	1.0	1.0	1.0	NA	NA	NA		
Tasso di ingestione di suolo	IR	mg/giorno	100.0	200.0	50.0	NA	NA	NA		
Contatto dermico con suolo										
Superficie di pelle esposta	SA	cm ²	5700.0	2800.0	3300.0	NA	NA	NA		
Fattore di aderenza dermica del suolo	AF	mg/cm²/giorno	0.07	0.20	0.20	NA	NA	NA		
Inalazione di aria outdoor										
Frequenza giornaliera di esposizione (c)	EFgo	ore/giorno	24	24	8	24	24	8		
Inalazione outdoor (a);(b)	Bo	m²/ora	0.9	0.7	2.5	0.9	0.7	2.5		
Frazione di particelle di suolo nella polvere	Fsd	adim		1.0			1.0			
Inalazione di aria indoor										
Frequenza giornaliera di esposizione	EFgi	ore/giorno	24	24	8	24	24	8		
Inalazione indoor (b)	Bi	m²/ora	0.9	0.7	0.9	0.9	0.7	0.9		
Frazione indoor di polvere all'aperto	Fi	adim		1.0			1.0			
Ingestione di acqua potabile										
Tasso di ingestione di acqua	Rw	L/giorno	2.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0		

Figura 15. Parametri di Esposizione.

Per velocizzare il processo di compilazione, vengono richiesti solo i parametri effettivamente utilizzati per il caso specifico in funzione delle vie di esposizione attive e dei bersagli selezionati. In particolare le caselle in grigio scuro sono i dati non richiesti, mentre i dati da inserire sono riportati nelle celle in azzurro. Vengono inoltre evidenziati i valori che vengono modificati rispetto alle impostazioni di default.

Con il pulsante "Default ISPRA" si impostano i valori di default implementati nel software (Tabella 4). In tal caso nel software viene richiesto se impostare i dati di default per un ambito residenziale o per uno ricreativo (le differenze tra i due scenari sono evidenziate in Tabella 4). Per una descrizione dettagliata dei diversi valori si rimanda al documento APAT-ISPRA (2008).

		U NITÀ DI	RESIDE	ENZIALE	INDUSTRIALE
PARAMETRI DI ESPOSIZIONE	SIMBOLO	MISURA	ADULTO	BAMBINO	ADULTO
Fattori comuni	-		-		
Peso corporeo	BW	kg	70	15	70
Durata di esposizione sost. canc.	ATc	anni		70	
Durata di esposizione	ED	anni	24	6	25
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	350	350	250
Ingestione di suolo					
Frazione di suolo ingerita	FI	adim	1	1	1
Tasso di ingestione di suolo	IR	mg/giorno	100	200	50
Contatto dermico con suolo					
Superficie di pelle esposta	SA	Cm ²	5700	2800	3300
Fattore di aderenza dermica	AF	mg/cm²/giorno	0.07	0.2	0.2
Inalazione di aria outdoor					
Frequenza giornaliera	EF_{go}	ore/giorno	24 (c)	24 (c)	8
Inalazione outdoor (a);(b)	Bo	m³/ora	0.9 (c)	0.7 (c)	2.5
Frazione di particelle nella polvere	F_{sd}	adim		1	
Inalazione di aria Indoor					
Frequenza giornaliera	EF_{gi}	ore/giorno	24	24	8
Inalazione indoor (b)	Bi	m³/ora	0.9	0.7	0.9
Frazione indoor di polvere	Fi	adim		1	
Ingestione di acqua potabile					
Tasso di ingestione di acqua	IR _w	L/giorno	2	1	1

Tabella 4. Valori di default implementati nel software (APAT-ISPRA, 2008).

a) In caso di intensa attività fisica, in ambienti residenziali outdoor il documento APAT-ISPRA (2008) suggerisce l'utilizzo di un valore maggiormente conservativo, pari a 1,5 m³/ora per gli adulti, e di 1,0 m³/ora per i bambini.

b) Per l'ambito commerciale/industriale il documento APAT-ISPRA (2008) suggerisce di utilizzare nel caso di dura attività fisica un valore pari a 2,5 m³/ora è da utilizzare mentre, nel caso di attività moderata e sedentaria è più opportuno utilizzare un valore rispettivamente pari a 1,5 e 0,9 m³/ora.

c) Per l'ambito ricreativo il documento APAT-ISPRA (2008) suggerisce di utilizzare una frequenza giornaliera $EF_{go} = 3$ ore/giorno e un tasso di inalazione pari a $B_o = 3.2 \text{ m}^3$ ora per l'adulto e $B_o = 1.9 \text{ m}^3$ ora per il bambino.

Comandi

Continua. Tale pulsante permette di ritornare alla schermata principale.

Default. Imposta le opzioni di default del software in accordo con quanto previsto dalle linee guida APAT-ISPRA. In questo caso viene richiesto se assegnare i valori di default riferiti ad un ambito residenziale o ricreativo.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.



CARATTERISTICHE SITO

Per il calcolo dei fattori di trasporto è necessario definire diversi parametri inerenti la geometria e le caratteristiche del sito (Figura 16). Si accede a tale schermata dal pulsante "Caratteristiche Sito" riportato nella finestra di dialogo "Input" della schermata principale. Da qui è possibile definire i diversi parametri che entrano in gioco nel calcolo dei fattori di trasporto. Per ciascun parametro, può essere definito il dato sito-specifico o impostare i valori di default forniti nel documento APAT-ISPRA.

I diversi parametri richiesti sono raggruppati in diversi sottogruppi "Zona Insatura", "Zona Satura", "Ambiente Outdoor" e "Ambiente Indoor".

Per velocizzare il processo di inserimento vengono richiesti solo i dati utilizzati per il calcolo (caselle in celeste), in funzione delle matrici e delle vie di esposizione attive. Le caselle in grigio chiaro sono i dati non richiesti mentre in grigio scuro vengono evidenziati i dati calcolati o derivanti da stime indirette. Per una descrizione dei diversi parametri di input richiesti si rimanda al documento APAT-ISPRA (2008).

nandi			Site		in.	Risk-net			
Continua	HELP	Stampa				0 0 0 0 0	C 14		
			Comp. da:		Data:	Caratteristiche	5110		
Zona Ins	atura		U.M.	Default ISPRA	Default ASTM	Valore	Check		Dato da inserire
Ls (SS)	Profondità del top della so	gente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	m	0	0	0.0	ok		Valore calcolato o di letteratura
Ls (SP)	Profondità del top della so	gente nel suolo profondo rispetto al p.c.	m	1	1	1.0	ok	5	Dato non richiesto
d	Spessore della sorgente n	el suolo superficiale (insaturo)	m	1	1	1.0	ok	<u>50</u>	Valore modificato rispetto al default
d,	Spessore della sorgente n	el suolo profondo (insaturo)	m	2	2	2.0	ok	50	Valore di default
L _{GW}	Profondità del piano di fald	а	m	3	3	3.0	ok		-
hv	Spessore della zona insati	ira	m	2.812	2.95	2.812	ok		Imposta default ISPRA
foc, ss	Frazione di carbonio organ	ico nel suolo insaturo superficiale	g-C/g-suolo	0.01	0.01	0.01	ok		
foc, sp	Frazione di carbonio organ	ico nel suolo insaturo profondo	g-C/g-suolo	0.01	0.01	0.01	ok		
t _{LF}	Tempo medio di durata de	lisciviato	anni	30	30	30.0	ok		
pH	pH		adim.	6.8	6.8	6.8	ok		
ρs	Densità del suolo		g/cm ^e	1.7	1.7	1.7	ok		
θ.	Porosità efficace del terren	o in zona insatura	adim.	Selezione Tessit	ura	0.353	ok		
θw	Contenuto volumetrico di a	cqua	adim.			0.103	ok		
θa	Contenuto volumetrico di a	ria	adim.	LOAMY SAND	-	0.25	ok		
θ _{weap}	Contenuto volumetrico di a	cqua nelle frangia capillare	adim.			0.318	ok		
H acap	Contenuto volumetrico di a	ria nelle frangia capillare	adim.	L'ente da sor	gente e p.c.	0.035	ok		
h _{cap}	Spessore frangia capillare		m	Tessitura selezionata:	LOAMY SAND	0.188	ok		
l _{et}	Infiltrazione efficace		cm/anno	30	Calcolato	3.00E+01	ok		
Р	Piovosità		cm/anno			129.0	ok		
η _{outdoor}	Frazione areale di fratture d	utdoor (solo per lisciviazione)	adim.	1	1	1.0	ok		
Zona Sat	tura			Default ISPRA	Default ASTM	Valore	Check		
W	Estensione della sorgente	nella direzione del flusso di falda	m	45	45	45.0	ok		
Sw	Estensione della sorgente	nella direzione ortogonale al flusso di falda	m	45	45	45.0	ok		
da	Spessore acquifero		m			2.0	ok		
K _{sat}	Conducibilità idraulica del	terreno saturo	m/s	CUSTOM	•	7.90E-05	ok		
i	Gradiente idraulico		adim.			0.01	ok		
Vgw	Velocità di Darcy		m/s	7.90E-07		7.90E-07	ok		
Ve	Velocità media effettiva nel	a falda	m/s	2.20E-06	2.20E-06	2.24E-06	ok		
θ _{e sat}	Porosità efficace del terren	o in zona satura	adim.	0.353	0.353	0.353	ok		
foc	Frazione di carbonio organ	ico nel suolo saturo	g-C/g-suolo	0.001	0.001	0.001	ok		
BOC		DAD							

Figura 16. Caratteristiche del sito

Selezione Tessitura. Per le caratteristiche specifiche della tipologia di terreno riscontrata nel sito, l'utente può scegliere, dal menù a tendina, se utilizzare i dati indicati nel documento APAT-ISPRA (2008) o definire dei dati sito-specifici selezionando dal menù a tendina la voce "--- CUSTOM ----". In Tabella 5 sono riportati i dati implementati nel software relativi alle diverse tipologie di terreno.

	K _{sat}	θr	θ _e	θa	θ _w	$\boldsymbol{\theta}_{acap}$	θ _{wcap}	h _{cap}
TESSITURA	cm/s	adim.	adim.	adim.	adim.	adim.	adim.	cm
SAND	8.25E-03	0.045	0.385	0.317	0.068	0.055	0.33	10
LOAMY SAND	4.05E-03	0.057	0.353	0.25	0.103	0.035	0.318	18.8
SANDY LOAM	1.23E-03	0.065	0.345	0.151	0.194	0.057	0.288	25
SANDY CLAY LOAM	3.64E-04	0.1	0.29	0.112	0.178	0.042	0.248	25.9
LOAM	2.89E-04	0.078	0.352	0.139	0.213	0.035	0.317	37.5
SILT LOAM	1.25E-04	0.067	0.383	0.128	0.255	0.086	0.297	68.2
CLAY LOAM	7.22E-05	0.095	0.315	0.115	0.2	0.027	0.288	46.9
SILTY CLAY LOAM	1.94E-05	0.089	0.341	0.095	0.246	0.024	0.317	133.9
SILTY CLAY	5.56E-06	0.07	0.29	0.016	0.274	0.008	0.282	192
SILT	6.94E-05	0.034	0.426	0.148	0.278	0.043	0.383	163
SANDY CLAY	3.33E-05	0.1	0.28	0.052	0.228	0.028	0.252	30
CLAY	5.56E-05	0.068	0.312	0.008	0.304	0.004	0.308	81.5
CUSTOM			C	Definiti dall	'Utente			

Tabella 5: Proprietà del terreno in funzione della tessitura selezionata.

Lente tra sorgente e p.c. Attivando questa opzione, l'utente può tener conto per il calcolo dei rischi e delle CSR per volatilizzazione outdoor e indoor da suolo profondo e falda della presenza di una lente di terreno ad alto contenuto d'acqua posta tra la sorgente di contaminazione e il piano campagna. In particolare, attivando questa opzione appare una schermata pop-up in cui viene richiesto di definire lo spessore, la porosità e il contenuto d'acqua della lente. Tali parametri vengono utilizzati per stimare la diffusione molecolare attraverso tale strato (per maggiori dettagli si rimanda alle equazioni riportate negli allegati).

Infiltrazione Efficace. L'utente può scegliere se calcolare tale parametro in funzione della piovosità e della tipologia di terreno selezionata (utilizzando le equazioni empiriche descritte nel documento APAT-ISPRA (2008) e riportate negli allegati del manuale) o inserirlo manualmente.

Dispersività in falda. L'utente può scegliere se inserirle manualmente o calcolarle in funzione della distanza dal punto di conformità (per maggiori dettagli si rimanda alle equazioni riportate negli allegati).

Velocità del vento. La velocità del vento richiesta dal software si riferisce al valore a 2 m di altezza da p.c. Se i dati disponibili per la velocità del vento sono riferiti ad altezze superiori (tipicamente i dati delle centraline sono riferiti ai valori a 10 m di altezza) è possibile calcolare il valore atteso a 2 m utilizzando le equazioni empiriche riportate nel documento APAT-ISPRA (2008). Tali equazioni sono state implementate nel software ed

è possibile utilizzarle accendendo alla Userform tramite il pulsante "Calc" posizionato in corrispondenza della cella di riferimento.

Spessore della zona di miscelazione. L'utente può scegliere se inserirlo manualmente o calcolarlo in funzione delle caratteristiche del terreno e dell'acquifero (per maggiori dettagli si rimanda alle equazioni riportate negli allegati).

Fattori di dispersione in atmosfera. L'utente può scegliere se inserirle manualmente o calcolarle in funzione della distanza dei recettori off-site utilizzando le equazioni empiriche riportate nel documento APAT-ISPRA (2008).

Differenza di pressione tra indoor e outdoor. Nel caso in cui nel sito in esame siano rilevanti i processi di trasporto convettivi di vapori all'interno dell'ambiente indoor, l'utente deve attivare l'opzione " $\Delta p > 0$ " ed inserire i parametri aggiuntivi richiesti.

Comandi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Default ISPRA. Imposta le opzioni di default del software in accordo con quanto previsto dalle linee guida APAT-ISPRA e dalla normativa (Esposizione "Adjusted" e Rispetto dei limiti tabellari nelle acque al punto di conformità).

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

Sblocca Input. Sblocca le equazioni e i parametri di input non richiesti.

GESTIONE DEGLI ERRORI

Nel software sono implementati alcuni controlli che avvisano l'utente in caso di errato inserimento, concettuale o numerico, dei diversi parametri di input inerenti le caratteristiche del sito e i fattori di esposizione.

In particolare durante la compilazione dei parametri caratteristici del sito viene effettuato un controllo sui valori inseriti (Figura 17). In caso di inserimento di un parametro fuori dal range tipico o nel caso di definizione di parametri incoerenti, viene riportato un avviso nella colonna a destra di quella di input (colonna "check"). I parametri per i quali non viene effettuata tale verifica sono indicati nella colonna di controllo con "no check".

Zona Ins	atura	U.M.	Default ISPRA	Default ASTM	Valore	Check
L _{s (SS)}	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c.	m	0	0	0.0	ok
Ls (SP)	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c.	m	1	1	1.0	ok
d	Spessore della sorgente nel suolo superficiale (insaturo)	m	1	1	1.0	ok
ds	Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)	m	2	2	<u>4.0</u>	ds > Lgw - Ls (SP)
L _{GW}	Profondità del piano di falda	m	3	3	3.0	ds + d > Lgw
hv	Spessore della zona insatura	m	2.812	2.95	2.812	ok
foc, ss	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo superficiale	g-C/g-suolo	0.01	0.01	0.01	ok
foc, SP	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo profondo	g-C/g-suolo	0.01	0.01	0.01	ok
t _{LF}	Tempo medio di durata del lisciviato	anni	30	30	30.0	ok
pH	pH	adim.	6.8	6.8	6.8	ok
ρs	Densità del suolo	g/cm³	1.7	1.7	1.7	ok
θe	Porosità efficace del terreno in zona insatura	adim.	Selezione Tessitu	ira	0.353	ok
θ _w	Contenuto volumetrico di acqua	adim.			0.103	ok
θa	Contenuto volumetrico di aria	adim.	LOAMY SAND	-	0.25	ok
θ _{wcap}	Contenuto volumetrico di acqua nelle frangia capillare	adim.	Lente tra sorr	ente e n.c.	0.318	ok
θ _{acap}	Contenuto volumetrico di aria nelle frangia capillare	adim.		Jenie e prei	0.035	ok
h _{cap}	Spessore frangia capillare	m	Tessitura selezionata: L	OAMY SAND	0.188	ok
l _{ef}	Infiltrazione efficace	cm/anno	30	Calcolato	3.00E+01	ok
Р	Piovosità	cm/anno			129.0	ok
η _{outdoor}	Frazione areale di fratture outdoor (solo per lisciviazione)	adim.	1	1	1.0	ok

Figura 17. Controllo sugli errori di tipo concettuale.

La verifica precedente analizza esclusivamente la coerenza ("concettuale") dei parametri inseriti. Nel software è implementata un' ulteriore verifica su errori di digitazione (ad es. formato non numerico o assenza di definizione).

mandi			Sito:		ID:	Risk-net			
Continua	HELP	Stampa	Comp da:		Data	Parametri di	Esposizione		Default ISP
			Comp. ea.		Dutu.				
Decementei di c		Simbolo	u-ità di minura	Residenzial	e / Ricreativo	Industriale	Residenziale	e / Ricreativo	Industriale
Fattori comun	sposizione	SIMBOIO	Unita di misura	Aduito	On Site	Aduito	Aduito	Off Site	Aduito
Fattori comuni		PW	lin .		011-5110	70	70	OII-Site	70
Peso corporeo		BW	kg	<u>a</u>	15	10	70		
Durata di esposizion	ne sostanze cancerogene	AIC	anni	04	10	25	04		
Durata di esposizion	ne sostanze non canceroge	ene EU	anni	24	6	25	24		
Frequenza di espos	sizione	EF	giornvanno	350	350	250	350	350	250
Ingestione di s	uolo			Risknet					
Frazione di suolo in	Ingestione di suolo Frazione di suolo ingerita		adim	1			A	NA	NA
Tasso di ingestione	; di suolo	IR	mg/giorno	Sono star	ti definiti in maniera err	ata alcuni parametri di i	input.	NA	NA
Contatto derm	ico con suolo			Gli erron s	sono stati evidenziati in	rosso.			
Superficie di pelle r	esposta	SA	cm ²					NA	NA
Fattore di aderenze	a dermica del suolo	AF	mg/cm²/giorno				ок		NA
Inalazione di a	aria outdoor								
Frequenza giornali	era di esposizione	EFgo	ore/giorno	24	24	8	24	24	8
Inalazione outdoor	(a);(b)	Bo	m³/ora	0.9	0.7	2.5	0.9	0.7	2.5
Frazione di partice!	le di suolo nella polvere	Fsd	adim		1			1	
Inalazione di a	aria Indoor								
Frequenza giornali	era di esposizione	EFgi	ore/giorno	24	24	8	24	24	8
Inalazione indoor (/	b)	Bi	m³/ora	0.9	0.7	0.9	0.9		0.9
Frazione indoor di /	polvere all'aperto	Fi	adim		1			1	
Ingestione di a	acqua potabile								
Tasso di ingestion	e di acqua	Rw	L/giorno	2	1	1	2	1	1

Figura 18. Avviso di errato inserimento dei parametri di input.

In questo caso all'uscita dalla schermata di compilazione viene effettuata tale verifica e nel caso di uno più errori appare il warning riportato in Figura 18 e i parametri definiti in maniera errata vengono evidenziati in rosso. Per poter proseguire l'utente deve modificare i parametri errati. Le celle contenenti gli errori rimangano evidenziate in rosso fino al successivo accesso alla relativa schermata di compilazione.

OUTPUT

Dalla finestra di dialogo "Output" della schermata principale (Figura 19) si accede alle diverse schermate di riepilogo degli input e di visualizzazione degli output (intermedi e finali).

Descrizione Progetto	Riepilogo Simulazione	Comandi					
Info							
Sito/Ubicazione		Apri File	Salva File	Nuovo	o Re	port	Esci
Data							
ID/Area				r			
Compilato da		Input		?	Output		
Nome file:		Definizione Paran	netri di Input		Visualizza	Output	
Tipo di Analisi	?	Modello	Concettuale			Riepilogo Inp	ut
 Calcolo Obiettivi 	di Bonifica	Selezione	Contaminanti		Cont	aminanti Ind	icatori
 Calcolo Rischio 		Defini	zione CRS		0	utput Interm	iedi
		Re	cettori			Rischio	
Limiti e onzioni di calco	lo ?	Paramate	. Esperisione		Ohiat	بالاستعاد المتعاقد	- (CSP)

Figura 19. Finestra di dialogo per l'accesso alle diverse schermate di Output.

RIEPILOGO INPUT

Dal pulsante "Riepilogo Input" della schermata principale si accede alla schermata riportata in Figura 20. Da qui è possibile visualizzare le vie di migrazione e esposizione attive, i recettori, i limiti (rischio e indice di pericolo), le opzioni di calcolo, le caratteristiche del sito e i parametri di esposizione che saranno utilizzati per il calcolo degli obiettivi di bonifica (CSR, Concentrazioni Soglia di Rischio) e del Rischio.

Per le caratteristiche del sito, a fianco dei parametri definiti vengono indicati (nella colonna "note") quelli non utilizzati e quelli non modificati rispetto a quelli di default.

Comandi		C 14-1			Risk-net				
Conti	inua HELP Stamp	a sno:			Riselless lesut				
		Comp. da:		Data:	Kiepnogo input				
Carattaristic	aha Cita				Assottabilità				
Simbolo	Parametro	Unità di mis	ura Valore	Note	Target			Individuale	Cumulativo
Zona Insa	tura				Rischio			1E-6	1E-5
Ls (SS)	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispe	etto al p.c. m	0	Default	Indice di pericolo			1	1
Ls (SP)	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto Soccesso della correcta pol suolo suporficiale (insetturo)	oalp.c. m	1	Default	Modello Concettuale				
d,	Spessore della sorgente nel suolo soper inclare (insaturo) Spessore della sorgente nel suolo profondo (insaturo)	m	4	Modificato	Vie di esposizione			On-Site	Off-Site
LGW	Profondità del piano di falda	m	3	Default	Suolo Superficiale				
hv	Spessore della zona insatura	m	2.812	Default	Ingestione Suolo			v	NA
foc. ss	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo superficial	le g-C/g-suo	o 0.01	Default	Contatto Dermico			v	NA
toc, SP	Frazione di carbonio organico nel suolo insaturo profondo	g-C/g-suo	• 0.01	Default	Inalazione Vapori Outdoor			v	
U.F DH	rempo medio di durata dei lisciviato	adim	6.8	Non Richiesto Default	Inalazione Vapori Indoor			v	NΔ
Ps	Densità del suolo	g/cm ^a	1.7	Default	Inalazione Polveri Indoor			v	NA
θ.	Porosità efficace del terreno in zona insatura	adim.	0.353	Default	Lisciviazione In Falda			v	
θω	Contenuto volumetrico di acqua	adim.	0.103	Default	Suolo Profondo				
θa	Contenuto volumetrico di aria	adim.	0.25	Default	Lisciviazione in Falda			V	
0 Weap	Contenuto volumetrico di acqua nelle frangia capilare	adim.	0.318	Default	Inalazione Vapori Outdoor			v	
Hacap	Contenuto volumetrico di aria nelle frangia capilare	adım.	0.035	Default	Inalazione Vapori Indoor			V	NA
licap	Spessore trangia capitare	cm/anor	29.95	Default	Ingestione d'acqua / Risorsa Idrica			V	
P	Piovosità	cm/anno	129	Default	Inalazione Vapori Outdoor			v	
Noutdoor	Frazione areale di fratture outdoor	adim.	1	Default	Inalazione Vapori Indoor			v	
Simbolo	Parametro	Unità di mis	ura Valore	Note	Depatteri / Ambite				
Zona Satu W	Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	. m	45	Default	Recettori			On-Site	Off-Site
Sw	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al flus:	sodifalda m	NA	Non Richiesto	Recettore			Res - Adjusted	NA
da	Spessore acquifero	m	2	Default	Bersaglio Falda			Risorsa Idrica	NA
Ksat	Conducibilità idraulica del terreno saturo	m/s	7.90E-05	Default					
i	Gradiente idraulico	adim.	0.01	Default	Opzioni di Calcolo			Suolo Superficiale	Suolo Profondo
Vgw	Velocità di Darcy	m/s	7.90E-07	Default	Volatilizzazione, Esaurimento sorgente			V	v
Ø. ant	Velocità media errettiva nella falda Dorosità efficace del terreno in zone estura	adim	2.242-00	Default	Utilizza minore tra VEsamb e Vfss	ion or p.c.			No
for	Frazione di carbonio organico nel suolo saturo	g-C/g-suo	0.001	Default	Lisciviazione, Esaurimento sorgente			No	No
POC	Distanza recettore off site (DAF)	m	NA	Non Richiesto	Soil Attenuation Model (SAM)			v	v
ax	Dispersività longitudinale	m	NA	Non Richiesto	Altre Opzioni di Calcolo				
ay	Dispersività trasversale	m	NA	Non Richiesto	Dispersione in Falda			N.	A
		-							
az	Dispersività verticale		NA	Non Richiesto	Considera Csat per calcolo Rischio (modalità forward)		n	0
a _z δ _{gw}	Dispersività verticale Spessore della zona di miscelazione in falda	m	NA 2.00E+00	Non Richiesto Default	Considera Csat per calcolo Rischio (modalità forward Considera Csat per calcolo CSR (modalità backward))		N	0
a <u>.</u> δ _{gw} LDF	Dispersività verticale Spessore della zona di miscelazione in falda Fattore di diluizione in falda	m adim.	NA 2.00E+00 4.70	Non Richiesto Default Default	Considera Csat per calcolo Rischio (modalità forward Considera Csat per calcolo CSR (modalità backward) Parametri di Esposizione On-site)	Residenziale	N	o Industriale
a _z δ _{gw} LDF Simbolo	Dispersivită verticale Spessore della zona di miscelazione in falda Fattore di diluizione in falda Parametro	m adm. Unità di mi:	NA 2.00E+00 4.70 ura Valore	Non Richiesto Default Default Note	Considera Csat per calcolo Rischio (modalità forward Considera Csat per calcolo CSR (modalità backward) Parametri di Esposizione On-site Simbolo) Unità di misura	Residenziale Adulto	N Bambino	o Industriale Aduito
a _z δ _{gw} LDF Simbolo Ambiente	Dispersività verticale Spessore della zona di miscelazione in falda Pattore di diluzione in falda Parametro Outdoor	m adim. Unità di mi:	NA 2.00E+00 4.70 ura Valore	Non Richiesto Default Default Note	Considera Cast per calcolo Richio (modalità forward Considera Cast per calcolo CSR (modalità backward) Parametri di Esposizione On-site Simbolo ON-SITE) Unità di misura	Residenziale Adulto	N Bambino	o Industriale Adulto
a _z δ _{grw} LDF Simbolo Ambiente δ _{air}	Dispersività verticale Spessor della zona di miscelazione in falda Pattore di diluzione in falda Pattoretto Outdoor Abezza della zona di miscelazione	m adim. Unità di mis m	NA 2.00E+00 4.70 ura Valore 2 46	Non Richiesto Default Default Note Default Default	Considera Cast per calcolo Rischio (modalità forvard Considera Cast per calcolo CSR (modalità bactward) Parametri di Esposizione On site Simbolo ON SITE Parametri Generali Poto internazione) Unità di misura	Residenziale Adulto	n N Bambino	o Industriale Aduito
a _z δ _{gw} LDF Simbolo Ambiente δ _{air} W ' S'	Dispersività verticale Spessore della con di miscelazione in falda Fattore di diuzione in falda Parametro Outdoor Abezza della cons di miscelazione Estensione della sorgente nella direzione principale del ven	m adim. Unità di mis m Ito m Ito m	NA 2.00E+00 4.70 ura Valore 2 45 NA	Non Richiesto Default Default Default Default Default Non Bichiesto	Considera Cast per calcolo Rischie (modalità forvant Considera Cast per calcolo CSR (modalità tactivand) Parametri di Esposizione On-site Simbolo ON-SITE Parametri Generali Peso coporeo Diretti di associatorea estatuta concenence) Unità di misura kg anni	Residenziale Adulto 70 70	Bambino 15	o Industriale Aduito NA
a _z δ _{gw} LDF Simbolo Ambiente δ _{air} W ' S _w ' Uair	Disperiotità verticale Spessore della cond di macelazione in fatta Fattre di diucione in fatta Parametro Outdoor Altezza della zona di macelazione Estensione della sogrette nella direzone ortogonale di van Estensione della sogrette nella direzone ortogonale a quel Vedicità di ruta.	m adim. Unità di mis Unità di mis n to m Ia del vento m Va	NA 2.00E+00 4.70 ura Valore 2 45 NA 2.25E+00	Non Richiesto Default Note Default Default Non Richiesto Default	Considera Casta per calcolo Rischio (modalità forvard Considera Casta per calcolo CSR (modalità Bactivard) Parametri di Esposizione On site Simbolo ON-SITE Peraconto Generali Peso corpores Duritat di resoziatore sostanze cancerogene Duritat di desoziatore sostanze concercegne) Unità di misura kg anni anni	Residenziale Aduito 70 70 24	Bambino 15 6	NA
a _z δ _{gw} LDF Simbolo Ambiente δ _{air} W ' S _w ' U _{air} P _e	Dispersivali verticale Spessore della cona di miscelazione in falsa Fatture di dilucione in falsa Parametro Controlori Altozza della zona di macchazione Estensione della sografe nella direzcione principale del ven Estensione della sografe nella direzcione ortipostale a quel Vielocia dei vento Portata di partociato per unità di superficie	m m adim. Unità di mis to m ia del vento m ia del vento m's g/(cm s ²	NA 2.00E+00 4.70 ura Valore 2 45 NA 2.25E+00 6.90E-14	Non Richiesto Default Default Default Default Non Richiesto Default Default	Considera Cast per calcolo Rischie (modalità forvard Considera Cast per calcolo CSR (modalità tactivard) Parametri di Esposizione On site Simbolo Oli SITE Parametri Generali Peto corporeo Dunta di esposizione sostanze non cancerogene Dirata di esposizione sostanze non cancerogene Frequenza di esposizione) Unità di misura kg anni anni giorni/anno	Residenziale Adulto 70 70 24 350	n N Bambino 15 6 350	ndustriale Aduito NA NA NA
a _z δ_{grw} LDF Simbolo Ambiente δ_{air} W ' S _w ' Uair Pe T outdoor	Dispersival verticale Speasore della cona di miscelazione in fatta Fattore di ducione in fatta Parametro Octobori Cattoria di la con di miscelazione Estensione della sorgente nella direzcione principale del ven Estensione della sorgente nella direzcione principale del ven Estensione della sorgente nella direzcione ortoposale a quet Visiona del verto Visiona del verto	m m adim. Unità di mi to m la del vento m la del vento m s g/(cm s ² anni	NA 2.00E+00 4.70 ura Valore 2 45 NA 2.25E+00 6.90E-14 30	Non Richiesto Default Default Default Default Non Richiesto Default Default Default	Constera Cast per cabolo Rischie (modalità Broward Constera Casta per cabolo CSR (modalità Beckward) Parametri di Esposizione On site Simbolo ON-SITE Parametri Generali Peto corporeo Duritati di seposizione sostanze cancerogene Duritati di seposizione sostanze non cancerogene Frequenza di seposizione) Unità di misura kg anni anni giorni/anno	Residenziale Adulto 70 70 24 350	Bambino 15 6 350	ndustriale Aduito NA NA NA
a _z δ _{grw} LDF Simbolo Ambiente δ _{air} W ' S _w ' U _{air} P _e Toutdoor POC ADF	Dispersival verticale Speasore della codi miscelazione in fatta Fattree d'aluzione in fatta Partenetto Outdoor Antzza della zona dimacelazione Estimanose della cogrante mella direzcione ortogonale del vano Estimanose della cogrante mella direzcione ortogonale a quel Portala di particoltato per runtà di superficie Tempo medio di unata dei fatsao di vapore Distanza necettore esti della (CPI)	m m adim. Unità di mit to m la del vento m mis g/(cms ² anni m	NA 2:00E-000 4:70 2 45 NA 2:25E+000 6:90E-14 30 NA	Non Richiesto Default Note Default Default Non Richiesto Default Default Default Default Default Non Richiesto	Considera Cast per calcolo Rischio (modalità forvard Considera Cast per calcolo (258) (modalità bactivard) Parametri di Esposizione On-site Simbolo ON-SITE Pera corpore Durata di esposizione scalanza cancerogene Durata di esposizione scalanza con cancerogene Frequenza di esposizione Frequenza di esposizione Frequenza di esposizione) Unità di misura kg anni anni giorni/anno adm	Residenziale Aduito 70 70 24 350	Bambino 15 6 350	NA NA NA NA
a _z δ _{grw} LDF Simbolo Ambiente δ _{air} W ' S _w ' U _{air} P _e T _{outdoor} POC ADF σ _y	Dispersival verticale Spearce data control dimonitatione in faids Fattere diductore in faids Parametro Outdoor Extensione data sorgenie mela directione principale del ven Estensione data sorgenie mela directione principale del ven Portala di particolato per unal di superficie Fatteno ance data data del fasso di vapore Disalazza mentime el fatte (AZP) Conficiente di dispersione transmale	m m edim. Unità di mis to m ia del vento m g/(cm s ² anni m m m m	NA 2.00E+00 4.70 2 2 45 NA 2.25E+00 6.90E-14 30 NA NA NA	Non Richiesto Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Non Richiesto Non Richiesto	Consten Cast per calcob Rachic (modalità forvard Consten Cast per calcob Rachic CSR (modalità Bactward) Parametri di Esposizione On site Simbolo ON SITE Parametri Generali Paco coporeo Dunta di seposizione sostanze cancerogene Dunta di seposizione Sustanze di seposizione Frequenza di seposizione Frazione di suolo Frazione di suolo) Unità di misura kg anni anni giornVanno edim mg/giorno	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 100	Bambino 15 6 350 1 200	ndustriale Aduito NA NA NA NA NA NA
$\begin{array}{c} \mathbf{a}_z\\ \boldsymbol{\delta}_{gw}\\ \boldsymbol{LDF} \end{array}$	Dispersival verticale Spessore della orticolazione in fatta Fattore di duizone in fatta Fattore di duizone in fatta Ortidoor Contidoor Estensione della sogretti nella direzcone ortoponale del ven Estensione della sogretti nella direzcone ortoponale a quet Voltocia del vertio Voltocia da vertio Pontati di particolato per unità di supericio Empon nedi di duita del fiusa di vapore Diataza recettore off ste (ADP) Confficiente di dispersione verticale	m m adm. Unità di mit to m na dei vento m mb g/(cm s ² anni m m m m m m	NA 2.00E+00 4.70 2 45 NA 2.25E+00 6.90E-14 30 NA NA NA	Non Richiesto Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Non Richiesto Non Richiesto	Constera Cast per calcolo Rischie (modalità Bostward Constera Cast per calcolo CSR (modalità Bostward) Parametri di Esposizione On site Simbolo ON SITE Parametri di Cenerali Peso corporea Duritat di resposizione sostanze cancerogene Duritat di resposizione sostanze cancerogene Ingentone di resposizione sostanze non cancerogene Ingentone di resposizione sostanze non cancerogene Ingentone di resposizione sostanze non Constato di resposizione sostanze non Sosterifond di advento.) Unità di misura kg anni anni giorni/anno adm mg/giorno	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 100 5700	Bambino 15 6 350 1 200 2800	ndustriale Aduito NA NA NA NA NA NA
$\begin{array}{c} a_z\\ \delta_{grw}\\ LDF \end{array}$	Dispersival verticale Spessore data control di microstazione in fasta Pattore diduccine in fasta Pattore diduccine in fasta Pattore di duccine in fasta Control di sono di microstazione Editoriano della songrafia mala direzione procepita dei ver Velecicale di sono di microstazione orticopata e quel Velecicale dei vento Pattara di patrottoriano per unali di superficia Tempo necho di ducta dei fasca di venoro Distanca necettore di di dipersione tras-venata Coefficiente di dispersione tras-venata Coefficiente di dispersione tras-venata	m m adm. Unită di mit to m m sia del vento m m m m m m m m m m m m to to to to to to to to to to to to to	NA 2.00E+00 4.70 ura Valore 2 45 NA 2.25E+00 6.90E-14 30 NA NA NA NA NA NA	Non Richlesto Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Non Richlesto Non Richlesto	Considera Cast per calcolo Rischie (modalità forvard Considera Cast per calcolo 258 (modalità factivard) Parametri di Esposizione On site Simbolo OH-SITE Peso corporee Durata di esposizione sostanze cancerogene Durata di esposizione sostanze no cancerogene Treguezza di esposizione Ingestione di suolo Contatto dermico con suolo Superficio di pete esposta Fattoro di advenza dermica del suolo) Unità di misura kg anni anni giorni/anno adm mg/giorno mg/giorno mg/giorno	Residenziale Aduito 70 24 350 1 100 5700 0.07	Bambino 15 6 350 1 2000 0.2	NA NA NA NA NA NA NA NA NA
a _z δ_{gw} LDF Simbolo Ambiente δ_{air} W' Sw' Uair Pe Toutdoor POC ADF σ_y σ_z Simbolo Ambiente	Dispersival verticale Spearce della contractatione in fatta Fattere di ducione in fatta Parametro Outloor Edensione della con di micotazione Edensione della congreti entella direccione principie del ven Edensione della congreti entella direccione principie del ven Edensione della congreti entella direccione ortoposata a quef Violacia del vento Postata di particolato per unità di superfoie Tampo medio di ducia del fiusso di vapore Dialazza restore orti ste (ADP) Coefficiente di dispersione verticate Coefficiente di dispersione verticate Parametro Indoor	m m adm. Unità di mit ia dei vento m ia dei vento m m m m m m m m m m m m m m m m m m m	NA 2.00E+00 4.70 ura Valore 2 45 NA 2.25E+00 6.90E-14 30 NA NA NA NA NA Valore	Non Richiesto Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Non Richiesto Non Richiesto Non Richiesto	Consten Cat per cablo Rischie (modalità Bostward Consten Cat per cablo CSR (modalità Bostward Parametri di Esposizione On site Simbolo ON SITE Parametri Generali Para corpore Duritat di esposizione sostanze cancerogene Duritat di esposizione sostanze non cancerogene Ingenera di esposizione sostanze non cancerogene Ingenione di suolo Frazione di suolo Contatto demnico con suolo Superficio di pele sosota Fattore di adeuto) Unità di misura kg anni anni giornivanno adim mg/giorno cm ^a mg/cm ² /giorno	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 100 5700 0.07	Bambino 15 6 350 1 200 2800 0.2	ndustriale Aduito NA NA NA NA NA NA NA
$\begin{array}{c} a_z \\ \overline{\delta}_{gw} \\ LDF \end{array} \\ \hline \\ \begin{array}{c} \text{Simbolo} \\ \hline \\ \text{Ambiente} \\ \overline{\delta}_{abi} \\ W' \\ W' \\ W' \\ U_{abi} \\ P_e \\ \overline{\tau}_{outdoor} \\ Vulair \\ P_{oct} \\ \overline{\sigma}_y \\ \sigma_z \end{array} \\ \hline \\ \begin{array}{c} \text{Simbolo} \\ \hline \\ \hline \\ \text{Ambiente} \\ \hline \\ $	Dispersival verticale Spessore della cost di miscetazione in fatta Fattre d'iduizione in fatta Pattre d'iduizione in fatta Antezza della zona di miscetazione Estensione della sogretti nella direzcone oritogiate del ven Estensione della sogretti nella direzcone oritogiate del ven Estensione della sogretti nella direzcone oritogiate del ven Verbich del verbi Verbich del verbi Pattata di patricitato per untà di superifici Tempo nede di duisi del filsasi di verbio Diataza nentimo e fatte (ADP) Castificante di dispersione traversale Costificante di dispersione traversale Castificante di dispersione verticale Pattantesio	m m adm. Unità di mie to m ta del vento m a adel vento m m m m Unità di mie m m u m	NA 2.00E+00 4.70 2 45 NA 2.25E+00 6.90E-14 30 NA NA NA NA NA VAlore	Non Richiesto Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Non Richiesto Non Richiesto Non Richiesto	Constera Cast per calcolo Rischie (modalità locuvari Constera Cast per calcolo CSR (modalità lacuvari Constera Cast per calcolo CSR (modalità lacuvari Simbolo OH-SITE Pera contro Generali Pera contro Generali Durità di esposizione sostanze cancerogene Durità di esposizione sostanze cancerogene Freguenza di esposizione sostanze cancerogene Freguenza di esposizione sostanze cancerogene Trasso di regetori da suolo Contatto dermico con suolo Superfice di pele esposizi Fatore di aderenza dermica del suolo Instalzzone di aria outdocon Frequenza gonalere o di aria outdocon Frequenza gonalere o di esposizione (c)) Unità di misura kg anni giorni/anno adm mg/giorno cm ^a mg/cm ² /giorno ore/giorno	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 100 5700 0.07 24 24	Bambino 15 6 350 1 200 0.2 2800 0.2 24	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA
a _z δ _{ger} LDF Simbolo Ambiente δ _{air} W ³ Survey V Calor Condoor POC ADF σy σz Simbolonte Edificio On- Zersek Lar-	Dispersival verticale Spearce data conditione in fasta Pattere dilucione in fasta Pattere dilucione in fasta Outdoor Altezza data zona di micetazione Estimuture data sorgenire intel direccione principale del ven Estimuture data sorgenire intel direccione principale del ven Estimuture data sorgenire intel direccione principale del ven Portista di particolato per unità di superficie Targen dendo di dutta del fusioa di outro Diastaza restimo eri fate (AZP) Coefficiente di dispersione verticale Coefficiente di dispersione verticale Estimate Coefficiente di dispersione verticale Estimate Diastazia data fondazione di p. Sente di conditi di p.	m adm. Umită di mit to mita del vento gi(cm s ¹ anci m m Umită di mit m	NA 2.00E+00 4.70 ura Valore 2 45 NA 2.25E+00 6.90E+10 6.90E-14 30 NA NA NA NA NA NA	Non Richiesto Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Non Richiesto Non Richiesto Non Richiesto Non Richiesto Non Richiesto Non Richiesto	Constant Cast per calcob Rischio (modalità Bostward Constant Cast per calcob Rischio CSR (modalità Bostward) Parametri di Esposizione On site simbolo ON SITE Parametri Generali Pasa corpores Dunta di seposizione sostanze cancerogene Dunta di seposizione sostanze cancerogene Ingestizza di seposizione sostanze anno parta Trasso di suolo Frazone di suolo Constatto dermico con suolo Constatto dermico con suolo Trattore di pete escosto Trattore di suolo Trattore di suolo Constatto dermico con suolo Inglazione di attori Trattore di suolo con suolo Inglazione di attore di suolo Inglazione di dattore di suolo Inglazione di dattore di suolo Di suorfore di pete escosto di suolo Inglazione di dattore di suolo Inglazione di dattore di suolo Esconte di suolo di suolo di suolo di suolo di suolo Inglazione di dattore di suolo di suolo di suolo di suolo Inglazione di dattore di suolo di s	Unità di misura kg anni anni giorni/anno adm mg/giorno cm² mg/cm?giorno m²/ora arim	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 1 100 5700 0.07 24 0.9 1	Bantbino Bantbino 15 6 350 1 2800 2800 2800 2800 2800 2800 2800 2	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA
at dge LDF Simbolo Ambiente data W W Su Usir Pe Toutsor POC ADF Gy Gy Simbolo Ambiente Edificio AL Crask Carson Lorson Carson Control	Dispersival verticale Spessore della cod diracetazione in fatta Fattore di duizione in fatta Fattore di duizione in fatta Antezza della zona di macetazione Estensione della sorgente nella diraccione orpinolgale del ven Estensione della sorgente nella diraccione orbigonale a quet Visicola del vento Portata di particolato per unhà di superificia Tampo messi di duita del filusa di vapore Dialanza reestiono fatta (ADP) Dialanza reestiono fatta (ADP) Coefficiente di dispersione ventrate Coefficiente di dispersione ventrate Coefficiente di dispersione ventrate Coefficiente di dispersione ventrate Partanteto Indicor Spessore delle fondazioni da p. Spessore delle fondazioni da p.	m m adm. Unită di mir to m to m fa del vento m fa del vento m m m m m m m m m m m m m m m m m m m	NA 2.00E-00 4.70 vara Valore 2 45 NA 2.25E+00 5.90E-14 5.90E-14 5.90E-14 0.90E-14 0.15 0.15 0.15	Non Richiesto Defaut Defaut Defaut Defaut Non Richiesto Defaut Defaut Defaut Defaut Non Richiesto Non Richiesto Non Richiesto Non Richiesto Defaut Defaut Defaut Defaut	Constera Cast per cabolo Rischie (modalità Bostvard Constera Cast per cabolo CSR (modalità Bostvard) Parametri di Esposizione On site Simbolo ON-STTE Parametri Generali Pesa cooprese Durata di seposizione sostanze cancerogene Durata di seposizione sostanze non cancerogene Durata di seposizione sostanze non cancerogene Ingentazi di seposizione sostanze non Superficienti di suolo Superficienti di suolo Inglazione di anti autobori Ingenazione di anti autobori Inglazione di atti autoborati Frazione di particele di suco nala polvere Inglazione di atti nafoori) Unità di misura kg anni gjorn/anno adim mg/gjorno oreijorno oreijorno oreijorno m/tora adim	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 100 5700 0.07 24 0.9 1	Bambino 15 6 350 1 200 2800 0.2 24 0.7	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA
a _z a _d δ _{gav} LDF Simbolo δ _{alr} W Swa Uair Pe Toutdoor POC ADF σy σz Simbolo Ambiente Edificio On Zerosk Lerosk Less	Dispersival verticale Spessor della condi microstazione in fasta Pattere dialucione in fasta Fastere dialucione in fasta Condicioni Advisoria di microstazione di Calcinatore della sorginete mali di ruscime principale della energi Velecicale della verte Printa di agricolato per unali di superi Dianaca necettore et del (ADP) Confiscione di dispersione verticale Certificante di dispersione verticale Dianaca necettore et del (ADP) Confiscione di dispersione verticale Destinata di superi Spessore della fondazioni da p.c. Spessore della fondazioni da p.c. Spessore della fondazioni da p.c. Spessore della fondazioni unali Prastone arale di frattore indore	m m softm unită di mir n a del vento m soft soft m m m m m m m m m m m m m m m m m m m	NA 2.00E-r00 4.70 vara Valore 2 45 NA 2.25E-r00 6.90E-13 0 0.90E-13 0.90E-13 0.90E-14 0.90E-14 0.15 0.15 0.15 0.15 0.01 2	Non Richlesto Default Default Default Default Default Default Default Non Richlesto Non Richlesto Non Richlesto Non Richlesto Default Default Default Default Default	Considera Cast per calcolo Rischie (modalità Bostward Considera Cast per calcolo CSR (modalità Bostward) Parametri di Esposizione On site Simbolo OH.STIE Para corpores Duratà di resposizione scalanza conceregene Duratà di resposizione scalanza conceregene Preguenza di aspociatione scalanza non canceregene Preguenza di aspociatione di audo Constato dermico de suolo Superfice di pele segosta Fattore di advenza dernica del suolo Tinalazione otdoor (a)(b) Preguenza garanateri di esposizione (c) Inalazione dudore (a)(b) Preguenza garanateri di esposizione (c) Inalazione dudore (a)(b)) Unità di misura anni anni giornianno cañ mgiorno cañ mgiorno créigiono oreigiono oreigiono	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 100 5700 0.07 24 0.9 1 24 24	Bambino 15 6 350 1 200 0.2 24 0.7 24	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA
a _c δ _{gev} LDF Simbolo Ambiente δ _{alir} W ⁺ S ^w U _{alir} Pe V ⁻ S ^w U _{alir} Pe CADF O _y σ ₁ S ^w S ^w S ^w CADF O ₂ S ^w S ^w	Digersità verticale Spessor della con diriscetzione in fatta Fattre di duizone in fatta Parmetro Outloor Edensito e dal sogretti ente direccione principie dei ven Edensito e dals sogretti ente direccione principie dei ven Edensito e dals sogretti ente direccione principie dei ven Edensito e dals sogretti ente direccione ortoposata a quef Violata dei vento Tampo medio di duizia del fissiso di vapore Distanza recettore of ste (ADP) Coefficiente di deparsione verticate Coefficiente di deparsione verticate Parmetro Indoor Sitte Partento da p.c. Spessore delle finatzionimuni Rapporto ta vulume indore di erra di infitrazione Rapporto ta vulume indore di erra di infitrazione Rapporto ta vulume indore di erra di infitrazione	m adm. Ukiki di mid dei vento m a dei vento m m m m m m m m m m m m m m m m m m m	NA 2.00E-r00 4.70 4.70 2 4.5 8 4.5 8.45 8.45 8.45 8.45 8.45 8.45	Non Richlesto Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Non Richlesto Non Richlesto Non Richlesto Non Richlesto Non Richlesto Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut	Constera Cast per cabolo Rischie (modalità Broward Constera Cast per cabolo CSR (modalità Beckward) Parametri di Esposizione On site Simbolo ON SITE Parametri Generali Peso coprore Duritati di seposizione esotanze cancerogene Duritati di seposizione esotanze cancerogene Ereguenza di seposizione esotanze non cancerogene Frequenza di seposizione esotanze non cancerogene Frequenza di seposizione esotanze non cancerogene Ingestione di suolo Contatto dermico con suolo Superficio di pelle seposita Fratore di audo tempota Inalizzione di artica dei suolo Inalizzione di artico esota Frequenza granalera di esposizione Indazione di artico esota Frequenza granalera di esposizione Indazione di artico di polvere Indazione di artico di polvere Indazione di artico di polvere Indazione di artico di esosizione Indazione di artico di polvere Indazione di artico di polvere In	knitä di misura kg anni anni giorri/anno giorri/anno ore/giorno ore/giorno ore/giorno ore/giorno ore/giorno ore/giorno ore/giorno m?iora adm	Residenziale Aduito 70 70 24 350 770 0.07 24 0.9 1 24 0.9 1 24 0.9	Bambino 15 6 330 1 200 2800 0.2 24 0.7	ndustriale Aduito NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA
a _z d _{gw} LDF Simbolo Ambiente d _y W' Sw' Sw' Usir POC ADF of CAB O CAB O CAB O CAB O CAB O CAB O CAB O CAB O CAB O CAB O CAB O C	Dispersival verticale Spessore della cond diracetazione in fatta Fattore di duizone in fatta Fattore di duizone in fatta Pattore di duizone in fatta Outdoor Contoor Estensione della sogrette nella diracone ortoponale del ven Estensione della sogrette nella diracone ortoponale del ven Estensione della sogrette nella diracone ortoponale del ven Usitoca del verto Pontata di patricotato per until di superficie Tempo medi di duita del fusa di vapore Diataza reestaro eff ale (ADF) Conficiente di dispersione verticale Conficiente di dispersione verticale Partanta fondazioni da p.c. Spessore delle fondazioni fatta frastone anale di fistatore holore frastone anale di fistatore holore Contento velumento di ana nelle fattare Contento velumento di ana nelle fattare	m m do to ta del vento m ta del vento m del vento m del vento m m del vento m m del vento m m m del vento m m m del vento m m del vento m m del vento m del vento m del vento m del vento m del vento m del vento m del vento m del vento m del vento del vento	NA 2 00E-00 4.70 vara 2 45 5 90E-14 3 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 16 0 .15 0 .15 0 .12 0 .12	Non Robeato Defaut Defaut Defaut Defaut Non Robeato Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut	Constera Cast per cabolo Rischie (modalità Bostward Constera Cast per cabolo CSR (modalità Bostward) Parametri di Esposizione On site Simbolo OH.STTE Parametri di Generali Peso corpores Durita di resposizione sostanza cancerogene Durita di resposizione sostanza cancerogene Engenta di seposizione sostanza con cancerogene Engenta di seposizione sostanza con concergene Frequenza di seposizione davolo Contatto dermico con suolo Sogerficie di paretino di suolo Tratazione sosta di arti a outdoori Preguenza guadeva (a),(b) Prescone di artia outdoori Preguenza guadeva (a), b) Prescone di artia di sosta concergene Preguenza guadeva (a), b) Prescone di artia di sosta (a) Preguenza guadeva (a), b) Prescone di artia indoori Preguenza guadeva (a) desocore Intalazione notori (b) Prescone indoor guoteve all'aporto.) Unità di misura ani ani giorriano cm ² cm ² cm ² orelgiorno mitora adm orelgiorno mitora adm	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 100 5700 0.07 24 0.9 1 24 0.9 1	Bambino 15 6 350 1 200 0.2 24 0.7 24 0.7	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA
ac agent agent LDF Simbolo Ambiente But W' Sambolo Ambiente Toutoor POC ADF POC ADF Og og og Simbolo Ambiente Edificio Casea Loscak Barcak Sambolo Casea Loscak Constante Co	Digensità verticale Spessore della condi microstazione in fatta Fattore diluzione in fatta Parametrio Outloor Contorio Catalogna di microstazione Estensione della sorgente nella direccioa principale del ven Estensione della sorgente nella direccioa erricopana a quel Violacia del vento Pionta di particolato per unità di superficie Tempo medio di auto del misso di vapore Datanza restimo arti ale (AZP) Coefficiente di dispersione ventosa Coefficiente di dispersione ventosa Fazametrio Indicor Prosta da fondazioni de p.c. Postonato ale fundazioni de p.c. Postonato ventore di cago nelle fratture Comensio ventore di cago nelle fratture	m softm softm uhità di mit on softm	NA 2.00E-r0(4.70 vura: Vulore 2 4.5 2.25E-r0(5.90E-14 3.0 NA NA NA NA NA NA NA O.15 0.15 0.15 0.15 0.01 2 2 0.001 2 0.02 0.02 0.02 0.02 0.	I kon Roheado Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul	Constera Cast per calcob Rischie (modalità Bockward) Constera Cast per calcob Rischie CSR (modalità Bockward) Parametri di Esposizione On site Simbolo ON-SITE Parametri Generali Paso coprore Durata di espozizione sostanze cancerogene Durata di espozizione sostanze cancerogene Ingesticine di sucolo Ingestori di sobi lignetta Tasso di orgestori di sucolo Contatto demnico con sucolo Superficie di pele espozia Fattore di sobio lignetta Tattore di pele espozia Fattore di sobio lignetta Tattore di sobio lignetta Tattore di sobio contatto di esposizione (c) Ingalizione di anti sucolo Preguenza generazi derrica dei sucol Ingalizione di anti sucolo Preguenza generazi derrica dei sucol Ingalizione di anti sucolo Preguenza generazione di sucolo Preguenza generazione di sucolo Preguenza generazione di sucolo Ingalizione di anti sucolo	Unità di misura kg ani gioniano adim mgijorino cm²im gionifyano orelgomo mfora adim orelgomo mfora 1 dai	Residenziale Aduito 70 70 24 350 100 5700 0.07 24 0.9 1 24 0.9 1 24 0.9 1 1	Bambino Bambino	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
а _с ³ ³ ³ ³ ⁴ ⁴ ⁴ ⁴ ⁴ ⁴ ⁴ ⁴	Dispersival verticale Spessore della cond directetzione in fatta Fattore di duizone in fatta Fattore di duizone in fatta Pattore di duizone in fatta Contidori Contidori Estensione della sogrette nella direccione principale del ven Estensione della sogrette nella direccione oripopata del ven Estensione della sogrette nella direccione oripopata del ven Estensione della sogrette nella direccione oripopata del ven Estensione della sogrette nella direccione Diatanza reestione off até (ADP) Coefficiente di dispersione ventrate Coefficiente di dispersione da di fittazione Contendi veluentorio di azi ana fatta fattazione Coefficiente di dispersione ventrate Coefficiente di dispersione da fattazione Coefficiente di dispersione di fattazione Coefficiente di dispersione di fattazione Coefficiente di dispersione di fattazione Coefficiente di dispersione tratoriore a cultore	m m adm. Unită di mir to m ta del vento m fa del vento m m m m m m m m m m m m di m m di m m ta del vento m s a di mir ta ta ta ta ta ta ta ta ta ta ta ta ta	NA 2.00E-r0(4.70 vara 2.45 4.5 4.5 5.90E-14 3.0 0.5 5.90E-14 3.0 0.05 0.90E-14 3.0 0.05 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.	Non Richards Default Default Default Default Non Richards Non Richards Non Richards Non Richards Non Richards Non Richards Non Richards Default Default Default Default Default Default Default Default Default Default Default Default Default	Constera Cast per cabole Rischie (modalità Bostvard Constera Cast per cabole CSR (modalità Bostvard) Parametri di Esposizione On site Simbole ON-STTE Parametri di Generali Pesa corpores Duritat di resposizione sostanza cancerogene Duritat di resposizione sostanza cancerogene Ingestione di suelo Ingestione di suelo Contatto demico con suolo Superficie di peste sostanza Fastore di avalo ngerta Fastore di avalo ngerta Duritatore di archico esposita Fastore di avalo ngerta Fastore di avalo ngerta Ingertore di avalo ngerta Fastore di avalo ngerta Fastore di avalo ngerta Ingertore di avalo ngerta Fastore di avalo ngerta Ingertore di avalo ngerta Ingertore di avalo asposito Fastore di avalo asposito) Unità di misura kg anni anni angiorna mojorna adm orelonno mitra adm orelonno mitra adm thra batta Ligerno	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 1 00 5700 0.07 24 0.9 1 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1 NA	Bambino Bambino 15 6 350 1 200 2800 0.2 24 0.7 24 0.7 24 0.7 NA	o o o o o o o o o o o o o o o o o o o
а _с д _{ори} <u>LDF</u> <u>Simbolon</u> <u>Ambionob</u> W ¹ W ¹ W ¹ W ¹ V U _{di} r POC ADF σ ₂ T suddor POC ADF σ ₄ <u>Simbolonob</u> <u>Ambionob</u> <u>Conscience</u> Ambionob Conscience	Dispersival verticale Spessor della coord microstatione in fasta Fattore dilucione in fasta Anterza dilucione in fasta Condisori Condisori Estensione dala sorgeni mala direzcione pricegiale del ven Estensione dala sorgeni mala direccione errogonale a quel Visito dal evitore Transpo medi di duvisori Diatana restattore pri fasta direccione errogonale a quel Visito dal evitore Diatana restattore pri fasta del Visito Diatana restattore pri fasta del Visito Conficiente di diagonazione verticale Estensione Spessone della fostazionimumi Frazione anale di direttare Confiendo volumento di are nel fastature Confiendo volumento di are nel fastattore Contendo volumento di are nel fastattore Contendo volumento di are nel fastattore Contendo volumento di are nel fastattore Differenza di pressone fas motore o cuotore Differenza di pressone fasta dorore Tempenstatti dal vesore	m meta mitorial di mitorial di	NA 2.00E-0(- 4.70) ura Valore 4.5 NA 2.25E-0(- 6.90E-14) 30E-14 3	kon Roheado Defraut	Constant Cast per calcob Rischio (modalită bactward Constant Cast per calcob Rischio CSR (modalită bactward Parametri di Esposizione On site Smbolo ON SITE Parametri Generali Para corporea Dunta di sepozizione sostanze cancerogene Dunta di sepozizione sostanze cancerogene Dunta di sepozizione sostanze cancerogene Ingestione di suolo Frazone di suolo Contatto dermico con suolo Contatto dermico con suolo Contatto dermico con suolo Frazione di suolo parta Fratore di pele stopozizione di Frazione di duolo (c). Frazione di adolo (c). Frazione indore (b) polven afizorio Ingestione di acqua potobile Tassa di ingestione di acqua) Unità di misura kg anni ani ani ani mytori somi mytori oreigiomo mytora atom mytora oreigiomo mytora Upomo	Residenziale Aduto 70 70 24 330 1 100 5700 0.07 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1	Bambino Bambino 15 6 350 1 200 2200 0.2 24 0.7 24 0.7 NA	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
at δgw LDF Simbole Ambiente δair W' Sw Uair Pe Sw OC ADF OC ADF OC ADF OC ADF OC ADF Constant Cons	Digensity evidence Spessor della contractatione in fatta Fattore di ducione in fatta Fattore di ducione in fatta Antezza di ducione in fatta Outdoor Cattore Estessico della sogretti enale direccio eritopate del ven Estessico esta sogretti enale direccio eritopate del ven Estessico esta sogretti enale direccio eritopate Dalanza rectativo per unha di superficie Tampo medi di dutta del fitusa di vapore Dalanza rectativo esta di superficie Estessico esta del persione ventraste Cardificate di dispersione ventraste Cardificate di dispersione ventraste Cardificate di dago esti fattazione Rapporto ta vulume indore dare al infitazione Rapporto ta vulume indore dare al infitazione Contento volumetto di ana nelle frature Contento volumetto di ana nelle frature Tampo nedi di durda del fitusa di vapore Differenza di persone tra dore o volocor Parmestattà del suo la fitusa di vapore	m m adm. di m to m to m m m m m m m m m m m m m m m	NA 2 00E-0(0 4.70 4.70 4.70 2 45 45 45 2.25E-0(0 6.90E-14 30 0 NA NA NA NA 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.12 0.12 0.12 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15	kon Richaelo Defaut Def	Constera Cata per cabole Rischie (medaltă Broward Constera Cata per cabole CSR (medaltă Beckwerd) Parametri di Esposizione On site Simbole ON-SITE Paracentri Generali Peso coprores Durtat di esposizione estatare cancerogene Durtat di esposizione estatare cancerogene Ingestione di asolo Ingestione di suolo Contatto dermico con suolo Superiori di pele resposita Frathere di aderezza dernica dei suolo Ingestione di suolo Ingestione di suolo Frazione di avolo Contatto dermico con suolo Superiori di pele resposita Frathere di aderezza dernica dei suolo Ingestione di acutodor Frequenza gianaleri al esposizione (c) Ingazione di di esposizione potere Ingestione di acuto al potere Ingestione di organizia di esposizione Ingestione di di esposizione Ingestione di acqua Parametri di Esposizione Off alte Simbolo	Unità di musura kg anni anni adim mgiomitanno ori giomitanno ori giomitanno ori giomitanno ori giomitanno ori giomitanno ori dim mitra adim mitra adim dim tra giomitanno ori adim tra giomo tra giomo tra adim tra giomo tra giomo tra adim tra adi tra adim tra adi tra tra tra tra tra tra tra tra tra tra	Residenziale Aduito 70 70 24 300 5700 0.07 24 0.9 1 24 0.9 1 24 0.9 1 24 0.9 1 Residenziale Aduito	Bambino Bambino 15 6 330 1 2800 0.2 2800 0.2 24 0.7 2 24 0.7 20 0.7 2 24 0.7 20 20 20 0.7 20 20 0.7 20 0.7 20 0.7 20 0.7 20 0.7 20 0.7 20 0.7 20 0.7 20 0.7 20 0.7 20 0.7 20 0.7 20 20 0.7 20 20 0.7 20 20 20 20 20 20 0.7 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
ac δgr LDF Ambiente δμ V V V V V V V V V V V V V V V V	Digersità verticale pesso della con di microstatione in fasta Fattere dilazione in fasta Fattere dilazione in fasta Instanzia Condosi Condosi La constanta di la contratta di la contratta di la contra Velecità di agginte malla di superi prista di agginte insuli di cuone pricipata dei uno Velecità di la contra di microstatione Trippo necho di dunda dei fasta di vegore Diatacia necettore ette dei (ADI) Conficiente di dispersione tras-venale Conficiente di dispersione tras-venale Conficiente di dispersione tras-venale Conficiente di dispersione verteche Potonata finatazione di pa c. Spessore delle contazionituri Prazona erate di finatare indore Rapporto ta vuluante di que nell'infrazione Contento vuluante di que ne finatare Tampo nedi di divida di finazo di vegore Differenza di pressone fin indore a vulgore Differenza di pressone finatore Differenza di pressone finatore Differenza di finaso di finazo di vegore Differenza di pressone finatore indore Superi bata vuluante di finazo di vegore Differenza di pressone finatore indore Superi bata vuluante di finazo di vegore Differenza di pressone finatore indore Superi contas di finazo di vegore Differenza di pressone finatore indore Superi contasta contanzionituri	m m sofern do unità di mài a del vento m do unità soferna m m m m m m m m m m m m m m m m m m m	NA - 2 00E-00(- 4 70) ura Valore 2 2 45 NA - 45 NA - 2 25E-00 6 SOE-10 0 10 0 10 0 15 0.15 0.15 0.15 0.12 0.26 0.0014 3.00 0 12 0.26 0.0014 3.00 0 12 0.26 0.0014 3.001 2 0.12 0.26 0.0014 3.001 0.12 0.26 0.0014 0.012 0.0	kon Robesto Defaut	Consten Cast per calcob Rischio (modalită bectward) Censter Cast per calcob Rischio CSR (modalită bectward) Parametri di Esposizione On site Sembolo OH SITE Parametri di Esposizione solanze cancerogene Durtat di esposizione sostanze cancerogene Durtat di esposizione sostanze cancerogene Ingestione di suolo Frazone di suolo Frazone di suolo Constato demnico con suolo Constato di esposizione sono suolo Constato di esposizione di suolo Inglazione di dalerniza demost Risco di advenzia demost Risco di advenzia demosta del suolo Inglazione di advenzia de suolo Frazone di advenzia demost Risco di advenzia de suolo Propunza gornaleri di esposizione (requenza gornaleri di esposizione Inglazione udioor (s) Frazione di orgettori di esposizione Inglazione idioori (s) Frazione di orgettori di esposizione Inglazione idioori (s) Frazione di orgettori di esposizione Inglazione idioori (s) Frazione di orgettori di esposizione Propunza gornaleri di esposizione Propunza	Unità di miauza kg ani giorniarino mg'orniarino cetto cetto mg'ornia cetto cetto pros oreloprio m'ora adore m'ora adore m'ora adore m'ora adore m'ora a cetto cetto pros oreloprio m'ora a cetto	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 100 5700 0,9 1 24 0,9 1 24 0,9 1 24 0,9 1 Residenziale Adatto	Bambino	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
ac δ _{opw} LDF Ambiente δ _{dir} W V V V V v v v v v v v v v v v v v	Digensità verticale pessore della contra di microlazione in fatta Fattre d'aluzione in fatta Parametrio Outdoor Educatione di accontrato di microlazione Educatione della sorgente nella direccione principale del ven Educatione della sorgente nella direccione principale del ven Educatione della sorgente nella direccione principale del ven Educatione della sorgente nella direccione principale del ven Profita di particolato per unità di superficie Targen andei di dutta del filsasi di vagore Diatanza necettro e fatte (ADP) Coefficiente di dispersione verticale Parameterio Indioor Presona della finatacioni da p.c. Spesano della finatacioni da p.c. Spesano della finatacioni di p.c. Targon pendei di tattane intore Targon pendei di attanei ristore Targon pendei di attanei ristore Targon pendei di attanei nella trattore Targon pendei di attanei nella trattore Targon pendei di attano di ruspore Targon pendei di atta del finata di vagore Differenza di presonei ta noloro Parmetaltà del suo a di finaso di vagore Parmetaltà del suo a di finazione Parmetaltà del suo a di finazione Parmetaltà del suo di finazio di vagore Parmetaltà del suo di finazio di vagore Parmetaltà del suo di finazio di vagore	۱۱ ۳۳۵ ۱۳۵۵ کانیا ۱۳۵۵ کانیا ۱۳۵۹ کاری ۱۳۵۹ کاری ۱۳۹۹ کاری ۱۹۹۹ کاری ۲۹۹۹ کاری ۱۹۹۹ کاری ۲۹۹۹ کاری ۲۹۹۹ کار ۲۹۹ کار ۲۹۹ کاری ۲۹۹ کاری ۲۹۹ کار	NA 2 00E-00 4.70 ura Valore 45 45 45 45 45 45 45 40 5 90E-14 300 6 90E-14 300 6 90E-14 300 8 90E-14 300 15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15	kon Robesto Defaul	Consten Cate pro cabolo Rischie (modalită bentward Consten Cate pro cabolo CSR (modalită bentward Simbolo ON-SITE Parametri di Esposizione On-site Burtat di esposizione sostanze cancerogene Durtat di esposizione sostanze cancerogene Durtat di esposizione sostanze cancerogene Ingettione di suolo Frazione di suolo Contatto demnico con suolo Superiori di pele sostanze Tattore di advolo Contatto demnico con suolo Superiori di pele sostanze Frazione di suolo IndiaZione di arti auto Frazione di suolo IndiaZione di artico sostanze Frazione di suolo nella sostanze Frazione di suolo nella sobrete IndiaZione di arti di apostanze Frazione sosta fundor Frequenza genariare di esposizione (c) IndiaZione di arti di objorite IndiaZione di arti di Sposizione Off-site Eparametri di Esposizione fancenzi	Unità di misura kg ani ani giorri/amo cm² mg/cm?gorro ore/giorno m/bra adm ore/giorno m/bra adm L/giorno L/giorno Unità di misura	Residenziale Aduito 70 70 350 1 5700 0.07 24 0.9 1 24 0.9 1 Residenziale Aduito	Bambino Bambino	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
a _z δ _{gw} LDF Strubol Ambiente δ _{li} V V Vair Pe Toutosor POC ADF Or, σ _z Strubol Ambiente Inficio on: Verzek Qwrzek Qwrzek </td <td>Digensità verticale pessore della conte in fada l'attre diazone internativa Estensore della songelin enali di cucce proposale dei van l'attra di aptroche per unali di superficie l'attra di dispersione tras-virsale Conficiente di dispersione tras-virsale Conficiente di dispersione tras-virsale Conficiente di adpersione tras-virsale Conficiente di adpersione tras-virsale Conficiente di ante di attra l'azone arabe di fatatore indoor Resporte ta visuale dell'asso di regore Contenuto volumento di an cue infattrazione Contenuto volumento di anciento el autore Dittoreza a pressione tin abore a outore Superficienta di fataso di ruspore Dittoreza di pessoone tin abore a outore Superficienta di ante indoor l'azone ad outore di anciento el autore Dittoreza di pessoone tin abore a outore Superficienta di ante indoor l'azone ad outore di ante indoor l'azone ad visione di ante indoor l'azone ad outore di adoor l'azone ad outore di adoor l'azone ad outore di adoor l'azone additta di adoor l'azone additta di adoor l'azone additta di adoor l'azone adoor l'azone additta di a</td> <td>m m sofern to ma del vento m sta del vento m m sofern m m m m m m m m m m m m m m m m m m m</td> <td>NA - 2 00E-00 4 70 4 70 4 70 4 70 4 70 4 70 4 70 4</td> <td>I kon Robeato Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Non Robeato Non Robeato Non Robeato Non Robeato Defaut Def</td> <td>Constera Cast per cabole Rischie (medalità Broward Constera Cast per cabole CSR (medalità Bactured) Parametri di Esposizione On site Simbole ON-STTE Parametri Generali Pesa corpores Duritat di esposizione sostanze cancerogene Duritat di esposizione sostanze cancerogene Duritat di esposizione sostanze cancerogene Ingestione di suolo Trazone di avuo ingerta Trasso di ingestione di suolo Contatto demico con suolo Superiori di pele sostanze Trattore di adevenza demica con suolo Superiori di pele sostanze Ingestione di suolo Ingenerazi demica dei suolo Ingeriori di pele sostanto Frazione di articole di suolo nel polere Ingenerazi genariera di esposizione Ingeriore di polere all'aporto Ingenerazione di articolo Preguenza generale di esposizione Ingeneratori di polere all'aporto Ingeneratori di esposizione Off-site Simbolo OFF-SITE Perametri Generati</td> <td>Unità di misura kg anni anni angiornano adim mgiorna orrelgiorno orrelgiorno orrelgiorno adim dire urita di misura Lippinno Unità di misura</td> <td>Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 100 </td> <td>Bambino 15 6 350 1 2800 0.2 24 0.7 24 0.7 24 0.7 1 24 0.7 NA Bambino</td> <td>NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N</td>	Digensità verticale pessore della conte in fada l'attre diazone internativa Estensore della songelin enali di cucce proposale dei van l'attra di aptroche per unali di superficie l'attra di dispersione tras-virsale Conficiente di dispersione tras-virsale Conficiente di dispersione tras-virsale Conficiente di adpersione tras-virsale Conficiente di adpersione tras-virsale Conficiente di ante di attra l'azone arabe di fatatore indoor Resporte ta visuale dell'asso di regore Contenuto volumento di an cue infattrazione Contenuto volumento di anciento el autore Dittoreza a pressione tin abore a outore Superficienta di fataso di ruspore Dittoreza di pessoone tin abore a outore Superficienta di ante indoor l'azone ad outore di anciento el autore Dittoreza di pessoone tin abore a outore Superficienta di ante indoor l'azone ad outore di ante indoor l'azone ad visione di ante indoor l'azone ad outore di adoor l'azone ad outore di adoor l'azone ad outore di adoor l'azone additta di adoor l'azone additta di adoor l'azone additta di adoor l'azone adoor l'azone additta di a	m m sofern to ma del vento m sta del vento m m sofern m m m m m m m m m m m m m m m m m m m	NA - 2 00E-00 4 70 4 70 4 70 4 70 4 70 4 70 4 70 4	I kon Robeato Defaut Defaut Defaut Defaut Defaut Non Robeato Non Robeato Non Robeato Non Robeato Defaut Def	Constera Cast per cabole Rischie (medalità Broward Constera Cast per cabole CSR (medalità Bactured) Parametri di Esposizione On site Simbole ON-STTE Parametri Generali Pesa corpores Duritat di esposizione sostanze cancerogene Duritat di esposizione sostanze cancerogene Duritat di esposizione sostanze cancerogene Ingestione di suolo Trazone di avuo ingerta Trasso di ingestione di suolo Contatto demico con suolo Superiori di pele sostanze Trattore di adevenza demica con suolo Superiori di pele sostanze Ingestione di suolo Ingenerazi demica dei suolo Ingeriori di pele sostanto Frazione di articole di suolo nel polere Ingenerazi genariera di esposizione Ingeriore di polere all'aporto Ingenerazione di articolo Preguenza generale di esposizione Ingeneratori di polere all'aporto Ingeneratori di esposizione Off-site Simbolo OFF-SITE Perametri Generati	Unità di misura kg anni anni angiornano adim mgiorna orrelgiorno orrelgiorno orrelgiorno adim dire urita di misura Lippinno Unità di misura	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 100	Bambino 15 6 350 1 2800 0.2 24 0.7 24 0.7 24 0.7 1 24 0.7 NA Bambino	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
ac ac by the second s	Digersità verticale pessore della condi microstazione in fasta Fattre di duccine in fasta Fattre di duccine in fasta Parametrio Outloor Antezza della con di microstazione Estissicane data sorgenti enta direccio principale del ven Estissicane data sorgente enta direccio e principale del ven Estissicane data sorgente enta direccio e tringonata a quel Visita dal vertio Printa di particolato per unal di superficie Tespo nede di ducta del fusio di veno Coefficiente di disponsione verticale Coefficiente di disponsione verticale Estissicane anale di Fatteri Indore Spessore della fondazioni di p.C. Spessore della fondazioni di p.C. Spessore fatteri di di suore Differenza di pressone tra indore Rapposti ta visuante di fattazione Contendivi valuenterico di assi ante fatture Taspo endi di ducta di fattazione Contendivi valuenterico di assi ante fatture Taspo endi di ductazioni di p.C. Primento della fondazioni di p.C. Spessore lata fondazioni di p.C.	т в definition ()))))))))))))))))))	NA 2 200E-00 4 7:0 4 7:0 4 7:0 4 7:0 4 7:0 4 7:0 4 7:0 6 9:0 6 9:0 6 9:0 6 9:0 6 9:0 7 4 7 4 7 4 7 4 7 4 7 4 7 4 7 4 7 4 7 4	I kon Robesto Defaul De	Constera Cast per calcob Rischio (modalità Bockward) Constera Cast per calcob Rischio CSR (modalità Bockward) Parametri di Esposizione On site simbolo ON SITE Parametri Generali Paso coprore Durata di esposizione sostanze cancerogene Durata di esposizione sostanze cancerogene Durata di esposizione sostanze cancerogene Ingettorine di suoto Ingestoria di sobo loperta Trasso di operatori di suoto Contatto domnico con suoto Superfore di pele esposizione Ingestoria di suoto Contatto domnico con suoto Superfore di pele esposizione Ingestoria di suoto Ingestoria di suoto Disperfore di pele esposizione Ingestoria di suoto Ingestoria di suoto Disperfore di pele esposizione Ingestoria di suoto Ingestoria di suoto Inges	Unità di misura kg anni quorrianno conf mgigiorno adim mgigiorno ariogram adim di adim Ligarno Unità di misura seni anni anni anni anni	Residenziale Aduto 70	Bambino Bambino	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
а _с а ₅ а ₅ а а а а а а а а а а	Digersitival verticale Spessor della conditiona in fatta Fattore di ducione in fatta Fattore di ducione in fatta Pattore di ducione in fatta Antezza della zona di macclazione Estessico della sorgente nella direcciona ortoposata a quel Visica del verto Postata di particolta per unal di superficie Tampo nedi di ducia del fattas di superficie Tazone arasi di fattare indor Contentori volumetto di super nelle fattare Contentori volumetto di super nelle fattare Contentori volumetto di super nelle fattare Contentori volumetto di super nelle fattare Pareneetto di supori del fattare Contentori volumetto di superficie Pareneetto di ducio nelle fattare Pareneetto del bontazioni/uni Tampo nedi di ducia del fattas di vopore Parenetto del bontazioni/uni Parenetto del bontazioni/uni Parenetto del bontazioni/uni Parenetto del bontazioni/uni Parenettas del tattare indore Parenetto del bontazioni/uni Parenetto del bontazioni/uni Parenetto del bontazioni/uni Parenettas del tattare indore	m adm. adm. to m to m adei vento m m m m m m m m m m m m m m m m m m m	NA 2 00E-0(0 4.70 4.70 4.70 2 45 2 45 2.25E-0(0 5.90E-14 30 0 NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA	I kon Robeato Defaut De	Constera Cast per cabole Rischie (medaltă Broward Constera Cast per cabole CSR (medaltă Bestward Parametri di Esposizione On site Simbole ON-SITE Parametri Generali Peo corpores Durtat di seposizione sostanze canceregene Durtat di seposizione sostanze non canceregene Frequenza di seposizione sostanze non canceregene Frequenza di seposizione sostanze non canceregene Frequenza di seposizione sostanze non canceregene Contatto demico con suolo Superiori di pele seposita Fattore di aderezza demica del suolo Inalazione di anti a outdoor Frequenza giaratera di esposizione Indizione di anti disposizione potre Indizione di anti disposizione (c) Inalazione di anti disposizione Parametri giaratera di esposizione Indizione di ad esposizione Indizione sostanze non canceregene Frequenza di esposizione) Unità di musura sg anni anni anni anni giornianno cont mglorno cont mglorno cont mglorno cont adm mglorno orelgorno mfora adm dom dom sala orelgorno mfora adm dom sala dom dom sala dom sala dom dom dom dom dom dom dom dom dom dom	Residenziale Aduto 70 70 24 350 1 00 5700 0.07 24 0.9 1 24 0.9 1 Residenziale Aduto NA	Bambino Bambino 15 6 330 1 1 2 2 2 0 2 2 4 0 .7 2 2 4 0 .7 2 2 4 0 .7 NA Bambino NA NA NA NA NA NA	o o o o o o o o o o o o o o o o o o o
at by the second	Dispersival verticale Spessor della cond directectione in facta Fattere dilucione in facta Anterza dilucione in facta Anterza dilucione in facta Anterza della conditione di mescatarione Estensione dalla sorgenti mala direccione erroppanata a quel Visica dal verte Transpo medi di duviso erroma di superficie Transpo medi di duviso erroma di rescone erroppanata a quel Visica dal verte Distanza restatto per unha di superficie Transpo medi di duviso erroma dell'anteri Distanza restatto erroma del transporte Distanza restatto erroma dell'Anter Conflictione di dispersione verticale Conflictione di dispersione verticale Estensione di anteriore Estensione di anteriore Spessore della fondazionimuri Fraziona anata di fintatto indore Agenosti tra verture di anteriore Transpo erroti di duvisore Differenza di pressone te indorer Superficio tatta convolta melli fintazione Contendo velumento di ana nella frazione Differenza di pressone te indorer Superficio tatta convolta melli fintazione Differenza di pressone te indorer Superficio tatta convolta melli fintazione Differenza di pressone te indorer Superficio tatta convolta melli fintazione Prestotta del consocimiumi Trazone anata di di fintazione di presente di di convoltazionimuri Trazone anata di di fintazione di anteriore Superficio tatta convolta melli fintazione Prestotta del consocimiumi Trazone anata di di tattare indore Agenosti tra verture di convolta melli fintazione Prestotta del consocimiumi Trazone anata di fintazione di mattare tonore Agenosti tra verture di ortagenosti convolta melli di fintazione Prestotta del consocimiumi Prestotta del consocimiumi	m me adei vento mi a dei vento mi ma dei vento mi ma mi ma dei vento mi ma mi ma dei vento mi ma mi ma dei vento mi ma dei vento mi dei vento mi dei vento mi mi dei vento mi mi dei vento mi dei vento mi dei vento mi dei vento mi mi dei vento mi dei vento mi dei vento mi dei vento mi dei vento mi dei vento mi dei vento mi mi dei vento mi dei vento vento mi dei vento vento vento vento vento vento vento vento	NA 2 00E-00 4 70 4 70 4 70 4 70 4 70 4 70 4 70 4	kon Roheado Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Non Roheado Non Roheado Non Roheado Non Roheado	Consten Cast per calcob Rischio (modalită bectward Consten Cast per calcob Rischio CSR (modalită bectward Parametri di Esposizione On site Smotolo ON SITE Parametri Generali Paso copores Dunta di sepozizone sostanze cancerogene Dunta di sepozizone sostanze cancerogene Ingetione di sepozizone Sostanze Constanze Ingetione di sepozizone Constatic dermico con suolo Constatic dermico con suolo Constatic dermico con suolo Constatic dermico con suolo Ingetione di suoto Frazione di suoto Ingetione di suoto Frazione di solo Frazione di solo Parametri di Esposizione Ingetione di acque potabile Tasso di ingestione di acque OFF-SITE Parametri di Esposizione Offisite Simetois Dunta di sepozizone con suola OFF-SITE Parametri di Esposizione Offisite Simetois Dunta di sepozizone sostanze cancerogene Dunta di sepozizone sostanze cance	Unità di misura kg anii anii genrirànno adim mgleiripano cref genri cref genri cref genri cref genri cref genri cref genri triva adim Unità di misura Unità di misura	Residenziale Aduito 70 70 70 24 330 1 100 5700 0.07 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1 24 0.9 1 1 1 24 0.9 1 1 1 24 0.9 1 1 1 24 0.9 1 1 1 24 0.9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Barnbino 15 6 350 1 200 2200 0.2 24 0.7 0.7 24 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7 0.7	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
a _z δ _{gw} LDF Simbole Ambiente δ _{air} W ' S _w ' U _{air} P - CADF o _y o _z Simbole Ambiente CADF o _y o _z Simbole Ambiente CADF o _y o _z Simbole Ambiente CADF o _y o _z Simbole Ambiente Carsak 0 _{wrack} korsak Hair Carsak 0 _{wrack} Lorsak 1 _m Carsak 0 _{wrack} Carsak 0 _{wrack} Carsak Ca	Digensity verticale Spessore della contractatione in fatta Fattore diluzione in fatta Fattore diluzione in fatta Antezza diluzione in fatta Controlor Controlor Estensione della sorgente nella direccioa principale del ven Estensione della sorgente nella direccioa eritopicata a quel Visica dal verta Profitadi aprincitato per unità di superficie Tampo medi di divita del fitasso di vopor Diatanza resettore of ste (ADP) Coefficiente di dispersione verticale Coefficiente di dispersione verticale Coefficiente di dispersione verticale Coefficiente di dispersione verticale Profitadi findazioni da p.c. Spessore della findazioni mini Rapporto tavolume indore da rea di infitrazione Contento volumetrico di ange nelle finature Contento volumetrico di ange nelle finature Con	m me adm mba mba m m m m m m m m m m m m m m m	NA 2 00E-00 4.70 vara 2 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 4	kon Robesto Defaul Defa	Consten Cata per cabole Rischie (medaltă brevierd Consten Cata per cabole CSR (medaltă bectiverd) Parametri di Esposizione On site Simbolo ON SITE Parametri di Canarali Peso corpores Durtat di esposizione sostanze cancerogene Durtat di esposizione sostanze cancerogene Ingettione di suolo Ingettione di suolo Contatto demnico con suolo Superiori di pele sostanze Ingettione di suolo Contatto demnico con suolo Superiori di pele sostanze Ingettore di advolo Ingettore di advolo Ingettore di advolo contatto Ingettore di advolo contatto Diritatto el advolo contatto Ingettore di advolo contatto Diritatto el advolo contatto Frequenza generalen el advolo contatto Frequenza generalen el desposizione (c)	Unità di musura kg anni giorni'anno adim mg/orni'anno cm² mg/orni'gorno ore/giorno mf/orna adim dorna adim dorna adim dorna adim mf/orna adim dorna adim mf/orna adim adim adim adim adim adim adim adi	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 0 0.07 24 0.9 1 0.9 1 Residenziale Aduito NA NA NA NA	Bambino 15 6 350 	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
ac δ _{gar} LDF Simbole Ambiento δ _{ar} γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ	Digersità verticale pesso e dal conce in fada Fattere dialeccie in fada Fattere dialeccie in fada Internetio Outdoor Control Alessa e dalla registe in la direccio entropanta e quel Vielcale di verto Prista di grande mala di superi Timpo necho di dive del fatta di vero Dianca ne centro e fado, Adi Dianca ne centro e fatto e fattore informe Contento volumetro di ana dei fattare Differenza di pressone fa fadore Differenza di pressone fattore o udoor Differenza di pressone fattore di acceltore di acceltore o udoor Contento volumetro di acceltore di	m madei a dei vento m m do m m m m m m m m m m m m m m m m m m m	NA 4 2 00E-00 4 70 ura Valore 2 2 45 NA A 2 25E-00 6 SOE-1 30 30 NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA	Inon Robeado Defaut Def	Consten Cast per calcob Rischio (modalită beckward) Censtere Cast per calcob Rischio CSR (modalită beckward) Parametri di Esposizione On site sonoto ON SITE Parametri di Esposizione sostanze canceregene Dunta di esposizione sostanze canceregene Ingestione di suolo Frazone di suolo Frazone di suolo Constato deprese constanze canceregene Dunta di esposizione sostanze canceregene Ingestione di suolo Constato de pele sostanze canceregene Ingestione di suolo Frazone di suolo Frazone di suolo Infazione di aria cutdoori Frequenza gernateri di esposizione con Ingestione di aria cutdoori Frequenza gernateri di esposizione (c) Intalizione nutori (d) Per Prazone di acqua potebile Tasso di esposizione Sostanze Ingestione di acqua potebile Tasso di esposizione Off site Sombolo OFF-SITE Parametri di Esposizione Off site Sombolo Dunta di esposizione sostanze canceregene Dunta di esposizione sostanze	Unità di misura kg ani giornianno mg'iornia mg'ornia oreigiono mf'ora ado mf'ora della Ugiono Unità di misura giornianno Unità di misura consigiono consigiono mfora ani ani giornianno consigiono consisti consigiono consigiono consigiono consigiono consi	Residenziale Aduito 70 74 74 74 74 74 74 74 74	Bambino Bambino 15 6 3 1 5 6 3 1 2 0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
ac de construction de	Digensità verticale pessore della condi microstazione in fatta Fattore diluzione in fatta Fattore diluzione in fatta Parametrio Outdoor Contorio Contorio Pinsta di acona di microtazione Estensione della sorgente nella dirazione principale del ven Estensione della sorgente nella dirazione principale del ven Estensione della sorgente nella dirazione principale del ven Pinsta di particolato per undi di superfici Tempo medi di durita del filsasi di vapore Datanza recettore of fate (ADF) Coefficiente di disporsione verticale Parametrio Indoor Parante della fondazioni da p.c. Spesare della findazioni da rutore Tempo nedi di durita del finasa di vapore Differenza al pracesso in tavore a odoor Parmentali di durita del finasa di vapore Spesare della findazioni da p.c. Spesare della findazioni da anticone Continuto veluento da dava nella findazione Continuto veluento da cona nella findazione Continuto veluento da dava nella findazione Continuto velue	m m definition m m definition m m m m m m m m m m m m m m m m m m m	NA 2.00E-00 4.70 ura 2.25 4.5 NA 2.25E-00 5.90E-14 3.00 5.90E-14 3.00E 5.90E-14 3.00E-14 3.00E-14 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15 0.15	kon Roheado Defaul Defa	Consten Cat per calcolo Rischie (modalită Bentward Consten Cat per calcolo Rischie (modalită Bentward Parametri di Esposizione On site Simbolo ON-SITE Parametri Generali Para corporea Durtat di esposizione sostanze cancerogene Durtat di esposizione sostanze cancerogene Ingettione di suolo Frazione di suolo Contatto demico con suolo Supertine di suolo Contatto demico con suolo Supertine di suolo Contatto demico con suolo Supertine di suolo IndiaZione di arti autolon Frazione di suol nato Frazione di suolo nato Frazione di suolo nato Frazione di suolo nato Frazione di suolo nato Frazione di autolono Frequenza genariare di esposizione IndiaZione di arti autolono Frequenza genariare di esposizione IndiaZione di arti autolono Parametri di Esposizione Off-site Simencio Coff-SITE Parametri Generali Paso corporea Dunta di esposizione sostanze cancerogene Dunta di esposizione sostanze cancierogene Dunta di esposizione sostanze cancierogene Dunta di esposizione di auto nato Frequenza genariare di esposizione Dunta di esposizione sostanze cancierogene Dunta di esposizione sostanze cancierogene Preguenza genariare di esposizione Sostanze no calcerogene Preguenza genariare di esposizione Sostanze no calcerogene Preguenza di sostanze no calcerogene Preguenza genariare di esposizione Sostanze no calcerogene Preguenza di esposizione Sostanze no calcerogene Preguenza di sostanze no calcerogene Preguenza di genetici di suolo nella polare di sostanze no calcerogene Preguenza di esposizione sostanze no calcerogene Preguenza di es	Unità di misura kg anni anni angiorni/anno cm² mg/cm²anno ore/pirme mitra adm com² pirme adm di com² mitra adm Ligiorno Ligiorno Unità di misura giorni/anno ore/pirme mitra adm	Residenziale Aduito 70	Bambino 15 6 350 1 200 2200 2200 224 0.7 24 0.7 24 0.7 24 0.7 NA	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
ac δ _{gar} LDF Simbol Amblente δ _y γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ γ	Digensità verticale pesso della conditta di microstatione in fasta l'attre discurse en fasta Patteri discurse en fasta Patteri discurse en fasta Patteri discurse en fasta Patteri di and directatione Estatosio della song directatione processa dei su Estatosio della songrafia mala discurse processa dei su Patta di pattorito per unali di superito Veccidi dei verso Patta di pattorito per unali di superito Discurso rectare esta di sul conso Discurso rectare esta di sul conso Discurso rectare esta di conso Discurso rectare esta di sul conso Discurso rectare di disconso esta versa See Discurso di anti disconso Contendo voluente di ana del fastare Distanza rectare esta di fastare indor Rapporte ta visuate del fassa di vapore Distreraza di pressone ta notore a udore Distreraza di pressone ta notore a udore Distreraza di pressone ta notore a udore Distreraza di fastare indore di ana dei fastare Distreraza di pressone ta notore a udore Distreraza di pressone ta notore a di tasa di tasa di Pressona dei dei notore di tasa di tasa di Pressona dei dei notore di tasa di tasa di Pressona dei dei notore di tasa di tasa di Distreraza di tasa di tasa di tasa di tasa di Distreraza di tasa di tasa di tasa di tasa di Distreraza di tasa di tasa di tasa di tasa di Distreraza di tasa notore di tasa di tasa di tasa di Distreraza di tasa notore di tasa di tasa di tasa di tasa di Distreraza di tasa di tasa di tasa di tasa di tasa di tasa di Distreraza di tasa notore di tasa d	m m softm do m m to m m software g(cm s ¹ m m m software m m m software m m software m m software m m software software	NA - 02 2 00E - 00 4 70 4 70 2 2 4 5 NA 2 20E - 00 6 90E - 10 7 0 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	kon Robelso Defaul Defa	Constera Cata per cabole Rischie (medaltà Broward Constera Cata per cabole CSR (medaltà Bactward Parametri di Esposizione On site Simbolo ON-STTE Parametri Generali Peo corpores Durta di esposizione sostanze cancerogene Durta di esposizione sostanze cancerogene Ingentione di suolo Frazone di avolo Ingenta Gonati di esposizione sostanze cancerogene Frequenza di esposizione sostanze di logettime di suolo Contatto dermico con suolo Superiori di pete segosta Faftore di aderezza dernica del suolo Inalazione di anti autocon Frequenza granafera di esposizione Ingentes di esposizione sostanze Faftore di aderezza dernica del suolo Inalazione di anti autocon Frequenza granafera di esposizione Ingentes di esposizione di acqua Parametri di Esposizione Offsite Simbolo OFF-SITE Parametri Generali Peta corpores Durta di esposizione sostanze cancerogene Durta di esposizione (c) Hazione adiore (i):D Frazione di adria cutdoor Frequenza granafera di esposizione Durta di esposizione sostanze cancerogene Frequenza granafera di esposizione Durta di esposizione (c) Hazione adiore (d):D Frazione di adria cutdoor Frequenza granafera di esposizione Conta di esposizione (c) Hazione adiore (d):D	Denita di musura kg anni anni angiorni/anno adm mg/giorno ore/giorno m/fora adm deni deni adm deni deni deni adm deni deni deni deni deni deni deni deni	Residenziale Aduito 70 70 24 350 1 00 5700 0.7 24 0.9 1 24 0.9 1 24 0.9 1 Residenziale Aduito NA NA NA NA NA NA NA NA NA	н н Вальбіло 15 6 350 1 2800 0 7 2800 0 7 2800 0 7 7 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8	Landustriale Adata NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA
et Borner Borner Barbolente Barbo	Digersità verticale pessos della con di microlazione in fatta Fattore diluccione in fatta Fattore diluccione in fatta Fattore diluccione in fatta Constanti di anti di microlazione Constanti di anti di microlazione Estissicano data sorgenti inteli direccio eritogianata a quel Visitada del visita Prostata opricolazio per unali di superficie Targon desi di antis del fusas di superficie Targon desi di antis del fusas di superficie Confficiente di disponsione verticale Confficiente di disponsione verticale Confficiente di disponsione verticale Confficiente di disponsione verticale Confficiente di disponsione verticale Prostata fondazioni di p.C. Spessore della fondazioni di p.C. Optimisti di fusata di fusas di varore Differeza di prossone trandore Rapposto ta visuante di fusas di varore Differeza di prossone trandore Superficiente di disponsione verticale Prostata di fusas di varore Differeza di prossone trandore Rapposto ta visuante di fusas di varore Differeza di prossone trandore di varore Differeza di prossone trandore Superficientata convorta nell'Infrazione Primeto delle fusazionimuti ripiscona anale di fusata di ritogra per estato di varore Contento visuanterico di accuale trantine Targone conso di varone Differeza di prossone trandore Rapposto ta visuante di fusas di varore Contento visuanterico di accuale trantine Targone conso di varone Contento visuanterico di accuale trantine Targone conso di varone Contento visuanterico di accua nelle finatare Contento visuanterico di accua nella di fusas di varore Differeza di prossone trandore di are indore Targone di accua di fusas di varore Contento visuanterico di accua nella finatare Contento visuanterico di accua nella di fusas di varore Differeza di pressone trandore di are indore Tar		NA 2 2005-00 4.70 4.70 4.70 4.70 4.70 4.70 4.70 4.	Ison Robeado Defaul Def	Consten Cast per calcob Rischie (mediată bentward Consten Cast per calcob Rischie CSR (mediată bentward ON STE Parametri di Esposizione On site Simbolo ON STE Parametri Generali Paso coprore Durata di esposizione sostanze cancerogene Durata di esposizione sostanze cancerogene Durata di esposizione sostanze cancerogene Ingestione di suolo Prezone di suolo Ingestion di suolo Constato demnico con suolo Superficie di pele esposizione Trattore di pele esposizione Ingestione di suolo Constato demnico con suolo Superficie di pele esposizione Presenza dimetera di esposizione Presenza di esposizione con Ingestione di acuto nella policie Presenza dimetera di esposizione Prespinazi giornale di esposizione Infazione di adi fundo indi policie Infazione di adi fundo indi policie Infazione di adi esposizione Off-SITE Parametri di Esposizione Off-site Simbolo OFF-SITE Parametri di Esposizione Off-site Simbolo Durata di esposizione sostanze concorregene Durata di esposizione sostanze concore	Unità di misura kg anni apumianno comi migiorno oreigomo oreigomo oreigomo oreigomo utipora sem lugomo Unità di misura gorrianno oreigomo milora sem di cal anni anni anni anni anni anni anni an	Residenziale Aduto 70 74 74 70 74 74 74 74 74 74 74 74	Bambino	o o o o o o o o o o o o o o o o o o o
ac δ _{grw} LDF Ambiente δ _{dir} W ¹ S _w VW ¹ S _w V ² CADF o ⁷ o ⁷ o ⁷ o ⁷ o ⁷ c ³ Ambiente Ambiente Ambiente Grass Carsas Carsas Qwerack Owerack Carsas Quarta Carsas Ca	Digersità verticale Spessor della con di microlazioni in fatta Fattre di duizone in fatta Fattre di duizone in fatta Anteza di duizone in fatta Anteza di duizone in fatta Contidori Cattoria di aso geneti nella direccio entropeta dei ven Estessico della sogretti nella direccio entropeta dei ven Estessico della sogretti nella direccio entropeta dei ven Portadi aparticotato per undi di superficie Tampo nedi di duita del fissa di vapore Distanza restatore of ste (ADP) Coefficiente di dispersione verticate Coefficiente di aparticate per di fittazione Contendo volumetrico di ano nelle fatture Contendo volumetrico di ano nelle fatture Contendo volumetrico di ano nelle fatture Partenetta di dispore Partenetta di dispore in tadore o udobor Partenetta di dispore Partenetta di di anti dioro Tampo nedi di duita dei fittazione Contendo volumetrico di ano nelle fatture Contendo volumetrico di ano nelle fatture	الله المحالية المحالية المحالية المحالية المحالية مع المحالية مع المحالية مع المحالية مح محالية محالية المحالية المحال محالية محالية المحالية محالية محالية محالية محالية محالية محالية محالية محالية محالية محاليمحالية محالية محاليحمالي محاليمى محاليمحالية محاليحما	NA 2 00E-0(2) 4.70 ura 2 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 45 4	kon Robesto Defaul Defa	Consider Cate pre cabole Rischie (mediată broward Consider Cate pre cabole CSR (mediată bectward Consider Cate pre cabole CSR (mediată bectward) Parametri di Esposizione On site Simbole ON-SITE Parametri Generali Peso corpores Durtat di seposizione sostanze cancerogene Durtat di seposizione sostanze cancerogene Ingestione di suolo Contatto dominico con suolo Significa di pale sostante Ingestione di suolo Contatto dominico con suolo Significa di pale sostanze Ingestione di suolo Ingestione di suolo Ingestione di suolo Ingestione di suolo Prezione di pale sostanze Ingestione di actualo meta Parametri Cancero di poly Prezione di pale sostanze Ingestione di acqua Parametri Generali Tatso di ingestione di acqua Parametri di Esposizione Off ate Simbolo OFF-SITE Parametri Generali Peso corpores Durtat di seposizione sostanze cancerogene Durtat di seposizione di acqua Durtat di seposizione di acqua Durtat di seposizione sostanze cancerogene Durtat di seposizione sostanze cancerogene Prequenza gianaleri di esposizione Durtat di seposizione (c) Inglazione di acqua di esposizione Durtat di seposizione sostanze cancerogene Prequenza di seposizione Durtat di seposizione (c) Inglazione di acqua di esposizione Prequenza gianaleri di esposizione Prequenza gianaleri di esposizione Durtati di seposizione (c) Inglazione di acqua di esposizione Prequenza gianaleri di esposizione Prequenza gianaleri di esposizione Prequenza gianaleri di esposizione Durtati di esposizione (c) Inglazione di acqua di esposizione Prequenza gianaleri di esposizione Prequenza gianaleri di esposizione Preguenza	Denita di musura kg anni agerni/anno orrigorni mitora adm orrigorni mitora adm dem utila di musura kg anni agerni/anno conti orrigorno mitora adm dem adm adm adm adm adm adm adm adm adm ad	Residenziale Aduito 70 70 24 0.9 1 24 0.9 1 Residenziale Aduito Residenziale Aduito NA	Bambino Bambino 15 6 350 1 1 200 2 20 24 24 0.7 24 24 0.7 24 24 0.7 24 24 0.7 24 24 0.7 24 24 0.7 24 0.7 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA NA N
et Source and a set of the set o	Digersità verticale Spesso e da con di mocietzione in fatta Fattre di ducione in fatta Fattre di ducione in fatta Pattrea di ducione in fatta Pattrea di accione in fatta Confesso di accione di mocietzione Elessone di accione di accione erroponata quel Verba da el veno Parita di particulta per un'ità di superficia Trano neci di ducione in fatta di veno Di fatto di accione di fatta di veno Confesso di accione e retata Confesso di accione e retata Confesso di accione di accione erroponata quel Venta da particulta per un'ità di superficia Trano neci di ducione in fatta di veno Confesso di accione di accione erroponata Confesso di accione di accione Portada biotaccioni di ac. Spesso del biotaccioni di ac. Contento volumetto di accione e di fintazione Contento volumetto di accione e utobor Differenza di ressone te indore Superficio tatta convolta nell'Infrazione Portendata fintazioni di ac. Contento volumetto di accione e utobor Portenza di ressone te indore Superficio tatta convolta nell'Infrazione Portendata fintazioni di ac. Spesso del biotaccioniumi Trazone arate di di tattore indore Superficio tatta convolta nell'Infrazione Contento volumetto di accionittani Prazonatorio di accioniumi Trazone arate di di tattore indore Superficio tatta convolta nell'Infrazione Contento volumetto di accioniumi Trazone arate di di tattore indore Trazone arate di di tattore indore Trazone esta di di tattore indore Contento volumetto di accioni nuti Trazone arate di di tattore indore Trano nella di di tattore indore Contento volumetto di accioni nuti Proto della di bascio vispore Differenza di pressone in indore Trano nella di di tattore indore Trano nella di di tattore indore Trano nella di di tattore indore Contento volumetto di accioni nuti Trazone esta di di tattore indore Trano nella di di tattore indore Contento volumetto di accioni nuti Trano nella di di tattore indore Trano nella di di tattore indore Trano nella di di tattore indore Trano nella di di tattore Contento	m madei minita di mini da dei vento m m da dei vento m m m m m m m m m m m m m m m m m m m	NA 2 00E-00 4 70 4 70 4 70 2 4 70 4 70 4 70 7 4 70 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	Ion Roheado Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Defaul Non Roheado Non Roheado	Consten Cast per calcob Rischio (modalit Borward Consten Cast per calcob Rischio CSR (modalit Borward ON STE Sembolo ON STE Parametri di Esposizione On site Sembolo Dutat di sepozizione sostanze cancerogene Dutat di sepozizione sostanze cancerogene Ingettone di suolo Frazone di suolo Constato dermico con suolo Superficie di pele sevosi Trattore di pele sevosi di sepozizione sostanze cancerogene Ingettone di suolo Constato dermico con suolo Superficie di pele sevosi Trattore di pele sevosi di	Unità di misura kg anii anii genriànno cert mgietripano orelopino orelopino orelopino orelopino orelopino orelopino orelopino orelopino utiva anii anii genriànno orelopino orel	Residenziale Aduito 70	Bambino	o o o o o o o o o o o o o o o o o o o

Figura 20. Riepilogo Input.

Comandi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

CONTAMINANTI INDICATORI

Dal pulsante "Contaminanti Indicatori" riportato nella finestra di dialogo "Output" della schermata principale si accede alla Userform riportata in Figura 21. Da qui è possibile visualizzare, per ciascuna matrice di contaminazione, i contaminanti indicatori inseriti e le relative caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche.

Proprietà Contaminanti
Proprietà contaminanti
Suolo Superficiale
Suolo Profondo
Faida
Continua

Figura 21. Userform proprietà contaminanti indicatori.

Per ciascun contaminante vengono riportate le caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche utilizzate nei calcoli (Figura 22).

	Comandi			Sito:							Risk-ne	t		
	Continua	HELP	Stampa	Comp. da:					Data:		Banca Dati	: Suolo Suj	perficiale	
	Default (ISS-INAIL, 2015)													
D	Contaminanti	Numero CAS	Classe	Peso Molecolare [g/mole]	Solubilità [mg/L]	Rif.	Pressione di vapore [mm Hg]	Rif.	Costante di Henry [adim.]	Rif.	Koc/Kd f(ph)	Koc [mg/kg/mg/L]	Kd [mg/kg/mg/L]	Rif.
26	Benzene	71-43-2	Aromatici	78.11	1.79E+03	1	9.66E+01	1*	2.27E-01	1		1.46E+02		1
27	Etilbenzene	100-41-4	Aromatici	106.17	1.69E+02	1	9.53E+00	1*	3.22E-01	1		4.46E+02		1
28	Stirene	100-42-5	Aromatici	104.15	3.10E+02	1	6.22E+00	1*	1.12E-01	1		4.46E+02		1
29	Toluene	108-88-3	Aromatici	92.14	5.26E+02	1	2.88E+01	1*	2.71E-01	1		2.34E+02		1
33	Xileni	1330-20-7	Aromatici	106.17	1.06E+02	1	3.93E+00	1*	2.12E-01	1		3.83E+02		1
63	Cloruro di vinile	75-01-4	Alifatici clorurati cancerogeni	62.50	8.80E+03	1	2.97E+03	1*	1.14E+00	1		2.17E+01		1
64	Diclorometano	75-09-2	Alifatici clorurati cancerogeni	84.93	1.30E+04	1	3.78E+02	1*	1.33E-01	1		2.17E+01		1
65	Tetracloroetilene (PCE)	127-18-4	Alifatici clorurati cancerogeni	165.83	2.06E+02	1	1.67E+01	1*	7.24E-01	1		9.49E+01		1

Figura 22. Riepilogo Proprietà Contaminanti Indicatori.

Comandi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.



OUTPUT INTERMEDI

Dal pulsante "Output Intermedi" riportato nella finestra di dialogo "Output" della schermata principale si accede alla Userform riportata in Figura 23. Da qui è possibile visualizzare, per ciascuna matrice di contaminazione, le vie di esposizione attive, i fattori di esposizione, i fattori di trasporto, il modulo per la valutazione dell'andamento delle concentrazioni in falda in funzione del tempo (Steady State vs. Transitorio) e le concentrazioni al punto di esposizione (Cpoe). Si sottolinea che i pulsanti di controllo per le matrici non attivate, risultano non accessibili.

Output Intermedi	١
Modello Concettuale	l
Vie Attive	l
Fattori di esposizione	l
EM	l
Fattori di Trasporto	l
Suolo Superficiale	l
Suolo Profondo	l
Falda	l
Lisciviazione e trasporto in falda (funzione del tempo)	l
Steady State vs Transitorio	l
Concentrazioni al punto di esposizione (POE)	l
Calcolo Cpoe	
Continua	

Figura 23. Userform Output Intermedi.

Riepilogo Modello Concettuale. Dal pulsante di controllo "Vie Attive" della Userform riportata in Figura 23 si accede al riepilogo del modello concettuale definito dall'utente (Figura 24). Da qui l'utente può verificare i recettori e le vie attive distinte in funzione della matrice impattata (suolo, aria e falda). In particolare con le frecce in rosso vengono rappresentati i contatti diretti (ingestione di suolo e contatto dermico) che vanno ad impattare la matrice suolo, in verde i percorsi legati a volatilizzazione, erosione e dispersione che impattano l'aria ed in viola i percorsi di lisciviazione e trasporto che impattano la falda. Per ciascuna matrice vengono inoltre indicati i potenziali recettori all'interno o in prossimità del sito, selezionati dall'utente e lo scenario di riferimento (residenziale o industriale).





Figura 24. Riepilogo Modello Concettuale.

Fattori di esposizione. Dal pulsante di controllo "Fattori di esposizione" della Userform riportata in Figura 23 è possibile visualizzare, per le vie di esposizione attive, i fattori di esposizione calcolati per le sostanze cancerogene e non (Figura 25). Con il simbolo NA vengono indicate le vie di esposizione non attive (o non previste come nel caso di ingestione di suolo off-site).

omandi		Risk-net						
Continua	Stampa	Fattori di Esposizione						
			07 01					
Esposizione	e (EM)	On Site	Off Site					
Ingestione	suolo [mg/(kg x giorno)]							
EM _{ing,S,C}	Cancerogene	1.57E+00	NA					
EM _{ing,S,NC}	Non Cancerog.	1.28E+01	NA					
Contatto De	rmico / ABS [mg/(kg x g	iorno)]						
EM _{ing,S,C}	Cancerogene	4.94E+00	NA					
EM _{ing,S,NC}	Non Cancerog.	3.58E+01	NA					
Inalazione	aria outdoor [m³/(kg x g	iorno)]						
EM _{ina,O,C}	Cancerogene	1.94E-01	1.94E-01					
EM _{ina,O,NC}	Non Cancerog.	1.07E+00	1.07E+00					
Inalazione	aria indoor [m³/(kg x gio	orno)]						
EM _{ina,I,C}	Cancerogene	1.94E-01	1.94E-01					
EM _{ina,I,NC}	Non Cancerog.	1.07E+00	1.07E+00					
Ingestione	di acqua [L/(kg x giorno)]						
EM _{ing,W,C}	Cancerogene	NA	NA					
EMing.W.NG	Non Cancerog.	NA	NA					

Figura 25. Fattori di esposizione calcolati.



Si sottolinea che il fattore di contatto dermico riportato in questa schermata deve essere moltiplicato per il fattore di assorbimento dermico (ABS) caratteristico di ciascun contaminante.

Fattori di Trasporto. Dai pulsante di controllo "Fattori di Trasporto / Matrice" della Userform riportata in Figura 23 è possibile visualizzare, per le vie di esposizione attive, i fattori di trasporto calcolati per ciascuna sorgente di contaminazione (Figura 25). Con il simbolo NA vengono indicate le vie di migrazione non attive. Nel caso in cui sia attiva l'opzione di esaurimento della sorgente per la volatilizzazione o per la lisciviazione (vedi paragrafo "Opzioni di Calcolo"), i fattori per i quali il trasporto è limitato dall'esaurimento della sorgente vengono evidenziati in rosso.

Comandi			Sito:		ID:	Risk-net								
Continua	HELP	Stampa				Fattori di Tra	asporto: Suolo :	Superficiale						
										off-site	off-site			
Contaminanti	Ds eff [cm ² /sec]	Dw eff [cm²/sec]	Dcap eff [cm ² /sec]	Dcrack eff [cm ² /sec]	LFss [(mg/L)/(mg/kg)]	VFss [(mg/m³)/(mg/kg)]	VFss,esp [(mg/m²)/(mg/kg)]	PEF [(mg/m ¹)/(mg/kg)]	PEFin [(mg/m ^a)/(mg/kg)]	DAF [(mg/L)/(mg/L)]	ADF [(mg/m ³)/(mg/m ³)]	α _{ss} [(mg/m²)/(mg/m²)]	α ss.esp [(mg/m³)/(mg/m³)]	β [(mg/m³)/(mg/kg)]
Benzene	7.10E-03	2.80E-04	1.82E-05	6.98E-03	4.57E-02	1.80E-05	6.42E-03	6.90E-12	6.90E-12	NA	NA	1.42E-05	1.63E-04	NA
Etilbenzene	5.44E-03	1.92E-04	1.24E-05	5.35E-03	1.55E-02	1.80E-05	6.42E-03	6.90E-12	6.90E-12	NA	NA	1.09E-05	1.24E-04	NA
Stirene	5.64E-03	3.31E-04	2.20E-05	5.55E-03	1.56E-02	1.80E-05	3.26E-03	6.90E-12	6.90E-12	NA	NA	1.13E-05	1.29E-04	NA
Toluene	6.17E-03	2.29E-04	1.49E-05	6.07E-03	2.91E-02	1.80E-05	6.42E-03	6.90E-12	6.90E-12	NA	NA	1.23E-05	1.41E-04	NA
Xileni	6.72E-03	2.75E-04	1.79E-05	6.61E-03	1.81E-02	1.80E-05	6.42E-03	6.90E-12	6.90E-12	NA	NA	1.34E-05	1.54E-04	NA
Cloruro di vinile	8.49E-03	2.19E-04	1.40E-05	8.35E-03	1.59E-01	1.80E-05	6.42E-03	6.90E-12	6.90E-12	NA	NA	1.70E-05	1.94E-04	NA
Diclorometano	7.93E-03	4.24E-04	2.80E-05	7.80E-03	2.39E-01	1.80E-05	6.42E-03	6.90E-12	6.90E-12	NA	NA	1.59E-05	1.81E-04	NA
Tetracloroetilene (PCE)	4.01E-03	1.25E-04	8.06E-06	3.94E-03	6.36E-02	1.80E-05	6.42E-03	6.90E-12	6.90E-12	NA	NA	8.02E-06	9.17E-05	NA

Figura 26. Fattori di trasporto calcolati.

Steady State vs. Transitorio (Lisciviazione e trasporto in falda). Dal pulsante di controllo "Steady State vs Transitorio" è possibile accedere alla schermata riportata in Figura 27.

Da qui è possibile valutare l'evoluzione spazio-temporale della contaminazione in falda utilizzando l'equazione di Domenico (per maggiori dettagli riguardo le equazioni utilizzate si rimanda agli allegati). In particolare, l'utente deve selezionare dai due menù a tendina riportati nella schermata il percorso (Lisciviazione da Suolo Superficiale e Profondo o Trasporto in Falda) e il contaminante di interesse (tra quelli inseriti nelle fasi precedenti per il calcolo del rischio e/o delle CSR). L'utente può inoltre valutare come variano le concentrazioni in falda in funzione del tempo e della distanza (caselle in giallo). Le concentrazioni in falda vengono calcolate sia assumendo uno stato stazionario (punti in blu) che in transitorio (punti in rosso). Le barre di scorrimento laterali presenti nella casella tempo e nella casella distanza permettono di valutare in maniera semplice e rapida come cambiano i risultati al variare delle condizioni assunte.

Per la lisciviazione, l'utente deve definire il battente idraulico superficiale che viene utilizzato nell'equazione di Green Ampt, per stimare il tempo impiegato dal contaminante per raggiungere la tavola d'acqua (per maggiori dettagli sulle equazioni utilizzate si rimanda a quanto riportato in appendice).

Si sottolinea che tali analisi sono finalizzate esclusivamente a valutazioni integrative e non vengono utilizzate per il calcolo del rischio e degli obiettivi di bonifica.

Coma	andi					Sito:			ID:	Risk-ne	et			
C	Continu	a	HELP	Stamp	a	Comp da:			Data:	Lisciviazio	one e traspor	to in falda		
Sele	ziona p	ercorso	\Rightarrow	Lisciviazione S	iuolo Superficiale		_				Liscivia	zione Su	iolo Sup	erficiale
Con	taminan	ite		Benzene			•							Benzene
Dati p	er stima	a trasporto cor	ntaminanti in fa	Ida	5.00E+00	ma/ka	1	Tempi di lis Battente idra	civiazione e	attenuazione	(Modello di	Green Ampt	2.50F-01	m
Concer	ntrazione	e di saturazione	Csat		0.00E+00	ma/ka		Velocità acqu	ia di infiltrazio	ne			2.01E+01	m/d
Fattore	di Lisciv	viazione			4.57E-02	kg/L	1	Fattore di Rita	ardo, R				8.03E+00	-
Conce	ntrazione	e in falda (x=0)			2.28E-01	mg/L		Distanza della	a falda dalla so	orgente (m)			2.00E+00	m
CSC ac	cque sott	terranee			1.00E-03	mg/L		Carico di suzi	ione (funzione	della tessitura	selezionata)		-4.86E-02	m
velocit	à effetiva	a falda			1.93E-01 m/d t impiegato dal contaminante per raggiungere la falda						7.98E-01	d		
Fattore	e di Ritaro	do, R			1.70E+00	- Costante di biodegradazione, λ					NA	h ⁻¹		
Costan	ite di bio	degradazione, λ			NA	h]	Fattore di atte	enuazione (AF)	per biodegrad	azione		1.00E+00	-
Tempo x (m) C stato C (mg/l	t = 3 staziona L), t = 30	ario (mg/L) anni	0 2.28E-01 2.28E-01	Dista 10 2.28E-01 2.28E-01	20 2.28E-01 2.28E-01	gente lungo la 0 30 2.28E-01 2.28E-01	direzione del f 40 2.22E-01 2.22E-01	lusso di falda (50 2.10E-01 2.10E-01	m) - In giallo d 60 1.95E-01 1.95E-01	ati modificabili 70 1.80E-01 1.80E-01	dall'utente (Da 80 1.65E-01 1.65E-01	ti non salvabil 90 1.52E-01 1.52E-01	i nella simulaz 100 1.41E-01 1.41E-01	tione) 150 1.00E-01 1.00E-01
<mark>x (m)</mark> tempo	x = (anni)	100 m	< [•	1	2	Tempo (anni) - In giallo dati modificabili dall'utente (Dati non salvabili nella sir						Ilazione) 500	1000	2000
C al PC)C (100 n	n)	(mg/L)	2.95E-03	4.75E-02	1.34E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01
C a 100) m		(mg/L)	2.95E-03	4.75E-02	1.34E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01	1.41E-01
Concentrazione (mg/L)	0.25 0.20 0.15 0.10 0.05 0.00	0 50	100	150	Benzer	e Stea 0/-State Tan storic CSC t (anni) 30 Grafico tmico/lineare		Concentrazione (mg/L)	0.16 0.14 0.12 0.10 0.08 0.06 0.04 0.02 0.00 1	10	100 100	0 10000	Benzene	C a POC (100 m) C a 100 m SSC X (m) 100 Grafico Itmicolineare
		Dista	nza dalla sorge	ente (m)						temp	oo (anni)			

Figura 27. Evoluzione contaminazione in falda.

Comandi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

Grafico logaritmico/lineare. Permette di modificare la scala da lineare a logaritmica (e viceversa).

Concentrazione al punto di esposizione. Nel caso di applicazione dell'Analisi di Rischio in modalità "Forward" (Calcolo del Rischio), dal pulsante "Concentrazione al POE" riportato nella finestra di dialogo "Output" della schermata principale, si accede alla schermata riportata in Figura 28. Da qui è possibile visualizzare, per ciascuna matrice contaminata, le concentrazioni nei diversi punti di esposizione (Cpoe). Per ciascuna matrice vengono visualizzate le concentrazioni rappresentative alla sorgente (totali e come soil-gas), le concentrazioni di saturazione (Csat) e le concentrazioni nei diversi comparti ambientali in funzione del modello concettuale. In particolare sono riportate le concentrazione negli ambienti outdoor (C_{outdoor}, mg/m³), le concentrazioni all'interno degli edifici (C_{indoor}, mg/m³) e le concentrazioni in falda (mg/l) all'interno (on-site) o in prossimità del sito (off-site). Con il simbolo NA vengono indicate le vie di migrazione non attive.

Comandi							Risk-ne	et										
Continua	HELP	Sta	ampa				Concentra	zioni al pun	o di espo	sizione (Cpoe)								
Suolo Superficial	e				on-site		off	site]	Suolo Profondo					on-site		off	site
Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m ²]	Csat [mg/kg s.s.]	Coutdoor [mgim ³]	Cindoor [mg/m³]	Cfalda [mg/L]	Coutdoor [mg/m ³]	Cfalda [mg/L]		Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m ²]	Csat [mg/kg s.s.]	Coutdoor [mg/m ³]	Cindoor [mgim ³]	Cfalda [mg/L]	Coutdoor [mg/m ³]	Cfalda [mg/L]
Benzene	5.00E+00		2.78E+03	8.98E-05	3.21E-02	2.28E-01	NA	NA		Stirene	5.00E+00		1.41E+03	2.82E-04	1.54E-02	2.35E-01	NA	NA
Etibenzene	2.00E+00		7.72E+02	3.59E-05	1.28E-02	3.11E-02	NA	NA		Toluene	3.00E+00		1.28E+03	2.16E-04	4.56E-02	2.62E-01	NA	NA
Stirene	3.00E+00		1.41E+03	5.39E-05	9.78E-03	4.69E-02	NA	NA		Xileni	1.20E+01		4.16E+02	8.63E-04	9.67E-02	6.52E-01	NA	NA
Toluene	4.00E+00		1.28E+03	7.19E-05	2.57E-02	1.16E-01	NA	NA		Cloruro di vinile	1.50E+01		3.92E+03	1.08E-03	3.85E-01	7.17E+00	NA	NA
Xileni	5.50E+00		4.16E+02	9.88E-05	3.53E-02	9.95E-02	NA	NA		Diclorometano	6.00E+00		3.86E+03	4.31E-04	1.54E-01	4.30E+00	NA	NA
Cloruro di vinile	1.20E+00		3.92E+03	2.16E-05	7.70E-03	1.91E-01	NA.	NA		Tetracloroetilene (PCE)	7.00E+00		2.30E+02	5.03E-04	1.80E-01	1.34E+00	NA	NA
Diclorometano	1.10E+00		3.86E+03	1.98E-05	7.06E-03	2.63E-01	NA.	NA										
Tetracioroetilene (PCE)	5.00E-01		2.30E+02	8.98E-06	3.21E-03	3.18E-02	NA	NA										

Figura 28. Concentrazioni al punto di esposizione.

Comandi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

CALCOLO RISCHIO

Nel caso di applicazione dell'Analisi di Rischio in modalità "Forward" (Calcolo Rischio), dal pulsante "Rischio" riportato nella finestra di dialogo "Output" della schermata principale si accede alla Userform riportata in Figura 29. Da qui è possibile visualizzare i rischi (individuali e cumulativi) calcolati per ciascuna matrice (Suolo Superficiale, Suolo Profondo e Falda) e il riepilogo dei diversi output (intermedi e finali).



Rischio
Suolo Superficiale
Calcola Rischio
Riepilogo Output
Suolo Profondo
Calcola Rischio
Riepilogo Output
Falda
Calcola Rischio
Riepilogo Output
NAPL
Screening NAPL (Cres)
Continua

Figura 29. Userform Calcolo del Rischio.

Calcolo del Rischio. Dalla Userform precedente, cliccando su uno dei pulsanti "Calcolo Rischio" si accede alla schermata riportata in Figura 30 da cui è possibile visualizzare il rischio e l'indice di pericolo calcolati per la matrice selezionata. Nella seconda colonna della tabella vengono riportate le Concentrazioni Rappresentative alla sorgente (CRS) definite dall'utente. I rischi (R) e gli indici di pericolo (HI) riportati in questa tabella sono individuati calcolando il rischio e l'indice di pericolo per ciascuna via di esposizione (vedi valori nelle tabelle riportate a destra della schermata) e scegliendo il valore più conservativo (ovvero il valore maggiore) tra i rischi derivanti da esposizione in ambienti confinati (indoor), da esposizione in ambienti aperti (outdoor) e da ingestione di acqua (se viene attivata questa opzione, vedi paragrafo "Definizione dei Recettori" pag. 37). Nel caso sia stato imposto il rispetto delle CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) delle acque sotterranee al punto di conformità (POC)⁷ viene inoltre riportato il rischio della risorsa idrica calcolato come rapporto tra la concentrazione al punto di esposizione e la CSC di riferimento per le acque sotterranee. Per maggiori dettagli riguardo le equazioni e i criteri di cumulo si rimanda all'Appendice 1. Per tener conto della presenza di più sostanze vengono riportati in fondo alla tabella i rischi cumulativi (ovvero la somma dei rischi di ciascun composto). Tale somma deve essere inferiore al rischio ed all'indice di pericolo cumulativo accettabile (ad es. R=10⁻⁵ e HI=1).



⁷ Per maggiori dettagli si rimanda a quanto descritto nel paragrafo "Definizione dei Recettori".

Nel caso in cui siano stati inseriti degli Idrocarburi con classificazione MADEP o TPH WG, nella stessa schermata vengono riportati i rischi cumulati per la risorsa idrica relativamente al parametro "Idrocarburi Totali". Se tale condizione non risultasse soddisfatta i valori vengono evidenziati in arancione. Se si vuole determinare la concentrazione massima ammissibile in sorgente è possibile applicare un fattore correttivo (quarta colonna della tabella) che riduce la CRS fino a che il rischio e l'indice di pericolo individuale e cumulativo non rispettano i limiti accettabili.

Comandi				Sito		ID:	Risk-net	t				
Continua	Legenda	HELP	Stampa				Disables Su	ele Cuperficiel				
				Comp. da:		Data:	Rischio. Su	olo superiiciai	e			
			Ricalcola con Fattore di Correzione									
Contaminanti	CRS [mg/kg s.s.]	CRS soil-gas [mg/m³]	Fatt. di Correzione (f) [adim]	CRS ridotta suolo [mg/kg s.s.]	CRS ridotta soil-gas [mg/m³]	Rischio Cancerogeno (R)	Indice di Pericolo (HI)	Rischio risorsa idrica (RGW)	CSC Residenziale [mg/kg s.s.]	CSC Industriale [mg/kg s.s.]	Csat [mg/kg s.s.]	C.A.S. Number
Benzene	5.00E+00			5.00E+00		1.70E-04	4.02E+00	2.28E+02	1.00E-01	2.00E+00	2.78E+03	71-43-2
Etilbenzene	2.00E+00			2.00E+00		2.17E-05	4.82E-02	6.21E-01	5.00E-01	5.00E+01	7.72E+02	100-41-4
Stirene	3.00E+00			3.00E+00		-	3.67E-02	1.88E+00	5.00E-01	5.00E+01	1.41E+03	100-42-5
Toluene	4.00E+00			4.00E+00		-	1.93E-02	7.76E+00	5.00E-01	5.00E+01	1.28E+03	108-88-3
Xileni	5.50E+00			5.50E+00		-	1.33E+00	NA	5.00E-01	5.00E+01	4.16E+02	1330-20-7
Cloruro di vinile	1.20E+00			1.20E+00		3.39E-05	2.89E-01	3.83E+02	1.00E-02	1.00E-01	3.92E+03	75-01-4
Diclorometano	1.10E+00			1.10E+00		9.33E-06	4.46E-02	NA	1.00E-01	5.00E+00	3.86E+03	75-09-2
Tetracloroetilene (PCE)	5.00E-01			5.00E-01		5.65E-07	3.02E-01	2.89E+01	5.00E-01	2.00E+01	2.30E+02	127-18-4
Alifatici C5-C6 (n-esano > 53%	i) 1.20E+01			1.20E+01			4.33E-01	1.96E-01	1.00E+01	2.50E+02	1.24E+03	
Alifatici C >10-12	1.50E+01			1.50E+01			5.93E-01	9.55E-04	1.00E+01	2.50E+02	1.69E+02	
Alifatici >C16-21	1.40E+01			1.40E+01			1.15E-04	7.13E-07	5.00E+01	7.50E+02	5.97E+00	
Aromatici C >8-10	2.30E+01			2.30E+01			1.69E+00	3.67E-01	1.00E+01	2.50E+02	1.40E+03	
Aromatici C >16-21	2.00E+00			2.00E+00			1.09E-03	2.57E-03	5.00E+01	7.50E+02	8.85E+01	
Alifatici C5-C8	1.30E+01			1.30E+01			1.57E+00	8.59E-02	1.00E+01	2.50E+02	3.38E+02	
Alifatici C9-C18	1.40E+01			1.40E+01			3.48E-01	4.17E-04	1.00E+01	2.50E+02	6.81E+01	
Alifatici C19-C36	1.10E+01			1.10E+01			9.00E-05	5.60E-07	5.00E+01	7.50E+02	5.97E+00	
Aromatici C9-C10	5.00E+00			5.00E+00		-	9.00E-01	5.66E-02	1.00E+01	2.50E+02	9.13E+02	
Aromatici C11-C22	2.00E+00			2.00E+00			1.00E-02	8.10E-03	1.00E+01	2.50E+02	2.90E+02	
					On-site Outdoor Indoor Off-site Outdoor	R tot 4.27E-06 2.35E-04 R tot	HI tot 1.06E-01 1.16E+01 HI tot					
					On-site TPH WG MADEP Off-site TPH WG MADEP	R gw 5.66E-01 1.51E-01 R gw]					

Figura 30. Calcolo del Rischio.

In Tabella 7 vengono descritte le diverse parole chiave e simboli inerenti il calcolo del Rischio.

Tabella 6. Descrizione delle	parole chiave e dei simboli	i inerenti il calcolo del rischio
------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------

SIMBOLO	SIGNIFICATO
CSC	Concentrazione Soglia di Contaminazione
CRS	Concentrazione rappresentativa alla Sorgente
f	Fattore di correzione
R	Rischio Cancerogeno
HI	Indice di Pericolo (Non Cancerogeno)
NA	Non Applicabile (ad es. via di esposizione non attiva)
R GW>	Rischio per la risorsa idrica

Comandi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

Legenda. Visualizza il significato dei diversi simboli utilizzati.

Ricalcola con Fattore di Correzione. Riduce le CRS e ricalcola i rischi e indici di pericolo associati.

Riepilogo Output. Una volta effettuato il calcolo del rischio e dell'indice di pericolo per le diverse matrici contaminate, da uno dei pulsanti "Riepilogo output" della Userform riportata in Figura 29 l'utente può accedere alla schermata di riepilogo dei risultati ottenuti (Figura 31).

In tale schermata sono riportate, per ciascun contaminante (selezionabile dal menù a tendina in alto a sinistra), il rischio ed indice di pericolo calcolati per ciascuna via di esposizione. Nella parte inferiore vengono riportati i fattori di trasporto utilizzati per calcolare i risultati sopra riportati e le vie di esposizione attive.



Figura 31. Riepilogo output Analisi di Rischio in modalità diretta (Calcolo del Rischio).

Comandi



Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

Legenda. Visualizza il significato dei diversi simboli utilizzati.

Valori di screening prodotto libero. Per la descrizione di tale verifica si rimanda a quanto descritto nel paragrafo "Calcolo Obiettivi di Bonifica (CSR)" (pag. 56).

CALCOLO OBIETTIVI DI BONIFICA (CSR)

Nel caso di applicazione dell'Analisi di Rischio in modalità "Backward" (Calcolo Obiettivi di Bonifica), dal pulsante "CSR" riportato nella finestra di dialogo "Output" della schermata principale si accede alla Userform riportata in Figura 32. Da qui è possibile visualizzare gli obiettivi di bonifica (Concentrazioni soglia di Rischio, CSR) calcolati per ciascuna matrice (Suolo Superficiale, Suolo Profondo e Falda) e il riepilogo dei diversi output (intermedi e finali).

Suolo Superficiale Calcola CSR Riepilogo Output Suolo Profondo Calcola CSR Riepilogo Output Falda Calcola CSR Riepilogo Output Idrocarburi Calcola CSR Idrocarburi NAPL Screening NAPL (Cres)	CSR	X	
Calcola CSR Riepilogo Output Suolo Profondo Calcola CSR Riepilogo Output Falda Calcola CSR Riepilogo Output Idrocarburi Calcola CSR Idrocarburi NAPL Screening NAPL (Cres)		Suolo Superficiale	
Riepilogo Output Suolo Profondo Calcola CSR Riepilogo Output Falda Calcola CSR Riepilogo Output Idrocarburi Calcola CSR Idrocarburi NAPL Screening NAPL (Cres)		Calcola CSR	
Suolo Profondo Calcola CSR Riepilogo Output Falda Calcola CSR Riepilogo Output Idrocarburi Calcola CSR Idrocarburi NAPL Screening NAPL (Cres)		Riepilogo Output	
Calcola CSR Riepilogo Output Falda Calcola CSR Riepilogo Output Idrocarburi Calcola CSR Idrocarburi NAPL Screening NAPL (Cres)	5	Suolo Profondo	
Riepilogo Output Falda Calcola CSR Riepilogo Output Idrocarburi Calcola CSR Idrocarburi NAPL Screening NAPL (Cres)		Calcola CSR	
Falda Calcola CSR Riepilogo Output Idrocarburi Calcola CSR Idrocarburi NAPL Screening NAPL (Cres)		Riepilogo Output	
Calcola CSR Riepilogo Output Idrocarburi Calcola CSR Idrocarburi NAPL Screening NAPL (Cres)		Falda	
Riepilogo Output Idrocarburi Calcola CSR Idrocarburi NAPL Screening NAPL (Cres)		Calcola CSR	
Idrocarburi Calcola CSR Idrocarburi NAPL Screening NAPL (Cres)		Riepilogo Output	
Calcola CSR Idrocarburi NAPL Screening NAPL (Cres)	k	drocarburi	
NAPL Screening NAPL (Cres)		Calcola CSR Idrocarburi	
Screening NAPL (Cres)		NAPL	
		Screening NAPL (Cres)	
Continua	Yuumuuud	Continua	

Figura 32. Userform Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR).



Calcolo CSR. Dalla Userform precedente, cliccando su uno dei pulsanti "Calcolo CSR" si accede alla schermata riportata in Figura 33 da cui è possibile visualizzare le Concentrazioni Soglia di Rischio calcolati per la matrice selezionata. In particolare, nella seconda colonna della tabella vengono riportate le Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR individuali) che sono calcolate indipendentemente per ciascun contaminante applicando l'analisi di rischio in modalità indiretta, ovvero stimando le concentrazioni massime che si possono avere nel sito compatibili con i limiti accettabili (ad es. R=10⁻⁶ e HI=1). Come descritto nell' Appendice 2, la CSR individuale viene calcolata selezionando il valore più conservativo (ovvero il valore minore) tra le CSR calcolate per le diverse modalità di esposizione. Per maggiori dettagli riguardo le equazioni e i criteri di cumulo si rimanda all'Appendice.

Comandi				Sito:			Risk-net	:			
Continua	Legenda	HELP	Stampa				CSR Suolo	Superficiale			
				Comp. da:		Data:					
		Ricalcola con Fattor di Correzione	e								
Contaminanti	CSR individuali [mg/kg s.s.]	Fatt. di Correzione (f [adim]	CSR suolo superficiale [mg/kg s.s.]	CSR suolo superficiale [mg/kg T.Q.]	Rischio cancerogeno (R)	Indice di pericolo (HI)	Rischio Risorsa Idrica (RGW)	CSC Residenziali [mg/kg s.s.]	CSC Industriali [mg/kg s.s.]	Csat [mg/kg s.s.]	CRS in sorgente [mg/kg s.s.]
Benzene	2.19E-02		2.19E-02	2.06E-02	7.42E-07	1.76E-02	1.00E+00	1.00E-01	2.00E+00	2.78E+03	5.00E+00
Etilbenzene	9.20E-02		9.20E-02	8.65E-02	1.00E-06	2.22E-03	2.86E-02	5.00E-01	5.00E+01	7.72E+02	2.00E+00
Stirene	1.60E+00		1.60E+00	1.50E+00		1.96E-02	1.00E+00	5.00E-01	5.00E+01	1.41E+03	3.00E+00
Toluene	5.16E-01		5.16E-01	4.85E-01		2.49E-03	1.00E+00	5.00E-01	5.00E+01	1.28E+03	4.00E+00
Xileni	4.15E+00		4.15E+00	3.90E+00		1.00E+00	NA	5.00E-01	5.00E+01	4.16E+02	5.50E+00
Cloruro di vinile	3.14E-03		3.14E-03	2.95E-03	8.85E-08	7.56E-04	1.00E+00	1.00E-02	1.00E-01	3.92E+03	1.20E+00
Diclorometano	1.18E-01		1.18E-01	1.11E-01	1.00E-06	4.78E-03	NA	1.00E-01	5.00E+00	3.86E+03	1.10E+00
Tetracloroetilene (PCE)	1.73E-02		1.73E-02	1.62E-02	1.95E-08	1.05E-02	1.00E+00	5.00E-01	2.00E+01	2.30E+02	5.00E-01
Alifatici C5-C6 (n-esano > 53%)	2.77E+01		2.77E+01	2.60E+01		1.00E+00	4.53E-01	1.00E+01	2.50E+02	1.24E+03	1.20E+01
Alifatici C >10-12	2.53E+01		2.53E+01	2.38E+01		1.00E+00	1.61E-03	1.00E+01	2.50E+02	1.69E+02	1.50E+01
Alifatici >C16-21	1.22E+05		1.22E+05	1.15E+05		1.00E+00	6.23E-03	5.00E+01	7.50E+02	5.97E+00	1.40E+01
Aromatici C >8-10	1.36E+01		1.36E+01	1.28E+01		1.00E+00	2.17E-01	1.00E+01	2.50E+02	1.40E+03	2.30E+01
Aromatici C >16-21	7.79E+02		7.79E+02	7.32E+02		4.25E-01	1.00E+00	5.00E+01	7.50E+02	8.85E+01	2.00E+00
Alifatici C5-C8	8.27E+00		8.27E+00	7.77E+00		1.00E+00	5.46E-02	1.00E+01	2.50E+02	3.38E+02	1.30E+01
Alifatici C9-C18	4.03E+01		4.03E+01	3.78E+01		1.00E+00	1.20E-03	1.00E+01	2.50E+02	6.81E+01	1.40E+01
Alifatici C19-C36	1.22E+05		1.22E+05	1.15E+05		1.00E+00	6.23E-03	5.00E+01	7.50E+02	5.97E+00	1.10E+01
Aromatici C9-C10	5.56E+00		5.56E+00	5.22E+00		1.00E+00	6.29E-02	1.00E+01	2.50E+02	9.13E+02	5.00E+00
Aromatici C11-C22	1.99E+02		1.99E+02	1.87E+02		1.00E+00	8.07E-01	1.00E+01	2.50E+02	2.90E+02	2.00E+00
				On-site Outdoor Indoor	R tot 2.23E-08 2.85E-06	HI tot 2.72E+00 8.06E+00					
				Outdoor			1				
				On-site TPH WG MADEP Off-site TPH WG	R gw 1.68E+00 9.32E-01 R gw 						
				MADEP							

Figura 33. Calcolo degli Obiettivi di bonifica (CSR)

Le CSR individuali non costituiscono però gli obiettivi di bonifica in quanto le concentrazioni calcolate rispettano esclusivamente la condizione di rischio tollerabile per esposizione a singola sostanza. Pertanto le CSR individuali non rispettano necessariamente la condizione di rischio cumulativo tollerabile (ad es. R=10⁻⁵ e HI=1). Per tenere conto degli effetti di cumulazione del rischio è necessario ridurre ulteriormente le concentrazioni delle specie presenti rispetto ai valori definiti dalle CSR individuali fino a garantire il raggiungimento di valori di concentrazioni tali da rispettare la condizione di rischio cumulativo accettabile.

A tal fine in Risk-net vengono calcolati, per ciascuna via di esposizione, i rischi (R) e gli indici di pericolo (HI) associati alle Concentrazioni Soglia di Rischio individuali calcolate⁸. In fondo a questa tabella vengono riportati i rischi cumulativi (ovvero la somma dei rischi di ciascun contaminante). Tale somma deve essere inferiore al rischio ed all'indice di pericolo cumulativo accettabile (ad es. R=10⁻⁵ e HI=1). Nel caso in cui siano stati inseriti degli Idrocarburi con classificazione MADEP o TPH WG, nella stessa schermata vengono riportati i rischi cumulati per la risorsa idrica relativamente al parametro "Idrocarburi Totali". Se tale condizione non risultasse soddisfatta (valori evidenziati in arancione) l'utente deve applicare un fattore correttivo (f, terza colonna della tabella) che riduca la concentrazione soglia di rischio e conseguentemente il rischio associato (premendo il pulsante "Ricalcola con fattore di correzione"). Tale riduzione può essere effettuata proporzionalmente per tutti i contaminanti o intervenendo in maniera ragionata sui singoli contaminanti fino a che il rischio e l'indice di pericolo cumulativo calcolati risultino inferiori al limite accettabile. Le CSR che rispettano i limiti individuali e cumulativi costituiscono gli obiettivi di bonifica sito-specifici della matrice contaminata.

I contaminanti per i quali le CRS in sorgente definite dall'utente risultano superiori alle CSR calcolate vengono evidenziati in arancione.

In Tabella 7 vengono descritte le diverse parole chiave e simboli inerenti il calcolo delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR).

SIMBOLO	SIGNIFICATO
f	Fattore di correzione
R	Rischio Cancerogeno
н	Indice di Pericolo (Non Cancerogeno)
С	Composto Cancerogeno
NC	Composto Non Cancerogeno
> Csat	CSR (teorica) maggiore della saturazione. In questo caso la concentrazione massima (alla saturazione) che può volatilizzare o lisciviare garantisce rischi accettabili e pertanto non esiste un valore soglia di rischio (CSR). Il rischio riportato si riferisce alla saturazione (se attivata l'opzione)
* (ad es. NC*)	CSR (ingestione e contatto dermico) maggiore della saturazione. A differenza del caso precedente si può venire a contatto con il composto anche in fase separata
CSC/LF	Viene imposto il rispetto delle CSC della falda per il percorso di lisciviazione
CSC/LF/f	Viene imposto il rispetto delle CSC della falda per il percorso di lisciviazione tenendo conto del fattore di correzione.

Tabella 7. Descrizione delle parole chiave e dei simboli inerenti il calcolo delle CSR

⁸ Si sottolinea che in assenza di condizioni di saturazione il rischio o l'indice di pericolo calcolati per le CSR individuali della via che risulta più critica sono pari al limite individuale definito accettabile (ad es. $R = 10^{-6}$ e HI = 1).



SIMBOLO	SIGNIFICATO
NA	Non Applicabile (ad es. via di esposizione non attiva)
#	Non Calcolabile. Ad es. composto non volatile o assenza parametri
> 1E+6	Concentrazione teorica > Massima concentrazione possibile. Tale condizione comporta che il contaminante anche se fosse presente puro non comporterebbe comunque rischi per quale percorso di migrazione/esposizione.
>Sol	CSR (teorica) maggiore della solubilità. In questo caso la concentrazione massima (alla saturazione) che può volatilizzare garantisce rischi accettabili e pertanto non esiste un valore soglia di rischio (CSR). Il rischio riportato si riferisce alla saturazione.
CSC	Viene imposto il rispetto delle CSC della falda al confine (POC).
R GW>	Rischio per la risorsa idrica

Comandi schermata CSR

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

Legenda. Visualizza il significato dei diversi simboli utilizzati.

Ricalcola con Fattore di Correzione. Ricalcola le CSR e i rischi ed indici di pericolo associati.

Riepilogo Output. Una volta effettuato il calcolo degli obiettivi di bonifica per le diverse matrici contaminate, da uno dei pulsanti "Riepilogo output" della Userform riportata in Figura 32 l'utente accede alla schermata di riepilogo dei risultati ottenuti (Figura 34).

mandi				Sito:			Risk-net		
Continua	HELP		Stampa	Comp. da: Data:			Riepilogo Output CSR: Suolo Superficiale		
elezione Contaminan	te							Benze C.A.S	ne . 71-43-2
lo Superficiale			3				Limiti Tabellari		
Concentrazion	i Soglia di Riscl	hio	CSR Individuale (mg/kg s.s.) 1.01E-02	CSR Cumulativa (mg/kg s.s.) 1.01E-02	CSR Cumulativa (mg/kg T.Q.) 9.45E-03		CSC Suolo - Residenziale CSC Suolo - Industriale CSC - Acque	1.00E-01 2.00E+00 1.00E-03	mg/kg s.s. mg/kg s.s. mg/L
Rischio e Indice di Pericolo (CSR) 3.41E-07			Rischio 3.41E-07	Indice di Pericolo 8.11E-03	R risorsa idrica 1.00E+00		Proprietà Contaminante Csat Solubilità	1.25E+03	mg/kg s.s.
15 10	15.09	15.06	CSR Individuali [mg/kg T.Q.]	15.02 15:0	0 15:02		Costante di Henry	2.28E-01	
	12-00	12-00	12-04	12-02 12+0			Fattori di Trasporto	9.94 = 02	(mall.)/(malka)
Indestione di Suolo							VEcc	1 80E 05	(mg/m²)/(mg/kg)
Contatto Dermico							VEcclosp	6 40E 02	(mg/m²)/(mg/kg)
Vapori Outdoor							vrss,esp prr	0.42E-03	(mg/m ²)/(mg/kg)
Polveri Outdoor							PEFin	0.30E-12	(mg/m ⁻)/(mg/kg)
Cumulativo Outdoor		1						0.90E-12	(mg/m ⁺)/(mg/kg)
Vapori Indoor							DAF	NA	(mg/L)/(mg/L)
Cumulativo Indoor							ADF	NA	(mg/m²)/(mg/m²)
Lisciviazione							Ds eff	6.98E-03	cm²/sec
Off-Site							Dw eff	2.71E-04	cm²/sec
Vapori Outdoor							Dcap eff	1.76E-05	cm²/sec
Polveri Outdoor							Dcrack eff	6.87E-03	cm²/sec
1.							a outdoor	4.00E-04	(mg/m ³)/(mg/m ³)
Lisciviazione									

Figura 34. Riepilogo Output, applicazione Analisi di Rischio "Backward"

In tale schermata sono riportate, per ciascun contaminante (selezionabile dal menù a tendina in alto a sinistra), le CSR calcolate per ciascuna via di esposizione. Nella parte inferiore vengono riportati i fattori di trasporto utilizzati per calcolare i risultati sopra riportati e le vie di esposizione attive.

Comandi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

Legenda. Visualizza il significato dei diversi simboli utilizzati.

Calcolo CSR Idrocarburi. Se nel caso in esame sono stati inseriti degli Idrocarburi utilizzando la classificazione MADEP o TPH WG entrando in tale schermata è possibile calcolare le CSR per la classe "Idrocarburi C>12" e "Idrocarburi C<12" nei suoli, e per la classe "Idrocarburi totali" nelle acque sotterranee.

In particolare, il calcolo delle CSR relative ai parametri normativi viene effettuato



utilizzando il metodo della "frazione critica" riportato nell'Appendice V delle linee guida APAT-ISPRA (2008), ovvero selezionando la classe MADEP o TPH WG che genera il rischio maggiore con riferimento alla reale presenza di tale classe nella miscela riscontrata in sito. A tal fine, sulla base delle concentrazioni definite dall'utente, il software calcola la frazione di ciascuna sotto-classe (ad es. Alifatici C5-C6, Alifatici C6-C8...) presente nelle macro classi Idrocarburi C<12, Idrocarburi C>12 e Idrocarburi Totali. Tale frazione viene quindi applicata alle CSR calcolate per ciascuna sottoclasse e viene quindi individuata la frazione che restituisce la CSR più bassa (che quindi genera il rischio maggiore con riferimento alla reale presenza di tale classe nella miscela). Per quanto riguarda la classificazione MADEP, si sottolinea che in questa versione del software le classi miste (Alifatici C9-C18 e Aromatici C11-C22) vengono conteggiate sia nei C<12 che nei C>12. Per maggiori dettagli riguardo le equazioni utilizzate si rimanda a quanto contenuto negli allegati del manuale.

0									
Comanui				ID:	Risk-net				
CSR	HELP	Stampa	Come des	Deter	Calcolo CSR idr	ocarburi			
			Comp. da.	Dala.					
Seleziona Matrice		Suolo Supe	erficiale 💌					Suol	o Superficiale
			-						
			Ca	alcolo CSR per sp	eciazione IPH	WG			
CI 10 1 TOUR	10		- · · ·	- · ·		660	000/// // >		
Classificazione TPH v	NG	CRS (mg/kg s.s.)	Frazioni	Frazioni	Frazioni	CSR	0.10	CSR/T (mg/kg s.s)	
			f C<12	t C>12	f totali	(mg/kg s.s.)	C<12	C>12	HC tot
Alifatici C5-C6		1.20E+01	2.40E-01		1.82E-01	2.77E+01	1.15E+02		1.52E+02
Alifatici >C6-C8		non inseriti				NA			
Alifatici C >8-10		non inseriti				NA			
Alifatici C >10-12		1.50E+01	3.00E-01		2.27E-01	2.53E+01	8.43E+01		1.11E+02
Alifatici C >12-16		non inseriti				NA			
Alifatici >C16-21		1.40E+01		8.75E-01	2.12E-01	1.22E+05		1.40E+05	5.76E+05
Alifatici >C21-C35		non inseriti				NA			
Aromatici C > 7-8		non inseriti				NA			
Aromatici C >8-10		2.30E+01	4.60E-01		3.48E-01	1.36E+01	2.95E+01		3.90E+01
Aromatici C >10-12		non inseriti				NA			
Aromatici C >12-16		non inseriti				NA			
Aromatici C >16-21		2.00E+00		1.25E-01	3.03E-02	7.79E+02		6.24E+03	2.57E+04
Aromatici C >21-35		non inseriti				NA			
Classi		CRS (mg/kg s.s.)	1			Idrocarburi	C<12	C>12	HC tot
Idrocarburi C<12		5.00E+01	1			CSR (mg/kg s.s.)	3.0E+01	6.2E+03	3.9E+01
Idrocarburi C>12		1.60E+01	1			Classe critica	Aromatici C >8-10	Aromatici C >16-21	Aromatici C >8-10
Idrocarburi totali		6.60E+01							
			1						
			C	alcolo CSR per si	neciazione MAC	EP			
					Seciazione mal				
Classificazione MADE	:p		Frazioni	Frazioni	Frazioni	CSR		CSR/f (mg/kg s.s)	
		CRS (mg/kg s.s.)	f C<12	f C>12	f totali	(mg/kg s.s.)	C<12	C>12	HC tot
Alifatici C5-C8		1.30E+01	3.25E-01		2.89E-01	8.27E+00	2.54E+01		2.86E+01
Aromatici C9 - C10		1.40E+01	3.50E-01		3 11E-01	4.03E+01	1 15E+02		129E+02
Alifatici C9 - C18		1.10E+01	2.75E-01	6.11E-01	2.44E-01	1.22E+05	4.44E+05	2.00E+05	5.00E+05
Alifatici C19 - C36		5.00E+00		2 78E-01	1 11E-01	5.56E+00		2 00E+01	5.00E+01
Aromatici C11 - C22		2.00E+00	5.00E-02	1.11E-01	4 44E-02	1.99E+02	3.99E+03	179E+03	4.48E+03
		2.002.00	0.000 02	1.116.01	7.776.92	1000.02	0.002.00	1.100.00	4.402.00
Classi		CPS (ma/ka e e)	1			Idrocarburi	C<12	(>12	HC tot
Idrocarburi C-12		4 0E+01				CSR (mg/kg c c)	2 5E+01	2 0E+01	2.9E+01
Idrocarburi C<12		4.02+01	Nella speciazione MADE	P In maniera cautelativa		Classo oritica	Alifatici C5 C2	Alifatioi C49, C26	Alifetici C5 C9
idrocarburi C>12		1.0E+U1	conteggiate sia pei	C<12 che nei C>12		Classe critica	Aniauci CO-C8	Amatici C19 - C36	Amator Co-Co
Idrocarburi totali		4.5E+01		0.12 0.0 0.0 0712					

Figura 35. Calcolo CSR Idrocarburi.

Comandi CSR Idrocarburi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.



Valori di screening prodotto libero. Con Risk-net è possibile effettuare delle valutazioni sulla mobilità del prodotto libero in zona insatura e satura (Figura 36). Si accede a tale schermata dal pulsante di comando "Screening NAPL (Cres)" della Userform riportata in Figura 32. Per ciascun contaminante indicatore vengono calcolati dei valori di screening, secondo quanto previsto dallo standard ASTM E2081-00, che permettono di stimare la concentrazione residua del suolo per i contaminanti liquidi (per maggiori dettagli si rimanda a quanto descritto nell'Appendice 4). Nel caso in cui il contaminante sia liquido a temperatura ambiente, lo standard ASTM E2081 infatti assume che la fase separata che si forma al di sopra della C_{sat} , risulti immobile fino al raggiungimento della capacità di assorbimento meccanica del suolo (saturazione residua), oltre la quale può aver luogo la percolazione diretta come prodotto libero.

In Risk-net è stato implementato il modello proposto nello standard ASTM E2081-00 che permette di stimare le concentrazioni di screening per la zona satura ed insatura, oltre le quali è atteso che la fase separata presente diventi mobile. Tale verifica risulta particolarmente utile soprattutto per quei contaminanti in cui il calcolo degli obiettivi di bonifica ha messo in evidenza il raggiungimento delle condizioni di saturazione (Csat). In particolare in questa schermata viene riportato, per ciascun contaminante, lo stato a cui si trova a temperatura ambiente (L = Liquido, S = Solido e G = Gassoso) la Concentrazione di Saturazione (C_{sat}), la densità, la tipologia di prodotto libero (LNAPL, Light Non-Aqueous Phase Liquid e DNAPL, Dense Non-Aqueous Phase Liquid) e la concentrazione di screening di mobilità del prodotto libero (solo per i contaminanti liquidi). In Risk-net la capacità residua del suolo è impostata di default, in accordo con quanto riportato nello standard ASTM E2081-00, in via cautelativa pari a $S_r = 0.04$ cm³_{NAPL}/cm³_{vuoti}. Si sottolinea che per i contaminanti solidi tale verifica non viene effettuata (ma questo non esclude che a concentrazioni superiori alla Csat ci sia trasporto dei contaminanti in via solida/colloidale).

Comandi									Risk-net				
Continua	Idrocarburi		HELP	Sta	ampa				Screening NAPL				
Capacità Residua Suo Capacità Residua Su	olo Insaturo (-) uolo Saturo (-)	0.04 0.04	Ricalc	ola		Unplac	Cres						
uolo Superficiale													
Contaminanti	C.A.S. Number	Stato	Csat [mg/kg]	Densità [kg/L]	NAPL	Screening Mobilità NAPL (Cres) [mg/kg s.s.]		Valori t	ipici di saturazione re	sidua (Appendic	e V, ISPRA 2	009)	
Benzene	71-43-2	1	2.78E+03	0.88	LNAPL	1.01E+04			Saturazione Basidua (malka)				
Etilbenzene	100-41-4	1	7.72E+02	0.86	LNAPL	7.94E+03		Composti idrocarburici		Saturazione Re	siuua (iliy/ny)		
Stirene	100-42-5		1.41E+03	0.90	LNAPL	8.90E+03							
Toluene	108-88-3	- I -	1.28E+03	0.86	LNAPL	8.44E+03			Ghiaia	Ghiaia e Sabbia	Sabbia	Limi e Argille	
Xileni	1330-20-7		4.16E+02			NA			grossolana	grossolana			
Cloruro di vinile	75-01-4	g	3.92E+03	0.91		NA							
Diclorometano	75-09-2		3.86E+03	1.33	DNAPL	1.49E+04		GRO	1 000	1 700	3 400	10 000	
Tetracloroetilene (PCE)	127-18-4		2.30E+02	1.62	DNAPL	1.37E+04		DRO	2 000	3 900	7 700	22,800	
Alifatici C5-C6 (n-esano	> 53%)		1.24E+03			NA		5110	2 000	0.000		22.000	
Alifatici C >10-12			1.69E+02			NA		HO	2 000	3 900	7 700	22 800	
Alitatici >C16-21			5.97E+00			NA		MO	5 000	8 700	17 400	51 400	
Aromatici C >8-10			1.40E+03			NA		Ideocorburi C < 10	1.000	1 700	2 400	10.000	
Aromatici C >16-21		_	8.85E+01			NA		iurocarodh C S 12	1000	1700	3 400	10 000	
Alialici Co-Co			5.30E+02			NA		Idrocarburi C > 12	2 000	3 900	7 700	22 800	
Aliatici C19-C18		-	6.01E+01			NA							
Amatici C 19-C36			5.97E+00			NA		TPH = Total Petroleum	Hydrocarbons; DRO = Dies	el range organics; Gl	RO = Gasoline r	ange organics;	
Monauci 03-010		_	2.00E+02			NA		HO = Heaw oil range o	manics: MO = Mineral oil				
Aromatici C11 C22			2.30C+U2			INA		rice ricery of range o	gamos, mo miniciaron.				

Figura 36. Calcolo valori di screening per la mobilità del prodotto libero.

Si sottolinea infine che con NA vengono indicati i contaminanti per i quali nella banca dati non è definito lo stato fisico o la densità specifica del contaminante.

Comandi

Continua. Ritorna alla schermata principale.

Help. Si accede al manuale nella sezione di riferimento.

Stampa. Permette di stampare la schermata su cui si sta lavorando.

Idrocarburi. Visualizza i valori tipici della concentrazione residua per le classi idrocarburiche.

Ricalcola. Ricalcola i valori di screening in funzione della capacità residua definita dall' utente.

CONFRONTO CONCENTRAZIONI

Nel caso di applicazione dell'Analisi di Rischio in modalità diretta (Calcolo Rischio), dal pulsante "Confronto Concentrazioni" riportato nella finestra di dialogo "Output" della schermata principale si accede alla schermata riportata in Figura 29.



Figura 37. Confronto concentrazioni, applicazione Analisi di Rischio "Backward"



Qui l'utente deve selezionare dai due menù a tendina riportati nella schermata la matrice (Suolo Superficiale, Suolo Profondo o Falda) e il contaminante di interesse (tra quelli inseriti nelle fasi precedenti per il calcolo del rischio e/o delle CSR). Sulla base della selezione effettuata vengono riportati in funzione delle concentrazioni totali definite dall'utente, la concentrazione attesa nelle diverse matrici (soil gas, eluato, aria outdoor, aria indoor...) e il corrispettivo valore limite che garantisce il rispetto dei rischi accettabili nei diversi comparti (aria indoor, aria outdoor, flux chambers, soil-gas, eluato...) calcolato in funzione delle CSR individuate per le diverse sorgenti (Suolo Superficiale, Suolo Profondo e Falda). In tale schermata viene inoltre fornita un'indicazione sulla distribuzione in peso del contaminante nelle diverse fasi del suolo. Si sottolinea che le caselle in cui compare il simbolo "NA" indicano le vie di esposizione/migrazione non attive o i casi in cui le CSR calcolate in sorgente (suolo superficiale, suolo profondo e falda) sono risultate superiori alla concentrazione di saturazione (qualora tale opzione sia stata attivata nella schermata delle opzioni di calcolo descritta a pag. 22). In quest'ultimo caso per visualizzare i valori limiti nei diversi comparti è sufficiente disattivare nella schermata delle opzioni di calcolo la voce "Considera Csat per calcolo del Rischio e delle CSR". In questo contesto va inoltre considerato che le concentrazioni limite calcolate in aria e nel soil-gas ipotizzano una sorgente di emissione infinita e pertanto nel caso in cui dall'analisi di rischio dei suoli emergessero delle condizioni per cui ci si aspetta un esaurimento della sorgente nel periodo di esposizione, le concentrazioni limite nel soil-gas e in aria potrebbero risultare particolarmente cautelative.

DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

I principali documenti di riferimento per lo sviluppo di questo software sono stati:

Equazioni, Modello Concettuale, Criteri di Calcolo, Valori di Default

- ✓ APAT-ISPRA (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.

Normative

- ✓ 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.
- ✓ D.M. 471/99 (1999), Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'art.17 del D.Lgs. 5 febbraio 1997 n.22 e successive modificazioni e integrazioni.

Proprietà Chimico-Fisiche e Tossicologiche

- ✓ ISS-INAIL (2015), Banca dati ISS/ISNAIL "Banca Dati ISS-INAIL per Analisi di Rischio Sanitario Ambientale".
- ✓ Texas Commission on Environmental Quality (2009), TRRP Protective Concentration Levels. www.tceq.state.tx.us/remediation/trrp/trrppcls.html



Nomenclatura

SIMBOLO	DESCRIZIONE	UNITÀ DI MISURA
Ab	Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione	cm ²
ABS	Fattore di assorbimento dermico	-
ADF	Fattore di dispersione atmosferica	-
ADAF	Fattore di aggiustamento dei parametri tossicologici	-
AF	Fattore di aderenza dermica	(mg/(cm ² giorno)
AT	Tempo medio di esposizione	anni
Bi	Inalazione indoor	m ³ /ora
Bo	Inalazione outdoor	m³/ora
BW	Peso corporeo	kg
Cfalda	Concentrazione al punto di esposizione in falda	mg/L
Cindoor	Concentrazione al punto di esposizione - ambiente indoor	mg/m³
Coutdoor	Concentrazione al punto di esposizione - ambiente outdoor	mg/m³
CRS	Concetrazione Rappresentativa alla sorgente	mg/kg o mg/L
CRS soil-gas	Concetrazione Rappresentativa alla sorgente nel soil-gas	mg/m ³
Csat	Concentrazione di Saturazione	mg/kg
CSC	Concentrazione Soglia di Contaminazione	mg/kg o mg/L
CSR	Concentrazione Soglia di Rischio	mg/kg o mg/L
CSR _{canc}	CSR sost. cancerogene	mg/kg o mg/L
CSR _{non.canc}	CSR sost. tossiche	mg/kg o mg/L
d	Spessore della sorgente nel suolo superficiale	cm
Da	Coefficiente di diffusione molecolare in aria	cm²/s
da	spessore acquifero	cm
DAF	Fattore di diluizione in falda	-
D _{crack} eff	Coefficiente di diffusione nelle fondazioni	cm²/s

Nomenclatura

SIMBOLO	DESCRIZIONE	UNITÀ DI MISURA
ds	Spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo	cm
D_s^{eff}	Coefficiente di diffusione nella zona insatura	cm²/s
D_w	Coefficiente di diffusione molecolare in acqua	cm ² /s
D_w^{eff}	Coefficiente di diffusione globale dalla falda	cm²/s
ED	Durata di esposizione	anni
EF	Frequenza di esposizione	giorni/anno
EF_{gi}	Frequenza giornaliera indoor	ore/giorno
EF_{go}	Frequenza giornaliera outdoor	ore/giorno
EM _{ConD}	Fattore di contatto dermico	mg/kg/giorno
EMInal	Fattore di inalazione indoor	m ³ /kg/giorno
EMInaO	Fattore di inalazione outdoor	m ³ /kg/giorno
EMIngW	Fattore di ingestione acqua	L/kg/giorno
ER	Tasso di ricambio aria indoor	1/s
Fi	Frazione di polveri indoor	-
FI	Frazione di suolo ingerita	-
f _{oc}	Frazione di carbonio organico	-
Н	Costante adim. di Henry	-
h _{cap}	Spessore frangia capillare	cm
HI	Indice di Pericolo sostanze non cancerogene	-
h _v	Spessore zona insatura	cm
i	Gradiente idraulico	-
l _{eff}	Infiltrazione efficace	cm/s
IR	Tasso di ingestione di suolo	mg/giorno
IR _w	Tasso di ingestione di acqua	L/giorno
Ks	Coefficiente di ripartizione soluto – fase adsorbita	(mg/kg)/(mg/L)
K _{sat}	Conducibilità Idraulica	cm/s

SIMBOLO	DESCRIZIONE	UNITÀ DI MISURA
<i>k</i> _v	Permeabilità del suolo al flusso di vapore	cm ²
L _b	Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione	cm
L _{crack}	Spessore fondazioni	cm
LDF	Fattore di diluizione in falda	-
LF _{sp}	Fattore di Lisciviazione in falda da suolo profondo	(mg/L)/(mg/kg)
LF _{ss}	Fattore di Lisciviazione in falda da suolo superficiale	(mg/L)/(mg/kg)
L _{gw}	Soggiacenza della falda rispetto al p.c.	cm
L _{s (SP)}	Profondità del top della sorgente nel suolo profondo	cm
L _{s (SS)}	Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale	cm
Р	Tasso di piovosità	cm/anno
Pe	Portata di particolato per unità di superficie	g/cm²/s
PEF	Fattore di emissione di particolato outdoor	
PEFin	Fattore di emissione di particolato indoor	(mg/m³)/(mg/kg)
POC	Distanza punto di conformità	cm
Qs	Flusso di vapore entrante nell'edificio	cm ³ /s
Rit	Fattore di Ritardo	-
R	Rischio sostanze cancerogene	-
RfD	Parametro tossicologico sost. non Cancerogene	mg/kg/giorno
RfD _{Ina}	Reference dose - inalazione	mg/kg/giorno
RfD _{Ing}	Reference dose - ingestione	mg/kg/giorno
S	Solubilità	mg/L
SA	Superficie di pelle esposta	cm ²
SF	Parametro tossicologico sost. Cancerogene	[mg/kg/giorno] ⁻¹
SFIna	Slope factor - inalazione	[mg/kg/giorno] ⁻¹
SFIng	Slope factor - ingestione	[mg/kg/giorno] ⁻¹

SIMBOLO	DESCRIZIONE	UNITÀ DI MISURA
Sr	Frazione residua dei pori zona insatura	-
S _{r,sat}	Frazione residua dei pori zona satura	-
Sw	Estensione della sorgente nella direzione ortogonale al vento	cm
THQ	Indice di Pericolo Accettabile	-
TR	Rischio accettabile	-
U	umidità campione	-
U _{air}	Velocità del vento	cm/s
Ve	Velocità effettiva della falda	cm/s
VF _{samb}	Fattore di volatilizzazione outdoor da suolo profondo	(mg/m³)/(mg/kg)
VF _{sesp}	Fattore di volatilizzazione indoor da suolo profondo	(mg/m³)/(mg/kg)
VF _{ss}	Fattore di volatilizzazione outdoor da suolo superficiale	(mg/m³)/(mg/kg)
VF _{ss,esp}	Fattore di volatilizzazione indoor da suolo superficiale	(mg/m³)/(mg/kg)
VF _{wamb}	Fattore di volatilizzazione outdoor dalla falda	(mg/m ³)/(mg/L)
VF _{wesp}	Fattore di volatilizzazione indoor dalla falda	(mg/m ³)/(mg/L)
Vgw	Velocità di Darcy	cm/s
W	Estensione della sorgente nella direzione del flusso di falda	cm
W'	Estensione della sorgente nella direzione del vento	cm
X	Distanza longitudinale	cm
Xcrack	Perimetro delle fondazioni	cm
У	Posizione trasversale	cm
Ζ	Posizione verticale	cm
Zcrack	Profondità fondazioni da p.c.	cm
C _{samb}	Fattore di volatilizzazione outdoor da soil-gas suolo profondo	(mg/m ³)/(mg/m ³)
asesp	Fattore di volatilizzazione indoor da soil-gas suolo profondo	(mg/m ³)/(mg/m ³)
a ss,esp	Fattore di volatilizzazione indoor da soil-gas suolo superficiale	(mg/m ³)/(mg/m ³)
$lpha_{wamb}$	Fattore di volatilizzazione outdoor da soil-gas falda	(mg/m ³)/(mg/m ³)

SIMBOLO	DESCRIZIONE	UNITÀ DI MISURA
awesp	Fattore di volatilizzazione indoor da soil-gas falda	(mg/m ³)/(mg/m ³)
ass	Fattore di volatilizzazione outdoor da soil-gas suolo superficiale	(mg/m ³)/(mg/m ³)
ax	Dispersività longitudinale	cm
α_y	Dispersività trasversale	cm
α _z	Dispersività verticale	cm
β	Fattore di correlazione empirico tra sorgente e soil-gas	
δ_{air}	Altezza della zona di miscelazione in aria	cm
δ_{gw}	Spessore della zona di miscelazione in falda	cm
Δρ	Differenza di pressione tra indoor e outdoor	g/cm²/s
η	Frazione areale di fratture indoor	-
$\eta_{outdoor}$	Frazione areale di fratture outdoor	-
θ_a	Contenuto volumetrico di aria nella zona insatura	-
$ heta_{acap}$	Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare	-
$ heta_{acrack}$	Contenuto volumetrico di aria nelle fondazioni	-
$ heta_e$	Porosità effettiva zona insatura	-
$oldsymbol{ heta}_{e,cap}$	Porosità effettiva zona capillare	
$ heta_{e,crack}$	Porosità effettiva fondazioni	
$\theta_{e,sat}$	Porosità effettiva zona satura	-
θ_w	Contenuto volumetrico di acqua nella zona insaturo	-
$oldsymbol{ heta}_{wcap}$	Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare	-
$ heta_{wcrack}$	Contenuto volumetrico di acqua nelle fondazioni	-
λ	Costante di biodegradazione del primo ordine	1/s
µ air	Viscosità del vapore	g/cm/s
ρο	Densità del contaminante	g/cm ³
ρs	Densità del suolo	g/cm ³

Nomenclatura

SIMBOLO	DESCRIZIONE	UNITÀ DI MISURA
σ_y	Coefficiente di dispersione trasversale in aria	cm
σz	Coefficiente di dispersione verticale in aria	cm
T indoor	Tempo medio di durata del flusso di vapore indoor	S
T _{LF}	Tempo di durata media del lisciviato	S
T outdoor	Tempo medio di durata del flusso di vapore outdoor	S

$\label{eq:appendic} APPENDICI - EQUAZIONI E CRITERI DI CALCOLO$


APPENDICE 1. CALCOLO DEL RISCHIO

Rischio Individuale. La stima del rischio per la salute umana, connesso alla esposizione ad un contaminante, viene stimata dalla seguente relazione:

- $R = E \cdot SF$ Rischio per le sostanze cancerogene
- HI = E / RfD Indice di Pericolo per le sostanze non cancerogene

dove E rappresenta l'assunzione cronica giornaliera del contaminante, SF (Slope Factor) rappresenta la probabilità di casi incrementali di tumore e RfD (Reference Dose) rappresenta la stima dell'esposizione media giornaliera a sostanze non cancerogene che non produce effetti avversi apprezzabili sull'organismo umano durante il corso della vita. L'assunzione cronica giornaliera del contaminante (E) può essere stimata come il prodotto tra la concentrazione calcolata in corrispondenza del punto di esposizione C_{poe}, e la portata effettiva di esposizione, EM:

$$E = C_{poe} \cdot EM$$

La concentrazione nel punto di esposizione, C_{poe}, si può calcolare attraverso la seguente relazione:

$$C_{poe} = FT \cdot CRS$$

dove CRS rappresenta la concentrazione in sorgente e FT e il fattore di trasporto, che tiene conto dei fenomeni di attenuazione che intervengono durante la migrazione dei contaminanti attraverso i vari comparti ambientali.

Combinando le diverse equazioni si ottiene:

$$R = FT \cdot CRS \cdot EM \cdot SF$$
Rischio per le sostanze cancerogene
$$HI = \frac{FT \cdot CRS \cdot EM}{RfD}$$
Indice di Pericolo per le sostanze non cancerogene

Tale stima deve essere effettuata per le diverse vie di esposizione e migrazione attive nel sito utilizzando i relativi fattori di esposizione e di trasporto (per maggiori dettagli si rimanda alle tabelle riportate di seguito). Le equazioni per il calcolo dei diversi fattori di trasporto (FT) sono riportati Appendice 3. Le equazioni per il calcolo dei diversi fattori di esposizione sono riportati in Appendice 4.

Rischio per più di vie di esposizione. Le equazioni precedentemente descritte permettono di stimare il rischio associato alla singola via di esposizione. Il calcolo del rischio per la salute umana associato al singolo contaminante per la matrice considerata viene stimato cumulando gli effetti (sommando i rischi) dei diversi scenari espositivi (ad es. esposizione outdoor) e successivamente scegliendo il valore più conservativo (ovvero il valore maggiore) tra i diversi scenari. Nella Figura 38, Figura 39 e Figura 40 vengono riportati i criteri di cumulo utilizzati in Risk-net per il calcolo del Rischio individuale associato a più vie attive per il suolo superficiale, suolo profondo e falda.



Figura 38. Criteri di cumulo dei rischi per il suolo superficiale.



Figura 39. Criteri di cumulo dei rischi per il suolo profondo.



Figura 40. Criteri di cumulo dei rischi per la falda.

Rischio Cumulativo. Il calcolo del rischio per la salute umana associato alla presenza di più contaminanti viene effettuato, in accordo con quanto definito nel documento APAT-ISPRA (2008), sommando il rischio (o l'indice di pericolo) di ogni singola specie chimica contaminate:

Rischio totale per le sostanze cancerogene

 $HI_{tot} = \sum_{i=1}^{n} HI_{i}$

 $R_{tot} = \sum_{i=1}^{n} R_i$

Indice di Pericolo totale per le sostanze non cancerogene

Il rischio e l'indice di pericolo totale vengono poi confrontati con i criteri di accettabilità individuali e cumulativi, per decidere se esistono o meno condizioni in grado di causare effetti sanitari nocivi e pertanto se il sito risulta contaminato.

Rischio Risorsa Idrica. Il rischio per la risorsa idrica sotterranea si calcola ponendo a confronto il valore di concentrazione del contaminante in falda, in corrispondenza del punto di conformità, con i valori di riferimento per la falda (Concentrazioni Soglia di Contaminazione, CSC_{GW}).

Nello specifico il rischio per la risorsa idrica sotterranea (R_{GW}) viene calcolato come il rapporto tra la concentrazione del contaminante in falda in corrispondenza del punto di Conformità e i valori di riferimento per la falda:

$$R_{GW} = \frac{C_{poe}}{CSC_{GW}} = \frac{FT \cdot CRS}{CSC_{GW}}$$

Pertanto per essere accettabile il rischio per la risorsa idrica deve risultare pari o inferiore all'unita.





Per i recettori On-site ADF=1; DAF=1

Tabella 9. Suolo Profondo: Rischio e Indice di Pericolo			
Inalazione di vapori outdoor $R_{SP.InaO} = CRS \cdot SF_{Ina} \cdot VF_{samb} \cdot EM_{InaO} \cdot ADF$ $HI_{SP.InaO} = CRS \cdot \frac{VF_{samb} \cdot EM_{InaO} \cdot ADF}{RfD_{Ina}}$	R = Rischio cancerogeno HI = Indice di pericolo CRS = Concentrazione in sorgente SFI _{na} = Slope factor - inalazione RfD I _{na} = Reference dose - inalazione EM _{InaO} = Fattore di inalazione outdoor VF _{samb} = Volatilizzazione outdoor ADF = Dispersione atmosferica		
Inalazione di vapori indoor (no off-site) $R_{SP.Inal} = CRS \cdot SF_{Ina} \cdot VF_{sesp} \cdot EM_{Inal}$ $HI_{SP.Inal} = CRS \cdot \frac{VF_{sesp} \cdot EM_{Inal}}{RfD_{Ina}}$	$\begin{array}{l} R = Rischio \ cancerogeno \\ HI = Indice \ di \ pericolo \\ CRS = Concentrazione \ in \ sorgente \\ SFI_{na} = Slope \ factor \ - \ inalazione \\ RfD \ I_{na} = Reference \ dose \ - \ inalazione \\ EM_{Inal} = Fattore \ di \ inalazione \ indoor \\ VF_{sesp} = Volatilizzazione \ indoor \end{array}$		
Ingestione di acqua per lisciviazione $R_{SP,LF} = CRS \cdot \frac{SF_{Ing} \cdot EM_{IngW} \cdot LF_{sp}}{DAF}$ $HI_{SP,LF} = CRS \cdot \frac{EM_{IngW} \cdot LF_{sp}}{RfD_{Ing} \cdot DAF}$	R = Rischio cancerogeno HI = Indice di pericolo CRS = Concentrazione in sorgente SFI _{ng} = Slope factor per ingestione RfD I _{ng} = Reference dose ingestione EMI _{ngW} = Fattore di ingestione acqua LF_{sp} = Lisciviazione in falda DAF = Fattore di diluizione in falda		
Rischio e Indice di Pericolo Suolo Profondo $R_{SP} = \max \left[R_{SP.InaO}; R_{SP.InaI}; R_{SP.LF} \right]$ $HI_{SP} = \max \left[HI_{SP.InaO}; HI_{SP.InaI}; HI_{SP.LF} \right]$ Per i recettori On-site ADF=1; DAF=1			

Tabella 10. Falda: Rischio e Indice di Pericolo		
Inalazione di vapori outdoor $R_{GW.InaO} = CRS \cdot \frac{SF_{Ina} \cdot VF_{wamb} \cdot EM_{InaO}}{ADF *}$ $HI_{GW.InaO} = CRS \cdot \frac{VF_{wamb} \cdot EM_{InaO}}{RfD_{Ina} \cdot ADF *}$	$\begin{array}{l} R = Rischio \ cancerogeno \\ HI = Indice \ di \ pericolo \\ CRS = Concentrazione \ in \ sorgente \\ SFI_{na} = Slope \ factor \ - \ inalazione \\ RfD \ Ina = Reference \ dose \ - \ inalazione \\ EM_{InaO} = Fattore \ di \ inalazione \ outdoor \\ VF_{wamb} = Volatilizzazione \ outdoor \\ ADF = Dispersione \ atmosferica \end{array}$	
Inalazione di vapori indoor $R_{GW.Inal} = CRS \cdot \frac{SF_{Ina} \cdot VF_{wesp} \cdot EM_{Inal}}{DAF}$ $HI_{GW.Inal} = CRS \cdot \frac{VF_{wesp} \cdot EM_{Inal}}{RfD_{Ina} \cdot DAF}$	$\begin{array}{l} R = Rischio\ cancerogeno \\ HI = Indice\ di\ pericolo \\ CRS = Concentrazione\ in\ sorgente \\ SFI_{na} = Slope\ factor\ -\ inalazione \\ RfD\ Ina = Reference\ dose\ -\ inalazione \\ EM_{Inal} = Fattore\ di\ inalazione\ indoor \\ VF_{wesp} = Volatilizzazione\ indoor \\ DAF = Fattore\ di\ diluizione\ in\ falda \end{array}$	
Ingestione di acqua $R_{GW,D} = CRS \cdot \frac{SF_{Ing} \cdot EM_{IngW}}{DAF}$ $HI_{GW,D} = CRS \cdot \frac{EM_{IngW}}{RfD_{Ing} \cdot DAF}$	$\label{eq:R} \begin{array}{l} R = Rischio \ cancerogeno \\ HI = Indice \ di \ pericolo \\ CRS = Concentrazione \ in \ sorgente \\ SFI_{ng} = Slope \ factor \ per \ ingestione \\ RfD \ Ing = Reference \ dose \ ingestione \\ EMI_{ngW} = Fattore \ di \ ingestione \ acqua \\ DAF = Fattore \ di \ diluizione \ in \ falda \end{array}$	
Rischio e Indice di Pericolo Falda $R_{GW} = \max \left[R_{GW.InaO}; R_{GW.InaI}; R_{GW.D} \right]$ $HI_{GW} = \max \left[HI_{GW.InaO}; HI_{GW.InaI}; HI_{GW.D} \right]$		

(*) In questa versione del software l'utente può selezionare se il trasporto off-site avviene in aria (ADF) o in falda (DAF).

Per i recettori On-site DAF=1

Tabella 11. Rischio Risorsa Idrica			
Lisciviazione da suolo superficiale $R_{SS.LF} = \frac{CRS \cdot LF_{ss}}{DAF \cdot CSC_{Falda} \cdot 10^{-3} mg/\mu g}$	CRS = Concentrazione in sorgente CSC _{falda} = limite normativo per le acque sotterranee LF _{ss} = Lisciviazione in falda DAF = Fattore di diluizione in falda		
Lisciviazione da suolo profondo $R_{SP,LF} = \frac{CRS \cdot LF_{sp}}{DAF \cdot CSC_{Falda} \cdot 10^{-3} mg/\mu g}$	CRS = Concentrazione in sorgente CSC _{falda} = limite normativo per le acque sotterranee LF _{sp} = Lisciviazione in falda DAF = Fattore di diluizione in falda		
Contaminazione in falda $R_{GW.D} = \frac{CRS}{DAF \cdot CSC_{Falda} \cdot 10^{-3} mg / \mu g}$	CRS = Concentrazione in sorgente CSC _{falda} = limite normativo per le acque sotterranee DAF = Fattore di diluizione in falda		

Per i recettori On-site DAF=1

APPENDICE 2. CALCOLO OBIETTIVI DI BONIFICA (CSR)

Il calcolo degli obiettivi di bonifica (Concentrazioni Soglia di Rischio, CSR) viene effettuato mediante l'applicazione della procedura di Analisi di rischio in modalità inversa (backward mode). Tale analisi permette il calcolo degli obiettivi di bonifica sito-specifici per ciascuna sorgente di contaminazione che corrispondono al valore di concentrazione massimo ammissibile in sorgente, compatibile con il livello di rischio ritenuto tollerabile per il recettore esposto.

CSR Individuali. Il calcolo della Concentrazione Soglia di Rischio (CSR) viene effettuato utilizzando le stesse equazioni applicate per il calcolo del rischio (come descritto nell' Appendice 1), opportunamente invertite ed esplicitate in termini della concentrazione:

$$CSR = \frac{C_{poe}}{FT} = \frac{E}{EM \cdot FT} = \frac{TR}{SF \cdot EM \cdot FT}$$

per le sostanze cancerogene

$$CSR = \frac{Cpoe}{FT} = \frac{E}{EM \cdot FT} = \frac{THI \cdot RfD}{EM \cdot FT}$$
 per le sostanze non cancerogene

Dove:

TR: Target Risk. Livello di rischio individuale (singola sostanza) ritenuto accettabile (ad es. TR = 10^{-6})

THI: Target Hazard Index. Livello di indice di pericolo individuale (singola sostanza) ritenuto accettabile (THI = 1)

E: assunzione cronica giornaliera del contaminante.

SF: Slope Factor. Rappresenta la probabilità di casi incrementali di tumore.

RfD: Reference Dose. Rappresenta la stima dell'esposizione media giornaliera a sostanze non cancerogene che non produce effetti avversi apprezzabili sull'organismo umano durante il corso della vita.

C_{poe}: Concentrazione calcolata in corrispondenza del punto di esposizione.

EM: portata effettiva di esposizione.

FT: fattore di trasporto

Tale calcolo deve essere effettuato per le diverse vie di esposizione e migrazione attive nel sito utilizzando i relativi fattori di esposizione e di trasporto (per maggiori dettagli si rimanda alle tabelle riportate di seguito). Le equazioni per il calcolo dei diversi fattori di trasporto (FT) sono riportati Appendice 3. Le equazioni per il calcolo dei fattori di esposizione sono riportati in Appendice 4.

CSR per più vie di esposizione. Le equazioni precedentemente descritte permettono di stimare le CSR relative alla singola via di esposizione. La CSR individuale (associato al singolo contaminante) per la matrice considerata viene stimata cumulando gli effetti dei diversi scenari espositivi (ad es. esposizione outdoor) e successivamente scegliendo il valore più conservativo (ovvero il valore minore) tra le CSR calcolate per i diversi scenari. In particolare il cumulo degli effetti viene stimato come il reciproco della somma dei reciproci delle CSR calcolate per ciascuna via di esposizione. Si consideri, a titolo esemplificativo, il caso del calcolo della CSR per l'esposizione in ambienti outdoor:

$$CSR_{outdoor} = \frac{1}{\frac{1}{1/CSR_{ingestione} + 1/CSR_{contatto.derm} + 1/CSR_{polveri} + 1/CSR_{vapori}}}$$

Per gli altri scenari si rimanda alle tabelle riportate di seguito.

Nella Figura 41, Figura 42 e Figura 43 vengono riportati i criteri di cumulo utilizzati in Risknet per il calcolo della CSR individuale associata a più vie attive per il suolo superficiale, suolo profondo e falda.





Figura 41. Criteri di cumulo delle CSR per il suolo superficiale.



Figura 42. Criteri di cumulo delle CSR per il suolo profondo.



Figura 43. Criteri di cumulo delle CSR per la falda.

CSR Cumulative (Obiettivi di bonifica). Le CSR individuali non costituiscono però ancora gli obiettivi di bonifica in quanto le concentrazioni calcolate rispettano esclusivamente la condizione di rischio tollerabile per esposizione a singola sostanza. Per tenere conto degli effetti di cumulazione del rischio è necessario ridurre ulteriormente le concentrazioni delle specie presenti rispetto ai valori definiti dalle CSR individuali fino a garantire il raggiungimento di valori di concentrazione tali da rispettare la condizione di rischio cumulativo accettabile:

$$\sum_{i}^{n} CSR_{i}^{cum} \cdot FT_{i} \cdot EM_{i} \cdot SF_{i} \leq TR$$
 Rischio per le sostanze cancerogene

 $\sum_{i}^{n} \frac{CSR_{i}^{cum} \cdot FT_{i} \cdot EM_{i}}{RfD_{i}} \leq THI$ Indice di Pericolo per le sostanze non cancerogene

Tale verifica viene effettuata applicando l'Analisi di Rischio in modalità diretta ed impostando come concentrazione in sorgente (CRS, vedi Appendice 1) la CSR individuale calcolata. Se la sommatoria dei rischi (R) e degli indici di pericolo (HI) calcolati risultano inferiori o uguali al rischio e all'indice di pericolo cumulativo accettabile (ad es. R=10⁻⁵ e HI=1), le CSR cumulative (CSR^{cum}) sono proprio pari alle CSR individuali calcolate. Viceversa se i rischi o gli indici di pericolo totali sono superiori al valore limite,

l'utente deve ridurre iterativamente le CSR fino a che non vengano rispettati i valori limite (individuali e cumulativi). In questo caso la CSR^{cum} sarà pari alla CSR individuale ridotta di un fattore *f*:

$$CSR^{cum} = \frac{CSR^{ind}}{f}$$

Le CSR cumulative che rispettano i limiti individuali e cumulativi costituiscono gli obiettivi di bonifica sito-specifici della matrice contaminata.



Tabella 12. Suolo Superficiale: CSR			
Ingestione suolo (no off-site) $\int CSR_{canc} = \frac{TR}{SE - EM - 10^{-6} kg/mg}$	CSR _{canc} = CSR sost. cancerogene CSR _{non-canc} = CSR sost. tossiche TR = Rischio accettabile		
$CSR_{SS.Ing} = \min \begin{cases} CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ing}}{EM_{IngS} \cdot 10^{-6} kg/mg} \end{cases}$	THQ = Indice di Pericolo Accettabile SFI _{ng} = Slope factor per ingestione RfD I _{ng} = Reference dose ingestione EMI _{ngs} = Fattore di ingestione di suolo		
Contatto dermico (no off-site)			
$CSR_{SS.ConD} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR}{SF_{Ing} \cdot EM_{ConD} \cdot 10^{-6} kg/mg} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ing}}{EM_{ConD} \cdot 10^{-6} kg/mg} \end{cases}$	$CSR_{canc} = CSR$ sost. cancerogene $CSR_{non.canc} = CSR$ sost. tossiche TR = Rischio accettabile THQ = Indice di Pericolo Accettabile $EM_{ConD} = Fattore di contatto dermico$		
Inalazione di vapori outdoor	CSR _{canc} = CSR sost. cancerogene		
$CSR_{ss.InaO} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot EM_{InaO} \cdot VF_{ss} \cdot ADF} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina}}{EM_{InaO} \cdot VF_{ss} \cdot ADF} \end{cases}$	$CSR_{non.canc} = CSR$ sost. tossiche TR = Rischio accettabile THQ = Indice di Pericolo Accettabile $SFI_{na} = Slope factor - inalazione$ $RfD I_{na} = Reference dose - inalazione$ $EM_{InaO} = Fattore di inalazione outdoor$ $VF_{ss} = Volatilizzazione outdoor$ ADF = Dispersione atmosferica		
Inalazione particolato outdoor	CSR _{canc} = CSR sost. cancerogene CSR _{non.canc} = CSR sost. tossiche		
$CSR_{ss.InaOP} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot EM_{InaO} \cdot PEF \cdot ADF} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina}}{EM_{InaO} \cdot PEF \cdot ADF} \end{cases}$	TR = Rischio accettabile THQ = Indice di Pericolo Accettabile SFI _{na} = Slope factor - inalazione RfD I _{na} = Reference dose - inalazione EM _{InaO} = Fattore di inalazione outdoor PEF = Particolato outdoor ADF = Dispersione atmosferica		
Cumulativo Outdoor			
$CSR_{cc} = \begin{cases} \frac{1}{\frac{1}{CSR_{SS.IngS}} + \frac{1}{CSR_{SS.ConD}} + \frac{1}{CSR_{SS.InaO}} + $	$\frac{1}{1} \qquad (\text{se } CSR_{InaO} \le C_{sat})$		
$\frac{TR - R_{\max,InaO}}{\frac{TR}{CSR_{SS.IngS}} + \frac{TR}{CSR_{SS.ConD}} + \frac{TR}{CSR_{SS.InaOP}}}$	$(se CSR_{InaO} > C_{sat})$		
$R_{\max,InaO} = (C_{sat} / CSR_{InaO}) \cdot TR \qquad (se \ CSR_{InaO} > C_{sat})$			

Tabella 12. Suolo Superficiale	CSR		
Inalazione di vapori indoor (no off-site) $CSR_{ss.Inal} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot EM_{Inal} \cdot VF_{ssesp}} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina}}{EM_{Inal} \cdot VF_{ssesp}} \end{cases}$	$CSR_{canc} = CSR$ sost. cancerogene $CSR_{non.canc} = CSR$ sost. tossiche TR = Rischio accettabile THQ = Indice di Pericolo Accettabile $SFI_{na} = Slope factor - inalazione$ $RfD I_{na} = Reference dose - inalazione$ $EM_{Inal} = Fattore di inalazione indoor$ $VF_{sesp} = Volatilizzazione indoor$		
Inalazione particolato indoor (no off-site) $CSR_{ss.InalP} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot EM_{Inal} \cdot PEF_{in}} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina}}{EM_{Inal} \cdot PEF_{in}} \end{cases}$	$\begin{split} & \text{CSR}_{\text{canc}} = \text{CSR sost. cancerogene} \\ & \text{CSR}_{\text{non.canc}} = \text{CSR sost. tossiche} \\ & \text{TR} = \text{Rischio accettabile} \\ & \text{THQ} = \text{Indice di Pericolo Accettabile} \\ & \text{SFI}_{na} = \text{Slope factor - inalazione} \\ & \text{RfD I}_{na} = \text{Reference dose - inalazione} \\ & \text{EM}_{\text{Inal}} = \text{Fattore di inalazione indoor} \\ & \text{PEF}_{in} = \text{Particolato indoor} \end{split}$		
$CSR_{SS.Indoor} = \begin{cases} \frac{1}{\frac{1}{CSR_{SS.Inal}} + \frac{1}{CSR_{SS.InalP}}} & (\text{se } CSR_{Inal} \leq C_{sat}) \\ \frac{1}{\frac{CSR_{SS.Inal}}{CSR_{SS.InalP}}} & (\text{se } CSR_{Inal} > C_{sat}) \end{cases}$			
Dove: $R_{\max,Inal} = (C_{sat} / CSR_{Inal}) \cdot TR$ (se CSR_{In}	$_{aI} > C_{sat}$)		
Ingestione di acqua per lisciviazione $CSR_{SS.LF} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR \cdot DAF}{SF_{Ing} \cdot EM_{IngW} \cdot LF_{ss}} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ing} \cdot DAF}{EM_{IngW} \cdot LF_{ss}} \end{cases}$	$CSR_{canc} = CSR$ sost. cancerogene $CSR_{non.canc} = CSR$ sost. tossiche TR = Rischio accettabile THQ = Indice di Pericolo Accettabile $SFI_{ng} = Slope factor per ingestione$ $RfD I_{ng} = Reference dose ingestione$ $EMI_{ngW} = Fattore di ingestione acqua$ $LF_{ss} = Lisciviazione in falda$ DAF = Fattore di diluizione in falda		
CSR Suolo superficiale $CSR_{SS} = \min[CSR_{SS.outdoor}; CSR_{SS.Indoor}; CSR_{SS.LF}]$			

Per i recettori On-site ADF=1; DAF=1

Tabella 13. Suolo Profondo: CSR			
Inalazione di vapori c $CSR_{SP.InaO} = \min \left\{ \left. \left. \right. \right\} \right\}$	butdoor $CSR_{canc} = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot VF_{samb} \cdot EM_{InaO} \cdot ADF}$ $CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina}}{VF_{samb} \cdot EM_{InaO} \cdot ADF}$	$\begin{array}{l} CSR_{canc} = CSR \; sost.\; cancerogene \\ CSR_{non-canc} = CSR\; sost.\; tossiche \\ TR = Rischio\; accettabile \\ THQ = Indice \; di \; Pericolo\; Accettabile \\ SFI_{na} = Slope\; factor - inalazione \\ RfD\; I_{na} = Reference\; dose - inalazione \\ EM_{InaO} = Fattore\; di\; inalazione\; outdoor \\ VF_{samb} = Volatilizzazione\; outdoor \\ ADF = Dispersione\; atmosferica \end{array}$	
Inalazione di vapori i	ndoor (no off-site)	CSR _{canc} = CSR sost. cancerogene	
$CSR_{SP.Inal} = \min \begin{cases} 0 \\ 0 \\ 0 \end{cases}$	$CSR_{canc} = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot VF_{sesp} \cdot EM_{Inal}}$ $CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina}}{VF_{sesp} \cdot EM_{Inal}}$	$\begin{array}{l} CSR_{non.canc} = CSR \; sost. \; tossiche \\ TR = Rischio \; accettabile \\ THQ = Indice \; di \; Pericolo \; Accettabile \\ SFI_{na} = Slope \; factor \; - \; inalazione \\ RfD \; I_{na} = \; Reference \; dose \; - \; inalazione \\ EM_{Inal} = \; Fattore \; di \; inalazione \; indoor \\ VF_{sesp} = \; Volatilizzazione \; indoor \end{array}$	
Ingestione di acqua i	per lisciviazione	CSR _{canc} = CSR sost. cancerogene	
$CSR_{SP.LF} = \min \begin{cases} C \\ C \end{cases}$	$SR_{canc} = \frac{TR \cdot DAF}{SF_{Ing} \cdot EM_{IngW} \cdot LF_{sp}}$ $SR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ing} \cdot DAF}{EM_{IngW} \cdot LF_{sp}}$	$CSR_{non.canc} = CSR$ sost. tossiche TR = Rischio accettabile THQ = Indice di Pericolo Accettabile SFIng = Slope factor per ingestione RfD Ing = Reference dose ingestione EMIngW = Fattore di ingestione acqua LF _{sp} = Lisciviazione in falda DAF = Fattore di diluizione in falda	
$CSR Suolo Profondo CSR_{SP} = min [CSR]$	$[S_{SP.InaO}; CSR_{SP.InaI}; CSR_{SP.LF}]$		

Per i recettori On-site ADF=1; DAF=1

Tabella 14. Falda: CSR			
Inalazione di vapori outdoor $CSR_{GW.InaO} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR \cdot ADF *}{SF_{Ina} \cdot VF_{wamb} \cdot EM_{InaO}} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina} \cdot ADF *}{VF_{wamb} \cdot EM_{InaO}} \end{cases}$	$\label{eq:csnc} \begin{split} & \text{CSR}_{\text{canc}} = \text{CSR sost. cancerogene} \\ & \text{CSR}_{\text{non.canc}} = \text{CSR sost. tossiche} \\ & \text{TR} = \text{Rischio accettabile} \\ & \text{THQ} = \text{Indice di Pericolo Accettabile} \\ & \text{SFI}_{\text{na}} = \text{Slope factor - inalazione} \\ & \text{RfD I}_{\text{na}} = \text{Reference dose - inalazione} \\ & \text{EM}_{\text{InaO}} = \text{Fattore di inalazione outdoor} \\ & \text{VF}_{\text{wamb}} = \text{Volatilizzazione outdoor} \\ & \text{ADF} = \text{Dispersione atmosferica} \end{split}$		
Inalazione di vapori indoor $CSR_{GW.Inal} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR \cdot DAF}{SF_{Ina} \cdot VF_{wesp} \cdot EM_{Inal}} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina} \cdot DAF}{VF_{wesp} \cdot EM_{Inal}} \end{cases}$	$CSR_{canc} = CSR$ sost. cancerogene $CSR_{non.canc} = CSR$ sost. tossiche TR = Rischio accettabile THQ = Indice di Pericolo Accettabile $SFI_{na} = Slope factor - inalazione$ $RfD I_{na} = Reference dose - inalazione$ $EM_{Inal} = Fattore di inalazione indoor$ $VF_{wesp} = Volatilizzazione indoor$ DAF = Fattore di diluizione in falda		
Ingestione di acqua $CSR_{GW,D} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR \cdot DAF}{SF_{Ing} \cdot EM_{IngW}} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ing} \cdot DAF}{EM_{IngW}} \end{cases}$	$CSR_{canc} = CSR$ sost. cancerogene $CSR_{non.canc} = CSR$ sost. tossiche TR = Rischio accettabile THQ = Indice di Pericolo Accettabile $SFI_{ng} = Slope factor per ingestione$ $RfD I_{ng} = Reference dose ingestione$ $EMI_{ngW} = Fattore di ingestione acqua$ DAF = Fattore di diluizione in falda		
$CSR \ Falda \\ CSR_{GW} = \min \left[CSR_{GW} \ lnaO; CSR_{GW}$			

(*) In questa versione del software l'utente può selezionare se il trasporto off-site avviene in aria (ADF) o in falda (DAF). Per i recettori On-site DAF=1

Tabella 15. CSR Risorsa IdricaLisciviazione da suolo superficiale
 $CSR_{SS.LF} = \frac{CSC_{Falda} \cdot DAF}{LF_{ss}} \cdot 10^{-3} mg/\mu g$ CSC_{falda} = limite normativo per le acque sotterranee
LF_ss = Lisciviazione in falda
DAF = Fattore di diluizione in faldaLisciviazione da suolo profondo
 $CSR_{SP,LF} = \frac{CSC_{Falda} \cdot DAF}{LF_{sp}} \cdot 10^{-3} mg/\mu g$ CSC_{falda} = limite normativo per le acque sotterranee
LF_sp = Lisciviazione in falda
DAF = Fattore di diluizione in faldaIngestione di acqua
 $CSR_{GW,D} = DAF \cdot CSC_{Falda} \cdot 10^{-3} mg/\mu g$ CSC_falda = limite normativo per le acque sotterranee
DAF = Fattore di diluizione in falda

Per i recettori On-site DAF=1

Tabella 16. Calcolo CSR IdrocarburiCLASSIFICAZIONE MADEPCalcolo CSR Idrocarburi C< 12</td> $CSR_{C<12} = \min(CSR_{MADEP1} / fraz_1^{C<12}; CSR_{MADEP2} / fraz_2^{C<12};; CSR_{MADEPn} / fraz_n^{C<12})$ Calcolo CSR Idrocarburi C> 12 $CSR_{C>12} = \min(CSR_{MADEP1} / fraz_1^{C>12}; CSR_{MADEP2} / fraz_2^{C>12};; CSR_{MADEPn} / fraz_n^{C>12})$ Calcolo CSR Idrocarburi totali $CSR_{L} = \min(CSR_{MADEP1} / fraz_1^{HC}; CSR_{MADEP2} / fraz_2^{HC};; CSR_{MADEPn} / fraz_n^{HC})$ Nomenclatura $CSR_{MADEP1} = CSR calcolata per la i-esima classe del MADEPfraz CSI2<math>CSR_{MADEP1} = CSR calcolata per la i-esima classe del MADEP$

 $fraz_i^{C<12}$ e $fraz_i^{C>12}$ = frazioni dell'i-esima classe MADEP nel frazionamento dei C<12 e C<12 $fraz_i^{HC}$ = frazioni dell'i-esima classe MADEP nel frazionamento degli idrocarburi totali.

Le frazioni vengono calcolate in automatico dal software per ciascuna sottoclasse in funzione delle concentrazioni definite dall'utente (ad es. fraz₁ = $CRS_1 / \Sigma CRS_i$). Si sottolinea che 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.

CLASSIFICAZIONE TPH WG

Calcolo CSR Idrocarburi C< 12

$$CSR_{C<12} = \min(CSR_{TPHWG1} / fraz_{1}^{C<12}; CSR_{TPHWG2} / fraz_{2}^{C<12}; \dots; CSR_{TPHWGn} / fraz_{n}^{C<12})$$

Calcolo CSR Idrocarburi C> 12

$$CSR_{C>12} = \min(CSR_{TPHWG1} / fraz_1^{C>12}; CSR_{TPHWG2} / fraz_2^{C>12}; \dots; CSR_{TPHWGn} / fraz_n^{C>12})$$

Calcolo CSR Idrocarburi totali

 $CSR_{HC} = \min\left(CSR_{\text{TPHWG1}} / fraz_1^{HC}; CSR_{\text{TPHWG2}} / fraz_2^{HC}; \dots; CSR_{\text{TPHWGn}} / fraz_n^{HC}\right)$

Nomenclatura

 $CSR_{\text{TPHWGi}} = CSR \text{ calcolata per la i-esima classe del TPH WG}$ $fraz_i^{C<12} \text{ e } fraz_i^{C>12} = \text{frazioni dell'i-esima classe TPH WG nel frazionamento dei C<12 e C<12}$ $fraz_i^{HC} = \text{frazioni dell'i-esima classe TPH WG nel frazionamento degli idrocarburi totali.}$

Le frazioni vengono calcolate in automatico dal software per ciascuna sottoclasse in funzione delle concentrazioni definite dall'utente (ad es. fraz₁ = $CRS_1 / \Sigma CRS_i$).





H = costante di Henry (-)

 $\rho_s = Densità del suolo (g/cm^3)$

 ρ_{\circ} = Densità del contaminante (g/cm³)

Tabella 18. Flux Chambers (Dinamiche)

Stima del flusso emesso da suolo, F (mg/m²/s), e della concentrazione in aria outdoor, Coutdoor (mg/m³)

$$F = C_{fc} \cdot \frac{Q_{in}}{A_{fc}} \qquad \qquad C_{outdoor} = \frac{F \cdot W'}{U_{air} \cdot \delta_{air}}$$

Concentrazione limite nella flux chambers

$$CR_{fc} = CR_{outdoor} \cdot \frac{U_{air} \cdot \delta_{air} \cdot A_{fc}}{W' \cdot Q_{in}}$$

Nomenclatura

 $CR_{outdoor} = concentrazione limite in aria outdoor (mg/m³)$

 C_{fc} = concentrazione misurata nella camera di flusso (mg/m³)

 Q_{in} = portata in ingresso alla camera di flusso (m^3/s)

 A_{fc} = superficie della camera di flusso esposta al suolo (m^2)

W' = estensione della sorgente nella direzione del vento (m)

 U_{air} = velocità del vento (m/s)

 δ_{air} = spessore della zona di miscelazione in aria (m)



APPENDICE 3. CALCOLO FATTORI DI TRASPORTO

I fattori di trasporto (FT) intervengono nella valutazione delle esposizioni indirette ovvero laddove eventuali contaminanti possono raggiungere i bersagli solo attraverso la migrazione e diffusione dal comparto ambientale.

Per il calcolo dei fattori di trasporto è indispensabile determinare le caratteristiche fisiche dei comparti ambientali coinvolti (suolo insaturo, suolo saturo, aria indoor e aria outdoor) nonché le caratteristiche chimico-fisiche degli inquinanti in modo da poter determinare la ripartizione e dispersione dei contaminanti.

I fattori di trasporto considerati nel software Risk-net sono:

Da Suolo Superficiale

- VF_{ss}: fattore di volatilizzazione di vapori
- VF_{sesp}: fattore di volatilizzazione di vapori indoor
- PEF: emissione di particolato outdoor
- PEF_{in}: emissione di particolato indoor
- LF_{ss}: fattore di lisciviazione in falda

Da Suolo Profondo

- VF_{samb}: fattore di volatilizzazione di vapori outdoor
- VF_{sesp}: fattore di volatilizzazione di vapori indoor
- LF_{sp}: fattore di lisciviazione in falda da suolo

Dalla Falda

- VF_{wamb}: fattore di volatilizzazione di vapori outdoor da falda
- VF_{wesp}: fattore di volatilizzazione di vapori indoor da falda
- DAF: fattore di attenuazione in falda

Dispersione in Aria

• ADF: fattore di dispersione in aria outdoor.

Le principali assunzioni, su cui si basano le equazioni sono:

- concentrazione degli inquinanti uniformemente distribuita nel suolo e costante per tutto il periodo di esposizione;
- terreno omogeneo, isotropo e incoerente (si escludono quindi i suoli porosi per fessurazione);
- assenza di fenomeni di biodegradazione (ad eccezione del DAF) o altri meccanismi di degradazione/trasformazione delle sostanze inquinanti.



 $VF_{ss}\left[\frac{mg/m_{aria}^{3}}{mg/kg_{suolo}}\right] = \min \begin{cases} VF_{ss}(1) = \frac{2 \cdot W' \cdot \rho_{s}}{U_{air} \cdot \delta_{air}} \sqrt{\frac{D_{s}^{eff} \cdot H}{\pi \cdot \tau_{outdoor} \cdot (\theta_{w} + K_{s} \cdot \rho_{s} + H \cdot \theta_{a})}} \cdot 10^{3} \\ VF_{ss}(2) = \frac{W' \cdot \rho_{s} \cdot d}{U_{air} \cdot \delta_{air} \cdot \tau_{outdoor}} \cdot 10^{3} \quad \text{(opzionale)} \end{cases}$

Verifica profondità sorgente suolo superficiale (opzionale)

$$VF_{ss}(1) = \begin{cases} \frac{2 \cdot W' \cdot \rho_s}{U_{air} \cdot \delta_{air}} \sqrt{\frac{D_s^{eff} \cdot H}{\pi \cdot \tau_{outdoor} \cdot (\theta_w + K_s \cdot \rho_s + H \cdot \theta_a)}} \cdot 10^3 & \text{se } L_{s(SS)} = 0\\ \frac{H \cdot \rho_s}{(\theta_w + K_s \cdot \rho_s + H \cdot \theta_a) \cdot \left(1 + \frac{U_{air} \cdot \delta_{air} \cdot L_{s(SS)}}{D_s^{eff} \cdot W'}\right)} \cdot 10^3 & \text{se } L_{s(SS)} > 0 \end{cases}$$

Nomenclatura

 $\begin{array}{l} d = spessore \ della \ sorgente \ nel \ suolo \ superficiale \ insaturo \ (cm) \\ L_{s \ (SS)} = Profondità \ del \ top \ della \ sorgente \ nel \ suolo \ superficiale \ rispetto \ al \ p.c. \ (cm) \\ D_{s}^{\text{eff}} = \text{Coefficiente \ di \ diffusione \ nella \ zona \ insatura \ (cm^{2}/s) \\ W' = Estensione \ della \ sorgente \ di \ contaminazione \ nella \ direzione \ principale \ del \ vento \ (cm) \\ \delta_{air} = Altezza \ della \ zona \ di \ miscelazione \ in \ aria \ (cm) \\ U_{air} = \text{Velocità \ del \ vento(cm/s)} \\ \hline U_{air} = \text{Velocità \ del \ vento(cm/s)} \\ \hline \sigma_{utdoor} = \text{Tempo \ medio \ di \ durata \ del \ flusso \ di \ vapore \ outdoor \ (s) } \\ \theta_w = \text{Contenuto \ volumetrico \ di \ acqua \ nella \ zona \ insatura \ (-)} \\ \theta_a = \text{Contenuto \ volumetrico \ di \ aria \ nella \ zona \ insatura \ (-)} \\ \theta_e = \text{Porosità \ effettiva \ zona \ insatura \ (-)} \\ H = \text{costante \ di \ Henry \ (-)} \\ \rho_s = \text{Densità \ del \ suolo \ (g/cm^3)} \end{array}$



 δ_{air} = Altezza della zona di miscelazione in aria (cm)

*U*_{air} = Velocità del vento (cm/s)



Tabella 21. Suolo Superficiale: Volatilizzazione vapori indoor

$$VF_{ssesp}\left[\frac{mg/m_{aria}^{3}}{mg/kg_{suolo}}\right] = \min\begin{cases} VF_{ssesp}(1) \\ VF_{ssesp}(2) = \frac{\rho_{s} \cdot d}{L_{b} \cdot ER \cdot \tau_{indoor}} 10^{3} \quad \text{(opzionale)} \end{cases}$$

Flusso solo diffusivo ($\Delta p=0$)

$$VF_{ssesp}(1) = \frac{\frac{H \cdot \rho_s}{(\theta_w + K_s \cdot \rho_s + H \cdot \theta_a)} \cdot \frac{D_s^{etf}}{(L_{s(SS)} - Z_{crack}) \cdot L_b \cdot ER}}{1 + \frac{D_s^{eff}}{(L_{s(SS)} - Z_{crack}) \cdot L_b \cdot ER} + \frac{D_s^{eff} L_{crack}}{D_{crack}^{eff} \cdot \eta \cdot (L_{s(SS)} - Z_{crack})} \cdot 10^3}$$

Flusso solo diffusivo e convettivo (∆p≠0)

$$VF_{ssesp}(1) = \frac{\frac{H \cdot \rho_s}{(\theta_w + K_s \cdot \rho_s + H \cdot \theta_a)} \cdot \frac{D_s^{eff}}{(L_{s(SS)} - Z_{crack}) \cdot L_b \cdot ER} \cdot e^{\xi}}{e^{\xi} + \frac{D_s^{eff}}{(L_{s(SS)} - Z_{crack}) \cdot L_b \cdot ER} + \frac{D_s^{eff} \cdot A_b}{Q_s \cdot (L_{s(SS)} - Z_{crack})} \cdot (e^{\xi} - 1)} \cdot 10^3$$

Flusso di vapore entrante nell'edificio, Q_s (cm³/s)

$$Q_{s} = \frac{2\pi \cdot \Delta p \cdot k_{v} \cdot X_{crack}}{\mu_{air} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot Z_{crack} \cdot X_{crack}}{A_{b} \cdot \eta}\right)}$$

$$\xi = \frac{Q_s \cdot L_{crack}}{D_{crack}^{eff} \cdot A_b \cdot \eta}$$

Nomenclatura

*L*_{crack} = spessore fondazioni (cm)

L^b = Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione(cm) Z_{crack} = profondità fondazioni da p.c. (cm) d = spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo (cm) $L_{s(SS)}$ = Profondità del top della sorgente nel suolo superficiale rispetto al p.c. (cm) D_s^{eff} = Coefficiente di diffusione nella zona insatura (cm^{2/}s) D_{crack}^{eff} = Coefficiente di diffusione nelle fondazioni (cm^{2/}s) τ_{indoor} =Tempo medio di durata del flusso di vapore indoor (s) ER = tasso di ricambio aria indoor (1/s) η = Frazione areale di fratture indoor (-) θ_w = Contenuto volumetrico di acqua nella zona insatura(-) θ_a = Contenuto volumetrico di aria nella zona insatura(-) θ_e = Porosità effettiva zona insatura(-) H = costante di Henry(-) $\rho_s = Densità del suolo (g/cm^3)$ *X*_{crack} = perimetro delle fondazioni (cm) Δp = Differenza di pressione tra indoor e outdoor (g/cm²/s) k_v = Permeabilità del suolo al flusso di vapore (cm²) A_b = Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione (cm²)

 μ_{air} = Viscosità del vapore (g/cm/s)



Tabella 22. Suolo Superficiale: Volatilizzazione vapori indoor (Soil-Gas)

Flusso solo diffusivo ($\Delta p=0$)

$$\alpha_{ssesp}\left[\frac{mg/m_{aria}^{3}}{mg/m_{soil-gas}^{3}}\right] = \frac{\frac{D_{s}^{ey}}{\left(L_{sg(SS)}-Z_{crack}\right)\cdot L_{b}\cdot ER}}{1+\frac{D_{s}^{eff}}{\left(L_{sg(SS)}-Z_{crack}\right)\cdot L_{b}\cdot ER} + \frac{D_{s}^{eff}L_{crack}}{D_{crack}^{eff}\cdot\eta\cdot\left(L_{sg(SS)}-Z_{crack}\right)}}$$

Flusso solo diffusivo e convettivo (∆p≠0)

$$\alpha_{ssesp}\left[\frac{mg/m_{aria}^{3}}{mg/m_{soil-gas}^{3}}\right] = \frac{\frac{D_{s}^{eff}}{\left(L_{sg(SS)} - Z_{crack}\right) \cdot L_{b} \cdot ER} \cdot e^{\xi}}{e^{\xi} + \frac{D_{s}^{eff}}{\left(L_{sg(SS)} - Z_{crack}\right) \cdot L_{b} \cdot ER} + \frac{D_{s}^{eff} \cdot A_{b}}{Q_{s} \cdot \left(L_{sg(SS)} - Z_{crack}\right)} \cdot \left(e^{\xi} - 1\right)}$$

Flusso di vapore entrante nell'edificio, Q_s (cm³/s)

Nomenclatura

 $\begin{array}{l} L_{crack} = \text{spessore fondazioni (cm)} \\ L_b = Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione(cm) \\ Z_{crack} = profondità fondazioni da p.c. (cm) \\ d = \text{spessore della sorgente nel suolo superficiale insaturo (cm)} \\ L_{sg\,(SS)} = Profondità sonda soil-gas associata al suolo superficiale (cm) \\ D_s^{eff} = Coefficiente di diffusione nella zona insatura (cm²/s) \\ D_{crack}^{eff} = Coefficiente di diffusione nelle fondazioni (cm²/s) \\ T_{indoor} = Tempo medio di durata del flusso di vapore indoor (s) \\ ER = tasso di ricambio aria indoor (1/s) \\ \eta = Frazione areale di fratture indoor (-) \\ X_{crack} = perimetro delle fondazioni (cm) \\ \Delta p = Differenza di pressione tra indoor e outdoor (g/cm²/s) \\ k_v = Permeabilità del suolo al flusso di vapore (cm²) \\ A_b = Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione (cm²) \\ \mu_{air} = Viscosità del vapore (g/cm/s) \end{array}$



 $LF\left[\frac{mg/L_{acqua}}{mg/kg_{suolo}}\right] = \min \begin{cases} LF(1) = \frac{K_{ws} \cdot SAM}{LDF} \\ LF(2) = \frac{d \cdot \rho_s}{I_{eff} \cdot \tau_{LF}} \end{cases} \text{ (opzionale)} \end{cases}$ Soil Attenuation model, SAM (-) $SAM = \frac{d}{L_{gw} - L_{s(SS)}} \qquad \text{(opzionale)}$ Fattore di diluizione, LDF (-)

 $LDF = 1 + \frac{v_{gw} \cdot \delta_{gw}}{I_{eff} \cdot W}$

Coefficienti di Ripartizione (kg/L)

$$K_{ws} = \frac{\rho_s}{\theta_w + K_s \cdot \rho_s + H \cdot \theta_a} \qquad \qquad K_s = \begin{cases} K_d & \text{composti inorganici} \\ K_{oc} \cdot f_{oc} & \text{composti organici} \end{cases}$$

Spessore zona di miscelazione, $\delta_{gw}(cm)$

$$\delta_{gw} = (2 \cdot 0.0056 \cdot W^2)^{0.5} + d_a \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{W \cdot I_{eff}}{v_{gw} \cdot d_a}\right) \right] \qquad \text{Se } \delta_{gw} > d_a \rightarrow \delta_{gw} = d_a$$

Infilitrazione efficace (Opzionale)

 $I_{eff} = \beta \cdot P^2 \cdot \eta_{outdoor}$ Terreni sabbiosi (Sand, Loamy Sand e SandyLoam) β =0.0018; terreni limosi (Sandy Clay Loam, Loam, Silt Loam e Silt) β =0.0009; terreni argillosi (Clay Loam, Silty Clay Loam, Silty Clay, Sandy Clay e Clay) β =0.00018.

Nomenclatura

d = spessore della sorgente nel suolo superficiale (cm) L_{gw} = soggiagenza della falda rispetto al p.c. (cm) $L_{s(SS)}$ = Profondità del top della sorgente rispetto al p.c. (cm) vgw= velocità di Darcy (cm/s) Ksat= conducibilità idraulica (cm/s) $I_{eff} = Infiltrazione efficace (cm/s)$ T_{LF} = tempo di durata media del lisciviato(s) θ_{w} = Contenuto volumetrico di acqua nella zona insatura (-) θ_a = Contenuto volumetrico di aria nella zona insatura (-) θ_e = Porosità effettiva zona insatura (-) H = costante di Henry (-) $\rho_s = Densità del suolo (g/cm^3)$ foc = frazione di carbonio organico (-) d_a = spessore acquifero (cm) W = estensione della sorgente nella direzione principale del flusso di falda (cm) α_z = Dispersività verticale (cm)



Tabella 24. Suolo Superficiale: Emissione di Particolato

Ambienti Outdoor

$$PEF\left[\frac{mg / m_{aria}^{3}}{mg / kg_{suolo}}\right] = \frac{P_{e} \cdot W'}{U_{air} \cdot \delta_{air}} \cdot 10^{3}$$

Ambienti Indoor

$$PEF_{in}\left[\frac{mg / m_{aria}^{3}}{mg / kg_{suolo}}\right] = PEF \cdot F_{i}$$

Nomenclatura

W' = Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento (cm) $<math>\delta_{air} = Altezza della zona di miscelazione in aria(cm)$ $<math>U_{air} = Velocità del vento (cm/s)$ $P_e = Portata di particolato per unità di superficie(g/cm²/s)$ Fi = Frazione di polveri indoor (-)

Tabella 25. Dispersione In Atmosfera

$$ADF\left[\frac{mg / m_{aria,offsite}^{3}}{mg / m_{aria,onsite}^{3}}\right] = \frac{Q}{2\pi \cdot U_{air} \cdot \sigma_{y} \cdot \sigma_{z}} \cdot \left[2 \cdot \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{\delta_{air}^{2}}{\sigma_{z}^{2}}\right)\right]$$

Quantità di inquinante emessa dalla sorgente, Q [cm³/s] $Q = U_{air} \cdot \delta_{air} \cdot S_w$

Si sottolinea che nel caso in cui il valore di ADF calcolato risulti superiore a 1, l'ADF viene assunto pari proprio al valore unitario (ADF=1).

Nomenclatura

S_w = Estensione della sorgente nella direzione ortogonale a quella del vento (cm)

 δ_{air} = Altezza della zona di miscelazione in aria(cm)

Uair = Velocità del vento (cm/s)

 σ_y = Coefficiente di dispersione trasversale (cm)

 σ_z = Coefficiente di dispersione verticale(cm)

Tabella 26. Coefficienti di dispersione In Atmosfera

Equazioni empiriche implementate nel software per la determinazione dei coefficienti di dispersione in atmosfera (Briggs, 1973).

Classe di stabilità	se di stabilità σy (m)			
Aree aperte (campagna)				
A	0.22d (1 + 0.0001d) ^{-1/2}	0.20d		
В	0.16d (1 + 0.0001d) ^{-1/2} 0.12d			
С	0.11d (1 + 0.0001d) ^{-1/2} 0.07d (1 + 0.000			
D	0.08d (1 + 0.0001d) ^{-1/2}	0.06d (1 + 0.0015d) ^{-1/2}		
E	0.06d (1 + 0.0001d) ^{-1/2} 0.03d (1 + 0.0			
F	0.04d (1 + 0.0001d) ^{-1/2} 0.016d (1 + 0.0003			
Aree Urbane				
A – B	0.32d (1 + 0.0004d) ^{-1/2}	0.24 (1 + 0.001d) ^{-1/2}		
С	0.22d (1 + 0.0004d) ^{-1/2}	0.20d		
D	0.16d (1 + 0.0004d) ^{-1/2}	0.14d (1 + 0.0003d) ^{-1/2}		
E-F	0.11d (1 + 0.0004d) ^{-1/2}	0.08d (1 + 0.00015d) ^{-1/2}		

Tali equazioni risultano valide per 100 m < d < 10000 m

Nomenclatura

 σ_y = Coefficiente di dispersione trasversale (m)

 σ_z = Coefficiente di dispersione verticale(m)

d = Distanza dalla sorgente al bersaglio (m)

Tabella 27. Stima velocità del vento in corrispondenza dell'altezza di miscelazione

Equazione implementata nel software per la stima della velocità del vento in corrispondenza dell'altezza di miscelazione (δ_{air}) in funzione dell'altezza della centralina (z_2).

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

Coefficiente empirico "p"						
Classe di stabilità	Α	В	С	D	E	F
Suolo urbano	0.15	0.15	0.20	0.25	0.40	0.60
Suolo rurale	0.07	0.07	0.10	0.15	0.35	0.55







Nomenclatura

 $L_{sg (SP)} = Profondità sonda soil-gas associata al suolo profondo (cm)$ $<math>D_s^{eff} = Coefficiente di diffusione nella zona insatura (cm²/s)$ W' = Estensione della sorgente di contaminazione nella direzione principale del vento (cm) $<math>\delta_{air} = Altezza della zona di miscelazione in aria (cm)$ $U_{air} = Velocità del vento (cm/s)$ Tabella 30. Suolo Profondo: Volatilizzazione vapori indoor

$$VF_{sesp}\left[\frac{mg/m_{aria}^{3}}{mg/kg_{suolo}}\right] = \min\begin{cases} VF_{sesp}(1) \\ VF_{sesp}(2) = \frac{\rho_{s} \cdot d_{s}}{L_{b} \cdot ER \cdot \tau_{indoor}} 10^{3} \quad \text{(opzionale)} \end{cases}$$

Flusso solo diffusivo ($\Delta p=0$)

$$VF_{sesp}(1) = \frac{\frac{H \cdot \rho_s}{(\theta_w + K_s \cdot \rho_s + H \cdot \theta_a)} \cdot \frac{D_s^{etf}}{(L_{s(SP)} - Z_{crack}) \cdot L_b \cdot ER}}{1 + \frac{D_s^{eff}}{(L_{s(SP)} - Z_{crack}) \cdot L_b \cdot ER}} + \frac{D_s^{eff} L_{crack}}{D_{crack}^{eff} \cdot \eta \cdot (L_{s(SP)} - Z_{crack})} \cdot 10^3$$

Flusso solo diffusivo e convettivo (∆p≠0)

$$VF_{sesp}(1) = \frac{\frac{H \cdot \rho_s}{(\theta_w + K_s \cdot \rho_s + H \cdot \theta_a)} \cdot \frac{D_s^{eff}}{(L_{s(SP)} - Z_{crack}) \cdot L_b \cdot ER} \cdot e^{\xi}}{e^{\xi} + \frac{D_s^{eff}}{(L_{s(SP)} - Z_{crack}) \cdot L_b \cdot ER} + \frac{D_s^{eff} \cdot A_b}{Q_s \cdot (L_{s(SP)} - Z_{crack})} \cdot (e^{\xi} - 1)} \cdot 10^3$$

Flusso di vapore entrante nell'edificio, Q_s (cm³/s)

$$Q_{s} = \frac{2\pi \cdot \Delta p \cdot k_{v} \cdot X_{crack}}{\mu_{air} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot Z_{crack} \cdot X_{crack}}{A_{b} \cdot \eta}\right)} \qquad \qquad \xi = \frac{Q_{s} \cdot L_{crack}}{D_{crack}^{eff} \cdot A_{b} \cdot \eta}$$

Nomenclatura

Lcrack = spessore fondazioni (cm) L_b = Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (cm) Z_{crack} = profondità fondazioni da p.c. (cm) d_s = spessore della sorgente nel suolo profondo insaturo (cm) $L_{s(SP)}$ = Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c. (cm) D_s^{eff} = Coefficiente di diffusione nella zona insatura (cm²/s) D_{crack}^{eff} = Coefficiente di diffusione nelle fondazioni (cm²/s) *t*_{indoor} =*Tempo medio di durata del flusso di vapore indoor (s)* ER = tasso di ricambio aria indoor (1/s) η = Frazione areale di fratture indoor (-) θ_{w} = Contenuto volumetrico di acqua nella zona insaturo (-) θ_a = Contenuto volumetrico di aria nella zona insatura (-) θ_e = Porosità effettiva zona insatura (-) H = costante di Henry (-) ρ_s = Densità del suolo (g/cm³) X_{crack} = perimetro delle fondazioni (cm) Δp = Differenza di pressione tra indoor e outdoor (g/cm²/s) k_v = Permeabilità del suolo al flusso di vapore (cm²) A_b = Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione (cm²) :)

$$\mu_{air} = Viscosità del vapore (g/cm/s)$$



Tabella 31. Suolo Profondo: Volatilizzazione vapori indoor (Soil-Gas)

- off

Flusso solo diffusivo ($\Delta p=0$)

$$\alpha_{sesp}\left[\frac{mg/m_{aria}^{3}}{mg/m_{soil-gas}^{3}}\right] = \frac{\frac{D_{s}^{eff}}{\left(L_{sg(SP)} - Z_{crack}\right) \cdot L_{b} \cdot ER}}{1 + \frac{D_{s}^{eff}}{\left(L_{sg(SP)} - Z_{crack}\right) \cdot L_{b} \cdot ER}} + \frac{D_{s}^{eff}L_{crack}}{D_{crack}^{eff} \cdot \eta \cdot \left(L_{sg(SP)} - Z_{crack}\right)}$$

Flusso solo diffusivo e convettivo ($\Delta p \neq 0$)

$$\alpha_{sesp}\left[\frac{mg/m_{aria}^{3}}{mg/m_{soil-gas}^{3}}\right] = \frac{\frac{D_{s}^{eff}}{\left(L_{sg(SP)} - Z_{crack}\right) \cdot L_{b} \cdot ER} \cdot e^{\xi}}{e^{\xi} + \frac{D_{s}^{eff}}{\left(L_{sg(SP)} - Z_{crack}\right) \cdot L_{b} \cdot ER} + \frac{D_{s}^{eff} \cdot A_{b}}{Q_{s} \cdot \left(L_{sg(SP)} - Z_{crack}\right)} \cdot \left(e^{\xi} - 1\right)}$$

Flusso di vapore entrante nell'edificio, Q_s (cm³/s)

Nomenclatura

 $\begin{array}{l} L_{crack} = \text{spessore fondazioni (cm)} \\ L_b = Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (cm) \\ Z_{crack} = profondità fondazioni da p.c. (cm) \\ L_{sg\,(SP)} = Profondità sonda soil-gas associata al suolo profondo (cm) \\ D_s^{eff} = Coefficiente di diffusione nella zona insatura (cm²/s) \\ D_{crack}^{eff} = Coefficiente di diffusione nelle fondazioni (cm²/s) \\ ER = tasso di ricambio aria indoor (1/s) \\ \eta = Frazione areale di fratture indoor (-) \\ X_{crack} = perimetro delle fondazioni (cm) \\ \Delta p = Differenza di pressione tra indoor e outdoor (g/cm²/s) \\ k_v = Permeabilità del suolo al flusso di vapore (cm²) \\ A_b = Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione (cm²) \\ \mu_{air} = Viscosità del vapore (g/cm/s) \end{array}$



Tabella 32. Suolo Profondo: Lisciviazione in Falda

$$LF_{sp}\left[\frac{mg/L_{acqua}}{mg/kg_{suolo}}\right] = \min\begin{cases} LF_{sp}(1) = \frac{K_{ws} \cdot SAM}{LDF}\\ LF_{sp}(2) = \frac{d_s \cdot \rho_s}{I_{eff} \cdot \tau_{LF}} \end{cases}$$
(opzionale)

Soil Attenuation model, SAM (-)

$$SAM = \frac{d_s}{L_{gw} - L_{s(SP)}}$$
 (opzionale)

Fattore di diluizione, LDF (-)

$$LDF = 1 + \frac{v_{gw} \cdot \delta_{gw}}{I_{eff} \cdot W}$$

Coefficienti di Ripartizione (kg/L)

$$K_{ws} = \frac{\rho_s}{\theta_w + K_s \cdot \rho_s + H \cdot \theta_a} \qquad \qquad K_s = \begin{cases} K_d & \text{contaminanti inorganici} \\ K_{oc} \cdot f_{oc} & \text{composti organici} \end{cases}$$

Spessore zona di miscelazione, δ_{gw} (cm)

$$\delta_{gw} = (2 \cdot 0.0056 \cdot W^2)^{0.5} + d_a \cdot \left[1 - \exp\left(-\frac{W \cdot I_{eff}}{v_{gw} \cdot d_a}\right) \right] \qquad \text{Se } \delta_{gw} > d_a \rightarrow \delta_{gw} = d_a$$

Infilitrazione efficace (Opzionale, solo se viene attivato dall'utente)

$$I_{eff} = \beta \cdot P^2 \cdot \eta_{outdoo}$$

Terreni sabbiosi (Sand, Loamy Sand e SandyLoam) β =0.0018; terreni limosi (Sandy Clay Loam, Loam, Silt Loam e Silt) β =0.0009; terreni argillosi (Clay Loam, Silty Clay Loam, Silty Clay, Sandy Clay e Clay) β =0.00018.

Nomenclatura

 d_s = spessore della sorgente nel suolo profondo (cm) L_{gw} = soggiagenza della falda rispetto al p.c. (cm)

- $L_{s(SP)}$ = Profondità del top della sorgente nel suolo profondo rispetto al p.c. (cm)
- vgw= velocità di Darcy (cm/s)
- *K*_{sat}= conducibilità idraulica (cm/s)
- *I*_{eff} = *Infiltrazione* efficace (cm/s)
- T_{LF} = tempo di durata media del lisciviato(s)
- θ_w = Contenuto volumetrico di acqua nella zona insatura(-)
- θ_a = Contenuto volumetrico di aria nella zona insatura (-)
- θ_e = Porosità effettiva zona insatura (-)

- $\rho_s = Densità del suolo (g/cm^3)$
- foc = frazione di carbonio organico(-)
- d_a = spessore acquifero (cm)
- W = estensione della sorgente nella direzione principale del flusso di falda (cm)
- α_z = Dispersività verticale (cm)



Tabella 33. Eluato Green-Ampt

Fattore di attenuazione

$$AF_{SLM} = \frac{C_{Lf}}{C_0} = \exp\left[\left(\frac{\lambda \cdot R}{v_{gw}}\right) \cdot L\right]$$

Velocità di infiltrazione dell'acqua, v_{gw} (cm/s)

$$v_{gw} = \begin{cases} \frac{L}{t_{gw}} \\ I_{eff} \end{cases}$$

(a seconda dell'opzione scelta dall'utente)

(a seconda dell'opzione scelta dall'utente)

Tempo di raggiungimento della tavola d'acqua, t_{gw} (cm/s)

$$t_{gw} = \frac{\theta_a}{K_{sat}} \cdot \left[L - \left(H_w - h_{cr} \right) \cdot \ln \left(\frac{H_w + L - h_{cr}}{H_w - h_{cr}} \right) \right]$$

Velocità di infiltrazione dell'acqua, vgw (cm/s)

$$v_{gw} = \begin{cases} \frac{L}{t_{W}} \\ I_{eff} \end{cases}$$

(a seconda dell'opzione scelta dall'utente)

(a seconda dell'opzione scelta dall'utente)

Velocità di infiltrazione del contaminante vc (cm/s)

$$v_c = \frac{v_{gw}}{R}$$

Fattore di Ritardo, R (-)

$$R = 1 + K_s \frac{\rho_s}{\theta_e}$$

Dispersività longitudinale, α_x (cm)

Nomenclatura

$$\begin{split} \lambda &= \text{costante di biodegradazione del primo ordine(1/s)} \\ H_w &= \text{battente idrico in superficie (cm)} \\ L &= \text{Distanza dell'acquifero dal bottom della sorgente nel suolo insaturo (cm)} \\ hcr &= \text{carico idraulico critico (cm)} \\ \theta_{e,} &= \text{Porosità effettiva zona insatura (-)} \\ K_s &= \text{coefficiente di ripartizione soluto - fase adsorbita (mg/kg/mg/L)} \\ \rho_s &= \text{Densità del suolo (g/cm^3)} \\ K_{\text{sat}} &= \text{Conducibilità Idraulica (cm/s)} \end{split}$$



POC = Distanza punto di conformità (cm)

Tabella 35. Falda: Equazione di Domenico

Dispersione in tutte le direzioni - DAF1 (-)

$$C(x, y, z, t) = \frac{C_o}{8} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma$$

Dove:

$$\alpha = \exp\left[\frac{x}{2 \cdot \alpha_{x}}\left(1 - \sqrt{1 + \frac{4 \cdot \lambda \cdot \alpha_{x} \cdot R}{v_{e}}}\right)\right] \cdot erfc\left[\frac{R \cdot x - v_{e} \cdot t\sqrt{1 + \frac{4 \cdot \lambda \cdot \alpha_{x} \cdot R}{v_{e}}}}{2\sqrt{\alpha_{x} \cdot v_{e} \cdot R \cdot t}}\right]$$
$$\beta = \left[erf\left(\frac{y + 0.5S_{w}}{2\sqrt{\alpha_{y} \cdot x}}\right) - erf\left(\frac{y - 0.5S_{w}}{2\sqrt{\alpha_{y} \cdot x}}\right)\right]$$
$$\sum_{v \in V} \left[-c\left(\frac{z + \delta_{gw}}{2\sqrt{\alpha_{y} \cdot x}}\right) - c\left(\frac{z - \delta_{gw}}{2\sqrt{\alpha_{y} \cdot x}}\right)\right]$$

$$\gamma = \left[erf\left(\frac{z + \delta_{gw}}{2\sqrt{\alpha_z \cdot x}}\right) - erf\left(\frac{z - \delta_{gw}}{2\sqrt{\alpha_z \cdot x}}\right) \right]$$

Nomenclatura

 $\begin{array}{l} \lambda = \mbox{costante di biodegradazione del primo ordine(1/s)} \\ S_w = \mbox{larghezza della sorgente nella perpendicolare al flusso (cm)} \\ \overline{\delta_{gw}} = \mbox{spessore della zona di miscelazione (cm)} \\ x = \mbox{distanza longitudinale (cm)} \\ y = \mbox{posizione trasversale (cm)} \\ z = \mbox{posizione verticale (cm)} \\ R = \mbox{fattore di Ritardo (-)} \\ K_s = \mbox{coefficiente di ripartizione soluto - fase adsorbita (mg/kg/mg/L)} \\ \theta_{e,sat} = \mbox{Porosità effettiva zona satura (-)} \\ \rho_s = \mbox{Densità del suolo (g/cm^3)} \\ i = \mbox{gradiente idraulico (-)} \\ K_{sat} = \mbox{Conducibilità Idraulica (cm/s)} \\ \alpha_x = \mbox{Dispersività trasversale(cm)} \\ \alpha_z = \mbox{Dispersività verticale(cm)} \end{array}$



U_{air} = Velocità del vento (cm/s)

H = costante di Henry(-)





Tabella 38. Falda: Volatilizzazione vapori indoor

Flusso solo diffusivo ($\Delta p=0$)

$$VF_{wesp}\left[\frac{mg/m_{aria}^{3}}{mg/L_{acqua}}\right] = \frac{H \cdot \frac{D_{w}^{eff}}{\left(L_{gw} - Z_{crack}\right)L_{b} \cdot ER}}{1 + \frac{D_{w}^{eff}}{\left(L_{gw} - Z_{crack}\right)L_{b} \cdot ER} + \frac{D_{w}^{eff} \cdot L_{crack}}{D_{crack}^{eff} \left(L_{gw} - Z_{crack}\right)\eta} \cdot 10^{3}$$

Flusso solo diffusivo e convettivo (∆p≠0)

$$VF_{wesp}\left[\frac{mg/m_{aria}^{3}}{mg/L_{acqua}}\right] = \frac{H \cdot \frac{D_{w}^{eff}}{\left(L_{gw} - Z_{crack}\right)L_{b} \cdot ER} \cdot e^{\xi}}{e^{\xi} + \frac{D_{w}^{eff}}{\left(L_{gw} - Z_{crack}\right)L_{b} \cdot ER} + \frac{D_{w}^{eff} \cdot A_{b}}{Q_{s} \cdot \left(L_{gw} - Z_{crack}\right)} \cdot (e^{\xi} - 1)} \cdot 10^{3}$$

Flusso di vapore entrante nell'edificio, Q_s (cm³/s)

Nomenclatura

 $\begin{array}{l} L_{crack} = \text{spessore fondazioni (cm)} \\ L_b = Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (cm) \\ Z_{crack} = profondità fondazioni da p.c.(cm) \\ L_{gw} = Soggiacenza falda (cm) \\ D_w^{eff} = Coefficiente di diffusione globale dalla falda (cm²/s) \\ D_{crack}^{eff} = Coefficiente di diffusione nelle fondazioni (cm²/s) \\ ER = tasso di ricambio aria indoor (1/s) \\ \eta = Frazione areale di fratture indoor (-) \\ H = costante di Henry (-) \\ \rho_s = Densità del suolo (g/cm³) \\ X_{crack} = perimetro delle fondazioni (cm) \\ \Delta p = Differenza di pressione tra indoor e outdoor (g/cm²/s) \\ k_v = Permeabilità del suolo al flusso di vapore (cm²) \\ A_b = Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione (cm²) \\ \mu_{air} = Viscosità del vapore (g/cm/s) \end{array}$
Tabella 39. Falda: Volatilizzazione vapori indoor (Soil-Gas)

Flusso solo diffusivo ($\Delta p=0$)

$$\alpha_{wesp}\left[\frac{mg/m_{aria}^{3}}{mg/m_{soil-gas}^{3}}\right] = \frac{\frac{D_{w}^{ey}}{\left(L_{sg(GW)} - Z_{crack}\right)L_{b} \cdot ER}}{1 + \frac{D_{w}^{eff}}{\left(L_{sg(GW)} - Z_{crack}\right)L_{b} \cdot ER} + \frac{D_{w}^{eff} \cdot L_{crack}}{D_{crack}^{eff}\left(L_{sg(GW)} - Z_{crack}\right)\eta}}$$

Flusso solo diffusivo e convettivo (∆p≠0)

$$\alpha_{wesp}\left[\frac{mg/m_{aria}^{3}}{mg/m_{soil-gas}^{3}}\right] = \frac{\frac{D_{w}^{eff}}{\left(L_{sg(GW)} - Z_{crack}\right)L_{b} \cdot ER} \cdot e^{\xi}}{e^{\xi} + \frac{D_{w}^{eff}}{\left(L_{sg(GW)} - Z_{crack}\right)L_{b} \cdot ER} + \frac{D_{w}^{eff} \cdot A_{b}}{Q_{s} \cdot \left(L_{sg(GW)} - Z_{crack}\right)} \cdot (e^{\xi} - 1)}$$

Flusso di vapore entrante nell'edificio, Qs (cm³/s)

Nomenclatura

 $\begin{array}{l} L_{crack} = \text{spessore fondazioni (cm)} \\ L_b = Rapporto tra volume indoor ed area di infiltrazione (cm) \\ Z_{crack} = profondità fondazioni da p.c.(cm) \\ L_{sg (GW)} = Profondità sonda soil-gas associata alla falda (cm) \\ D_w^{eff} = Coefficiente di diffusione globale dalla falda (cm²/s) \\ D_{crack}^{eff} = Coefficiente di diffusione nelle fondazioni (cm²/s) \\ ER = tasso di ricambio aria indoor (1/s) \\ \eta = Frazione areale di fratture indoor (-) \\ \theta_e = Porosità effettiva zona insatura (-) \\ X_{crack} = perimetro delle fondazioni (cm) \\ \Delta p = Differenza di pressione tra indoor e outdoor (g/cm²/s) \\ k_v = Permeabilità del suolo al flusso di vapore (cm²) \\ A_b = Superficie totale coinvolta nell'infiltrazione (cm²) \\ \mu_{air} = Viscosità del vapore (g/cm/s) \end{array}$



Tabella 40. Coefficiente di diffusione

Coefficiente di diffusione effettiva nel suolo

$$D_{s}^{eff}\left[\frac{cm^{2}}{s}\right] = \frac{D_{a}\cdot\theta_{a}^{3,33}}{\theta_{e}^{2}} + \frac{D_{w}\cdot\theta_{w}^{3,33}}{H\cdot\theta_{e}^{2}}$$

Coefficiente di diffusione nella frangia capillare

$$D_{cap}^{eff}\left[\frac{cm^2}{s}\right] = \frac{D_a \cdot \theta_{acap}^{3,33}}{\theta_{e,cap}^2} + \frac{D_w \cdot \theta_{wcap}^{3,33}}{H \cdot \theta_{e,cap}^2}$$

Coefficiente di diffusione effettiva attraverso le fenditure delle fondazioni

$$D_{crack}^{eff}\left[\frac{cm^2}{s}\right] = \frac{D_a \cdot \theta_{acrack}}{\theta_{e,crack}^2} + \frac{D_w \cdot \theta_{wcrack}}{H \cdot \theta_{e,crack}^2}$$

Coefficiente di diffusione globale dalla falda

$$D_{w}^{eff}\left[\frac{cm^{2}}{s}\right] = \frac{h_{cap} + h_{v}}{\frac{h_{cap}}{D_{cap}^{eff}} + \frac{h_{v}}{D_{s}^{eff}}}$$

Coefficiente di diffusione effettiva globale nel suolo in caso di presenza di una lente

$$D_{s+lente}^{eff}\left[\frac{cm^2}{s}\right] = \frac{L_s}{\frac{L_s - h_{lente}}{D_{suolo}^{eff}} + \frac{h_{lente}}{D_{lente}^{eff}}}$$

Nomenclatura

 h_{cap} = spessore frangia capillare (cm) h_v = spessore zona insatura (cm) $h_{lente} =$ spessore lente nella zona insatura (cm) $L_s = profondità sorgente$ D_a = Coefficiente di diffusione molecolare in aria (cm²/s) D_w = Coefficiente di diffusione molecolare in acqua (cm²/s) θ_w = Contenuto volumetrico di acqua nella zona insatura (-) θ_a = Contenuto volumetrico di aria nella zona insatura (-) θ_{wcap} = Contenuto volumetrico di acqua nella frangia capillare (-) θ_{acap} = Contenuto volumetrico di aria nella frangia capillare (-) θ_{wcrack} = Contenuto volumetrico di acqua nelle fondazioni (-) θ_{acrack} = Contenuto volumetrico di aria nelle fondazioni (-) θ_e = Porosità effettiva zona insatura(-) $\theta_{e,cap} = Porosità effettiva zona capillare(-)$ $\theta_{e,crack} = Porosità effettiva fondazioni (-)$ *H* = costante di Henry (-) $\rho_s = Densità del suolo (g/cm^3)$



Tabella 41. Concentrazione di Saturazione, Csat

Concentrazione di Saturazione

$$C_{sat}\left[mg / kg\right] = \frac{\theta_w + H \cdot \theta_a + \rho_s \cdot K_s}{\rho_s} \cdot S$$

Coefficiente di Ripartizione (kg/L)

 $K_{s} = \begin{cases} K_{d} & \text{contaminanti inorganici} \\ K_{oc} \cdot f_{oc} & \text{composti organici} \end{cases}$

Nomenclatura

 θ_w = Contenuto volumetrico di acqua nella zona insatura (-) θ_a = Contenuto volumetrico di aria nella zona insatura (-) *f*_{oc} = *frazione di carbonio organico*(-) S = solubilità (mg/L)H = costante di Henry (-) ρ_s = Densità del suolo (g/cm³)

Tabella 42. Concentrazione Tal Quale vs. Concentrazione Sostanza Secca

CSR Tal quale

$$CSR_{TalQuale} \left[mg / kg \right] = CSR_{S.Secca} \cdot \left(1 - \frac{\theta_w}{\rho_s} \right)$$

Nomenclatura

CSR_{TalQuale} = Concentrazione Soglia di Rischio espressa sul tal quale (mg/kg T.Q.) CSR_{S.Secca} = Concentrazione Soglia di Rischio espressa sulla sostanza secca (mg/kg s.s.) θ_{W} = Contenuto di acqua nel suolo (-) ρ_s = Densità del suolo (g/cm³)

APPENDICE 4. CALCOLO FATTORI DI ESPOSIZIONE

I fattori di esposizione vengono utilizzati per descrivere il comportamento atteso per i diversi recettori presenti all'interno o in prossimità del sito, definiti dall'utente. In particolare può trattarsi di residenti (adulti, bambini o esposizione mediata) o lavoratori. Vengono presi in considerazione scenari di esposizione al chiuso (ambienti indoor) o all'aperto (outdoor). Tali modelli permettono di calcolare la dose assunta mediata su un lungo periodo di tempo (da decine di anni a tutta la vita).

Le vie di esposizione considerate sono:

- Contatto dermico con il suolo
- Ingestione di suolo
- Inalazione di vapori in ambienti outdoor
- Inalazione di vapori in ambienti indoor
- Inalazione di particolato in ambienti outdoor
- Inalazione di particolato in ambienti indoor
- Inalazione di particolato in ambienti outdoor
- Inalazione di particolato in ambienti indoor
- Ingestione di acqua (calcolata solo nel caso in cui non venga imposto il rispetto delle CSC delle acque sotterranee)

I recettori considerati sono:

Ambito Residenziale o Ricreativo

- Bambino
- Adulto
- Esposizione Mediata o Adjusted (Adulto + Bambino)

Ambito Industriale o Commerciale

Lavoratore Adulto

Per l'ambito residenziale/ricreativo per le sostanze cancerogene, è possibile stimare un'esposizione mediata pari alla somma di 6 anni di esposizione da bambino e di 24 anni da adulto, per un totale di 30 anni. In questo caso la portata EM è pari a:

$$EM_{adj} = \begin{cases} EM_{bambino} + EM_{adulto} & \text{(sostanze cancerogene)} \\ EM_{bambino} & \text{(sostanze non cancerogene)} \end{cases}$$

Dove EM_{bambino} ed EM_{adulto} sono calcolate considerando rispettivamente i parametri di esposizione di un bambino e di un adulto.



Tabella 43. Fattori di Esposizione				
Contatto dermico $EM\left[\frac{mg}{kg \times giorno}\right] = \frac{SA \cdot AF \cdot ABS \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}}$	BW = Peso corporeo (kg) EF = Frequenza di esposizione (giorni/anno) ED = Durata di esposizione (anni) AT = Tempo medio di esposizione (anni) (*) SA = Superficie di pelle esposta (cm ²) AF = Fattore di aderenza dermica (mg/(cm ² giorno) ABS = Fattore di assorbimento dermico (-)			
Ingestione di suolo $EM\left[\frac{mg}{kg \times giorno}\right] = \frac{IR \cdot FI \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}}$	BW = Peso corporeo (kg) EF = Frequenza di esposizione (giorni/anno) ED = Durata di esposizione (anni) AT = Tempo medio di esposizione (anni) (*) IR = Tasso di ingestione di suolo (mg/giorno) FI = Frazione di suolo ingerita (-)			
Inalazione di vapori e polveri outdoor $EM\left[\frac{m^{3}}{kg \times giorno}\right] = \frac{B_{o} \cdot EF_{go} \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}}$	$\begin{array}{l} BW = Peso \ corporeo \ (kg) \\ EF = Frequenza \ di \ esposizione \ (giorni/anno) \\ ED = Durata \ di \ esposizione \ (anni) \\ AT = Tempo \ medio \ di \ esposizione \ (anni) \ (*) \\ EF_{go} = Frequenza \ giornaliera \ outdoor \ (ore/giorno) \\ B_o = Inalazione \ outdoor \ (m^3/ora) \end{array}$			
Inalazione di vapori e polveri indoor $EM\left[\frac{m^3}{kg \times giorno}\right] = \frac{B_i \cdot EF_{gi} \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}}$	BW = Peso corporeo (kg) EF = Frequenza di esposizione (giorni/anno) ED = Durata di esposizione (anni) AT = Tempo medio di esposizione (anni) (*) EF _{gi} = Frequenza giornaliera indoor (ore/giorno) B _i = Inalazione indoor (m ³ /ora)			
Ingestione di acqua (opzionale) $EM\left[\frac{L}{kg \times giorno}\right] = \frac{IR_{w} \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}}$	BW = Peso corporeo (kg) EF = Frequenza di esposizione (giorni/anno) ED = Durata di esposizione (anni) AT = Tempo medio di esposizione (anni) (*) IR _w = Tasso di ingestione di acqua (L/giorno)			
Esposizione adjusted				
$EM_{adj} = \begin{cases} EM_{bambino} + EM_{adulto} & \text{(sostanze cancerogene)} \\ EM_{bambino} & \text{(sostanze non cancerogene)} \end{cases}$				

(*) Per le sostanze non cancerogene AT = ED

APPENDICE 5. SATURAZIONE CHIMICO-FISICA E RESIDUA

Concentrazione di Saturazione. I modelli di trasporto implementati nella procedura di Analisi di Rischio si basano su semplici modelli di ripartizione in cui viene assunto che il contaminante si ripartisca linearmente, secondo costanti di partizione specifiche del contaminante, come soluto, vapore e fase adsorbita al suolo. Sotto tali ipotesi la concentrazione totale nel suolo (C_{tot}) viene definita come:

$$C_{tot} = \frac{\theta_w + H \,\theta_a + \rho_s \, K_s}{\rho_s} \cdot C_{sol}$$

dove K_s è il coefficiente di ripartizione tra il soluto e la fase adsorbita⁹, *H* la costante di Henry, $\theta_w \in \theta_a$ il contenuto volumetrico di acqua e di aria, ρ_s la densità del terreno $e C_{sol}$ la concentrazione del soluto nell'acqua interstiziale.

Tale assunzione risulta valida fino a che la concentrazione totale presente nel suolo risulta inferiore alla concentrazione di saturazione, C_{sat} . Infatti al raggiungimento di tale concentrazione l'acqua e l'aria dei pori contengono una concentrazione di contaminante rispettivamente pari alla solubilità, *S*, e alla tensione di vapore. Di conseguenza da questo punto in poi le concentrazioni del soluto, della fase adsorbita¹⁰ e del vapore non aumentano più ma il contaminante inizia ad essere presente anche in fase separata (C_{libera}). La concentrazione totale (C_{tot}) al di sopra della saturazione è quindi pari a:

$$C_{tot} = C_{sat} + C_{liberal}$$

Con la concentrazione di saturazione, C_{sat}, pari a:

$$C_{sat} = \frac{\theta_w + H \,\theta_a + \rho_s \,K_s}{\rho_s} \cdot S$$

Il raggiungimento delle condizioni di saturazione (C_{sat}) dipende dalle proprietà chimicofisiche del contaminante (coefficiente di ripartizione, costante di Henry e solubilità) e dalle caratteristiche del suolo (densità, frazione di carbonio organico e contenuto volumetrico di acqua ed aria).

¹⁰ Con adsorbimento in questo contesto ci si riferisce al processo legato alle interazioni chimico-fisiche tra il suolo e il contaminante e non all'assorbimento di tipo meccanico che il suolo può esercitare su un fluido.



⁹ Nel caso delle sostanze organiche il coefficiente di ripartizione tra il soluto e la fase adsorbita può essere stimato come: $k_d = k_{OC} \cdot f_{OC}$; k_{OC} è la costante di partizione carbonio organico/acqua e f_{OC} è la frazione di carbonio organico contenuta nel suolo.

Concentrazione Residua (Screening Mobilità NAPL). Nel caso in cui il contaminante sia liquido a temperatura ambiente, lo standard ASTM E2081 assume che la fase separata che si forma al di sopra della C_{sat} , risulti immobile fino al raggiungimento della capacità di assorbimento meccanica del suolo (saturazione residua¹¹), oltre la quale può aver luogo la percolazione diretta come prodotto libero.

La capacità di assorbimento meccanico del suolo, che determina la mobilità del contaminante come fase separata, risulta un fenomeno piuttosto complesso che dipende da diversi fattori quali la densità e viscosità della sostanza e la tessitura del suolo. In Risk-net è stato implementato il modello semplificato riportato nello standard ASTM E2081-00, che permette di stimare le concentrazioni di screening per la zona satura ed

insatura, oltre le quali è atteso che la fase separata presente nel suolo diventi mobile:

$$RBSL_{NAPL} = \begin{cases} \frac{\theta_w + H(\theta_a - \theta_o) + \rho_s K_s}{\rho_s} \cdot S + \frac{\theta_o \cdot \rho_o}{\rho_s} \cdot 10^6 \frac{mg}{kg} & \text{(zona insatura)} \\ \frac{(\theta_e - \theta_o) + \rho_s K_s}{\rho_s} \cdot S + \frac{\theta_o \cdot \rho_o}{\rho_s} \cdot 10^6 \frac{mg}{kg} & \text{(zona satura)} \end{cases}$$

dove $\rho_o \dot{e}$ la densità del contaminante e θ_o la frazione volumetrica della fase residuale che può essere stimata come:

$$\theta_o = \theta_e \cdot S_r$$

 θ_e è la porosità efficace del suolo mentre S_r è la frazione residua dei pori. Come valore cautelativo lo standard ASTM suggerisce un valore della frazione residua pari a $S_r = 0,04$.

Applicazione dell'Analisi di Rischio in condizioni di saturazione. Il raggiungimento delle condizioni di saturazione complica e rende non lineare il calcolo del rischio e degli obiettivi di bonifica. Infatti, analogamente a quanto discusso per la ripartizione, a basse concentrazioni i rischi per i contatti indiretti (volatilizzazione e lisciviazione) crescono linearmente con la concentrazione fino ad arrivare ad un valore massimo alla concentrazione di saturazione quando, come descritto in precedenza, si raggiungono nell'acqua e nell'aria dei pori la solubilità e la tensione di vapore della sostanza. Il discorso risulta differente per i contatti diretti (ad esempio ingestione e contatto dermico con il suolo) per i quali si assume un aumento del rischio anche al di sopra della C_{sat} in quanto si assume correttamente che il recettore possa entrare in contatto con il contaminante anche in fase separata.

L'andamento non lineare del rischio comporta alcune complicazioni sia nel calcolo diretto

¹¹ La fase separata che si forma immediatamente al di sopra della C_{sat} risulta immobile in quanto trattenuta per capillarità nei pori del suolo, o soggetta a tensioni superficiali che ne ostacolano il movimento.



(analisi forward) che nel calcolo degli obiettivi di bonifica (analisi backward). Di seguito viene descritto come tale problematica è stata trattata nel software Risk-net.

Analisi Forward. Per il calcolo del rischio, nel caso di condizioni di saturazione (*CRS* > C_{sat}) si utilizzano le solite equazioni con l'unica differenza che per i contatti non diretti (volatilizzazione e lisciviazione) le *CRS* (Concentrazioni Rappresentative alla sorgente) vengono sostituite con la C_{sat} . Tale scelta, che risulta in accordo con quanto previsto negli standard e nei software di maggior utilizzo (ad eccezione dell'RBCA Tool-Kit ¹²), deriva da una limitazione dei tradizionali modelli di AdR che escludono meccanismi di migrazione per la lisciviazione diversi dal trasporto del soluto in fase disciolta. Per i contatti diretti (ad es. ingestione e contatto) tali concentrazioni, seppur superiori alla saturazione sono implementate tal quali nel software, in quanto il recettore può venire a contatto con il contaminante anche in fase separata. Tale opzione di verifica del raggiungimento delle condizioni di saturazione può essere disattivata (vedi paragrafo "Opzioni di Calcolo", pag. 22).

Analisi Backward. Per il calcolo degli obiettivi di bonifica, il raggiungimento delle condizioni di saturazione (C_{sat}) rende più complicata la procedura e l'identificazione delle Concentrazione Soglia di Rischio (*CSR*) per la matrice contaminata. In alcuni casi infatti le *CSR* calcolate per le vie indirette possono risultare superiori alla C_{sat} . In accordo con l'approccio implementato nei software più utilizzati a livello nazionale come RBCA Tool-Kit, RISC e Giuditta, nel caso di *CSR* > C_{sat} in Risk-net non vengono restituiti i valori limite per le vie che saturano (volatilizzazione e lisciviazione), ma viene indicato che si è in condizioni di saturazione (è comunque possibile visualizzare la CSR teorica).

Esaurimento della sorgente. 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. In particolare attivando questa opzione nel caso definite dall'utente superiori alla C_{sat} calcolata il bilancio di materia viene effettuato tenendo conto della concentrazione effettiva da verificare (CRS o CSR) e non della C_{sat} .



¹² II software RBCA Tool-kit nell'applicazione dell'AdR Forward non tiene conto dell'eventuale raggiungimento delle condizioni di saturazione, conducendo in alcuni casi, a sovrastime del rischio anche di diversi ordini di grandezza: "Backward-mode calculations screen out results that exceed solubility or soil residual concentrations for indirect pathways....Forward-mode calculations do not screen for these values, which may result in inappropriately large risk values.".

APPENDICE 6. UTILIZZO DEI DATI SOIL-GAS

Calcolo del Rischio. I dati di soil-gas possono essere innanzitutto utilizzati per calcolare l'effettivo rischio di volatilizzazione outdoor e indoor nei diversi punti di monitoraggio soilgas. Di seguito, sono riportate le equazioni implementate nel software che possono essere utilizzate per il calcolo del rischio e dell'indice di pericolo per i percorsi di volatilizzazione outdoor e indoor.

Inalazione di vapori outdoor

$$R_{InaO} = C_{soil-gas} \cdot \alpha_{samb} \cdot SF_{Ina} \cdot EM_{InaO}$$

$$HI_{InaO} = \frac{C_{soil-gas} \cdot \alpha_{samb} \cdot EM_{InaO}}{RfD_{Ina}}$$

Dove: $R = Rischio \ cancerogeno$ $HI = Indice \ di \ pericolo$ $C_{soil-gas} = Concentrazione \ misurata \ nel \ campione \ di \ soil-gas$ $SF_{Ina} = Slope \ factor \ per \ inalazione$ $RfD_{Ina} = Reference \ dose \ per \ inalazione$ $EM_{InaO} = Fattore \ di \ inalazione \ outdoor$

Inalazione di vapori indoor

$$R_{InaI} = C_{soil-gas} \cdot \alpha_{sesp} \cdot SF_{Ina} \cdot EM_{Inal}$$

$$HI_{Inal} = \frac{C_{soil-gas} \cdot \alpha_{sesp} \cdot EM_{Inal}}{RfD_{Ina}}$$

Dove: R = Rischio cancerogeno HI = Indice di pericolo $C_{soil-gas} = Concentrazione misurata nel soil-gas$ $SF_{Ina} = Slope factor per inalazione$ $RfD_{Ina} = Reference dose per inalazione$ $EM_{Inal} = Fattore di inalazione indoor$



Calcolo CSR. Le misure di soil-gas possono inoltre essere utilizzate per valutare l'attenuazione sito-specifica dei vapori osservata sul campo. In particolare, misurando la concentrazione nel soil-gas e la concentrazione in sorgente (localizzata nel terreno o nelle acque sotterranee) sulla verticale rispetto alla sonda soil-gas è possibile stimare l'attenuazione subita dai diversi contaminanti durante il trasporto dalla sorgente (presente nel suolo o in falda) al punto di prelievo del soil-gas. Facendo riferimento allo schema illustrato nella figura seguente, tale fattore, definito β , può essere facilmente stimato nel caso di volatilizzazione da falda o da suolo utilizzando le seguenti equazioni:

Suolo

$$\beta_{suolo} \left[\frac{mg / m^3}{mg / kg} \right] = \frac{C_{soil-gas}}{C_{suolo}}$$

<u>Falda</u>

$$\beta_{falda} \left[\frac{mg / m^3}{mg / L} \right] = \frac{C_{soil-gas}}{C_{falda}}$$

Dove: $C_{soil-gas} = Concentrazione misurata nel soil-gas (mg/m³)$ $C_{suolo} = Concentrazione misurata in sorgente nel suolo (mg/kg)$ $C_{falda} = Concentrazione misurata in falda (mg/L)$

I valori β da utilizzare per il calcolo dei fattori di trasporto delle diverse sorgenti di contaminazione possono essere o calcolati in automatico dal software sulla base delle concentrazioni definite in sorgente e nel soil-gas o definiti dall'utente sulla base di una elaborazione statistica dei singoli fattori di attenuazione stimati per ciascuna coppia di sonda soil-gas/piezometro (nel caso della falda o facendo riferimento alle concentrazioni nel terreno nel caso del calcolo del fattore di trasporto da suolo).

Una volta stimati i fattori β sito-specifici dai dati sperimentali ottenuti dalla campagna di monitoraggio e i fattori di attenuazione α calcolati tramite i modelli sopra descritti, è quindi possibile stimare i fattori di trasporto sito-specifici per ciascun contaminante e per le diverse vie di migrazione come riportato di seguito.

Volatilizzazione outdoor

$$VF_{samb,semi-empirico}\left[\frac{mg/m^3}{mg/kg}\right] = \beta_{suolo} \cdot \alpha_{samb}$$

$$VF_{wamb,semi-empirico}\left[\frac{mg/m^{3}}{mg/L}\right] = \beta_{falda} \cdot \alpha_{wamb}$$

Volatilizzazione indoor







Una volta stimati i fattori di trasporto sito-specifici, il software permette di calcolare, applicando le equazioni standard utilizzate nella procedura di analisi di rischio definita nelle linee guida ISPRA (2008), le nuove CSR per inalazione. Di seguito sono quindi descritte le equazioni da utilizzare che di fatto coincidono con quelle descritte nelle linee guida ISPRA (2008) ad eccezione del fattore di trasporto semi-empirico calcolato con le equazioni sopra descritte.



Inalazione di vapori outdoor da suolo

$$CSR_{s.InaO} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot VF_{samb,semi-empirico} \cdot EM_{InaO}} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina}}{VF_{samb,semi-empirico} \cdot EM_{InaO}} \end{cases}$$

Dove:

 $CSR_{canc} = CSR$ sostanze cancerogene $CSR_{non.canc} = CSR$ sostanze tossiche (non cancerogene) TR = Rischio accettabile ($TR = 10^{-6}$) THQ = Indice di Pericolo Accettabile (THQ=1) $SF_{Ina} = Slope factor per inalazione$ $RfD_{Ina} = Reference dose per inalazione$ $EM_{InaO} = Fattore di inalazione outdoor$ $VF_{samb,semi-empirico} = Fattore di volatilizzazione outdoor da suolo calcolato sulla base delle misure$ soil-gas

Inalazione di vapori indoor da suolo

$$CSR_{s.Inal} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot VF_{sesp, semi-empirico} \cdot EM_{Inal}} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina}}{VF_{sesp, semi-empirico} \cdot EM_{Inal}} \end{cases}$$

Dove:

 $CSR_{canc} = CSR$ sostanze cancerogene $CSR_{non.canc} = CSR$ sostanze tossiche (non cancerogene) $TR = Rischio accettabile (TR = 10^{-6})$ THQ = Indice di Pericolo Accettabile (THQ=1) $SF_{Ina} = Slope factor per inalazione$ $RfD_{Ina} = Reference dose per inalazione$ $EM_{Inal} = Fattore di inalazione indoor$ $VF_{sesp,semi-empirico} = Fattore di volatilizzazione indoor da suolo calcolato sulla base delle misure soil-$

gas

Inalazione di vapori outdoor da falda

$$CSR_{GW.InaO} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot VF_{wamb,semi-empirico} \cdot EM_{InaO}} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina}}{VF_{wamb,semi-empirico} \cdot EM_{InaO}} \end{cases}$$

Dove:

 $CSR_{canc} = CSR$ sostanze cancerogene $CSR_{non.canc} = CSR$ sostanze tossiche (non cancerogene) $TR = Rischio accettabile (TR = 10^{-6})$ THQ = Indice di Pericolo Accettabile (THQ=1) $SF_{Ina} = Slope factor per inalazione$ $RfD_{Ina} = Reference dose per inalazione$ $EM_{InaO} = Fattore di inalazione outdoor$ $VF_{wamb,semi-empirico} = Fattore di volatilizzazione outdoor da falda calcolato sulla base delle misure soil$ gas

Inalazione di vapori indoor da falda

$$CSR_{GW.Inal} = \min \begin{cases} CSR_{canc} = \frac{TR}{SF_{Ina} \cdot VF_{wesp,semi-empirico} \cdot EM_{Inal}} \\ CSR_{non.canc} = \frac{THQ \cdot RfD_{Ina}}{VF_{wesp,semi-empirico} \cdot EM_{Inal}} \end{cases}$$

Dove:

 $CSR_{canc} = CSR$ sostanze cancerogene $CSR_{non.canc} = CSR$ sostanze tossiche (non cancerogene) $TR = Rischio accettabile (TR = 10^{-6})$ THQ = Indice di Pericolo Accettabile (THQ=1) $SF_{Ina} = Slope factor per inalazione$ $RfD_{Ina} = Reference dose per inalazione$ $EM_{Inal} = Fattore di inalazione indoor$ $VF_{wesp,semi-empirico} = Fattore di volatilizzazione indoor da falda calcolato sulla base delle misure soil$ gas



APPENDICE 7. FATTORE DI AGGIUSTAMENTO (ADAF)

Come suggerito nel documento di supporto alla banca dati ISS-INAIL, per le sostanze cancerogene che agiscono attraverso un'azione genotossica, il software permette di definire un fattore di aggiustamento "ADAF" (Age Dependent Adjustment Factor) da applicare ai parametri tossicologici cancerogeni (SF Ing., SF Inal., IUR) in funzione dell'età del bersaglio potenzialmente esposto:

 $SF_{bambino} = SF \cdot ADAF$

In particolare, seguendo quanto indicato nel documento di supporto alla banca dati ISS-INAIL, nel database di default del software sono definiti per Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, 1,2,3-Tricloropropano, Diclorometano, Tricloroetilene e Acrillamide un fattore ADAF per il bambino pari a 3. Per il Cloruro di Vinile, per tener conto del diverso parametro tossicologico definito dall'IRIS per Bambini e Adulti, nel database del software è stato posto un fattore ADAF per il bambino pari a 2.

Si sottolinea che tali fattori ADAF sono modificabili nella schermata della banca dati interna al software.

APPENDICE 8. KOC E KD IN FUNZIONE DEL PH

Per le sostanze in cui il Koc ed il Kd sono funzione del pH, se si utilizza la Banca Dati di Default, nel software vengono adottati, in funzione del pH definito nel sito, i valori dei coefficienti di ripartizione riportati nelle tabelle seguenti (Fonte: Appendice Q; APAT-ISPRA, 2008).

Valori del Koc (L/kg) per gli organici che sono funzione del pH						
рН	Acido Benzoico	Clorofenoli 2	Diclorofenolo 2,4	Dinitrofenolo 2,4	Pentaclorofenolo	
4.9	5.5E+00	3.98E+02	1.59E+02	2.94E-02	9.05E+03	
5	4.6E+00	3.98E+02	1.59E+02	2.55E-02	7.96E+03	
5.1	3.9E+00	3.98E+02	1.59E+02	2.23E-02	6.93E+03	
5.2	3.3E+00	3.98E+02	1.59E+02	1.98E-02	5.97E+03	
5.3	2.7E+00	3.98E+02	1.59E+02	1.78E-02	5.10E+03	
5.4	2.3E+00	3.98E+02	1.58E+02	1.62E-02	4.32E+03	
5.5	1.9E+00	3.97E+02	1.58E+02	1.50E-02	3.65E+03	
5.6	1.7E+00	3.97E+02	1.58E+02	1.40E-02	3.07E+03	
5.7	1.4E+00	3.97E+02	1.58E+02	1.32E-02	2.58E+03	
5.8	1.2E+00	3.97E+02	1.58E+02	1.25E-02	2.18E+03	
5.9	1.1E+00	3.97E+02	1.57E+02	1.20E-02	1.84E+03	
6	9.7E-01	3.96E+02	1.57E+02	1.16E-02	1.56E+03	
6.1	8.8E-01	3.96E+02	1.57E+02	1.13E-02	1.33E+03	
6.2	8.0E-01	3.96E+02	1.56E+02	1.10E-02	1.15E+03	
6.3	7.4E-01	3.95E+02	1.55E+02	1.08E-02	9.98E+02	
6.4	6.9E-01	3.94E+02	1.54E+02	1.06E-02	8.77E+02	
6.5	6.5E-01	3.93E+02	1.53E+02	1.05E-02	7.81E+02	
6.6	6.2E-01	3.92E+02	1.52E+02	1.04E-02	7.03E+02	
6.7	6.0E-01	3.90E+02	1.50E+02	1.03E-02	6.40E+02	
6.8	5.8E-01	3.88E+02	1.47E+02	1.02E-02	5.92E+02	
6.9	5.6E-01	3.86E+02	1.45E+02	1.02E-02	5.52E+02	
7	5.5E-01	3.83E+02	1.41E+02	1.02E-02	5.21E+02	
7.1	5.4E-01	3.79E+02	1.38E+02	1.02E-02	4.96E+02	
7.2	5.3E-01	3.75E+02	1.33E+02	1.01E-02	4.76E+02	
7.3	5.3E-01	3.69E+02	1.28E+02	1.01E-02	4.61E+02	
7.4	5.2E-01	3.62E+02	1.21E+02	1.01E-02	4.47E+02	
7.5	5.2E-01	3.54E+02	1.14E+02	1.01E-02	4.37E+02	
7.6	5.1E-01	3.44E+02	1.07E+02	1.01E-02	4.29E+02	
7.7	5.1E-01	3.33E+02	9.84E+01	1.00E-02	4.23E+02	
7.8	5.1E-01	3.19E+02	8.97E+01	1.00E-02	4.18E+02	
7.9	5.1E-01	3.04E+02	8.07E+01	1.00E-02	4.14E+02	
8	5.1E-01	2.86E+02	7.17E+01	1.00E-02	4.10E+02	

Tabella 44. Valori Koc in funzione del pH per i contaminanti organici (1/2)

```
<u>REGONnet</u>
```

Valori del Koc (L/kg) per gli organici che sono funzione del pH						
рН	Tetraclorofenolo 2,3,4,5	Tetraclorofenolo 2,4,6	Triclorofenolo 2,4,5	Triclorofenolo 2,4,6		
4.9	1.73E+04	4.45E+03	2.37E+03	1.04E+03		
5	1.72E+04	4.15E+03	2.36E+03	1.03E+03		
5.1	1.70E+04	3.83E+03	2.36E+03	1.02E+03		
5.2	1.67E+04	3.49E+03	2.35E+03	1.01E+03		
5.3	1.65E+04	3.14E+03	2.34E+03	9.99E+02		
5.4	1.61E+04	2.79E+03	2.33E+03	9.82E+02		
5.5	1.57E+04	2.45E+03	2.32E+03	9.62E+02		
5.6	1.52E+04	2.13E+03	2.31E+03	9.38E+02		
5.7	1.47E+04	1.83E+03	2.29E+03	9.10E+02		
5.8	1.40E+04	1.56E+03	2.27E+03	8.77E+02		
5.9	1.32E+04	1.32E+03	2.24E+03	8.39E+02		
6	1.24E+04	1.11E+03	2.21E+03	7.96E+02		
6.1	1.15E+04	9.27E+02	2.17E+03	7.48E+02		
6.2	1.05E+04	7.75E+02	2.12E+03	6.97E+02		
6.3	9.51E+03	6.47E+02	2.06E+03	6.44E+02		
6.4	8.48E+03	5.42E+02	1.99E+03	5.89E+02		
6.5	7.47E+03	4.55E+02	1.91E+03	5.33E+02		
6.6	6.49E+03	3.84E+02	1.82E+03	4.80E+02		
6.7	5.58E+03	3.27E+02	1.71E+03	4.29E+02		
6.8	4.74E+03	2.80E+02	1.60E+03	3.81E+02		
6.9	3.99E+03	2.42E+02	1.47E+03	3.38E+02		
7	3.33E+03	2.13E+02	1.34E+03	3.00E+02		
7.1	2.76E+03	1.88E+02	1.21E+03	2.67E+02		
7.2	2.28E+03	1.69E+02	1.07E+03	2.39E+02		
7.3	1.87E+03	1.53E+02	9.43E+02	2.15E+02		
7.4	1.53E+03	1.41E+02	8.19E+02	1.95E+02		
7.5	1.25E+03	1.31E+02	7.03E+02	1.78E+02		
7.6	1.02E+03	1.23E+02	5.99E+02	1.64E+02		
7.7	8.31E+02	1.17E+02	5.07E+02	1.53E+02		
7.8	6.79E+02	1.13E+02	4.26E+02	1.44E+02		
7.9	5.56E+02	1.08E+02	3.57E+02	1.37E+02		
8	4.58E+02	1.05E+02	2.98E+02	1.31E+02		

Tabella 45. Valori Koc in funzione del pH per i contaminanti organici (2/2)

Valori Kd (L/kg) per inorganici che sono funzione del pH						
рН	Arsenico	Bario	Berillio	Cadmio	Cromo III	Cromo VI
4.9	2.5E+01	1.1E+01	2.3E+01	1.5E+01	1.2E+03	3.1E+01
5	2.5E+01	1.2E+01	2.6E+01	1.7E+01	1.9E+03	3.1E+01
5.1	2.5E+01	1.4E+01	2.8E+01	1.9E+01	3.0E+03	3.0E+01
5.2	2.6E+01	1.5E+01	3.1E+01	2.1E+01	4.9E+03	2.9E+01
5.3	2.6E+01	1.7E+01	3.5E+01	2.3E+01	8.1E+03	2.8E+01
5.4	2.6E+01	1.9E+01	3.8E+01	2.5E+01	1.3E+04	2.7E+01
5.5	2.6E+01	2.1E+01	4.2E+01	2.7E+01	2.1E+04	2.7E+01
5.6	2.6E+01	2.2E+01	4.7E+01	2.9E+01	3.5E+04	2.6E+01
5.7	2.7E+01	2.4E+01	5.3E+01	3.1E+01	5.5E+04	2.5E+01
5.8	2.7E+01	2.6E+01	6.0E+01	3.3E+01	8.7E+04	2.5E+01
5.9	2.7E+01	2.8E+01	6.9E+01	3.5E+01	1.3E+05	2.4E+01
6	2.7E+01	3.0E+01	8.2E+01	3.7E+01	2.0E+05	2.3E+01
6.1	2.7E+01	3.1E+01	9.9E+01	4.0E+01	3.0E+05	2.3E+01
6.2	2.8E+01	3.3E+01	1.2E+02	4.2E+01	4.2E+05	2.2E+01
6.3	2.8E+01	3.5E+01	1.6E+02	4.4E+01	5.8E+05	2.2E+01
6.4	2.8E+01	3.6E+01	2.1E+02	4.8E+01	7.7E+05	2.1E+01
6.5	2.8E+01	3.7E+01	2.8E+02	5.2E+01	9.9E+05	2.0E+01
6.6	2.8E+01	3.9E+01	3.9E+02	5.7E+01	1.2E+06	2.0E+01
6.7	2.9E+01	4.0E+01	5.5E+02	6.4E+01	1.5E+06	1.9E+01
6.8	2.9E+01	4.1E+01	7.9E+02	7.5E+01	1.8E+06	1.9E+01
6.9	2.9E+01	4.2E+01	1.1E+03	9.1E+01	2.1E+06	1.8E+01
7	2.9E+01	4.2E+01	1.7E+03	1.1E+02	2.5E+06	1.8E+01
7.1	2.9E+01	4.3E+01	2.5E+03	1.5E+02	2.8E+06	1.7E+01
7.2	3.0E+01	4.4E+01	3.8E+03	2.0E+02	3.1E+06	1.7E+01
7.3	3.0E+01	4.4E+01	5.7E+03	2.8E+02	3.4E+06	1.6E+01
7.4	3.0E+01	4.5E+01	8.6E+03	4.0E+02	3.7E+06	1.6E+01
7.5	3.0E+01	4.6E+01	1.3E+04	5.9E+02	3.9E+06	1.6E+01
7.6	3.1E+01	4.6E+01	2.0E+04	8.7E+02	4.1E+06	1.5E+01
7.7	3.1E+01	4.7E+01	3.0E+04	1.3E+03	4.2E+06	1.5E+01
7.8	3.1E+01	4.9E+01	4.6E+04	1.9E+03	4.3E+06	1.4E+01
7.9	3.1E+01	5.0E+01	6.9E+04	2.9E+03	4.3E+06	1.4E+01
8	3.1E+01	5.2E+01	1.0E+05	4.3E+03	4.3E+06	1.4E+01

Tabella 46. Valori Kd in funzione del pH per i contaminanti inorganici (1/2)

Valori Kd (L/kg) per inorganici che sono funzione del pH						
рН	Mercurio	Nickel	Argento	Selenio	Tallio	Zinco
4.9	4.0E-02	1.6E+01	1.0E-01	1.8E+01	4.4E+01	1.6E+01
5	6.0E-02	1.8E+01	1.3E-01	1.7E+01	4.5E+01	1.8E+01
5.1	9.0E-02	2.0E+01	1.6E-01	1.6E+01	4.6E+01	1.9E+01
5.2	1.4E-01	2.2E+01	2.1E-01	1.5E+01	4.7E+01	2.1E+01
5.3	2.0E-01	2.4E+01	2.6E-01	1.4E+01	4.8E+01	2.3E+01
5.4	3.0E-01	2.6E+01	3.3E-01	1.3E+01	5.0E+01	2.5E+01
5.5	4.6E-01	2.8E+01	4.2E-01	1.2E+01	5.1E+01	2.6E+01
5.6	6.9E-01	3.0E+01	5.3E-01	1.1E+01	5.2E+01	2.8E+01
5.7	1.0E+00	3.2E+01	6.7E-01	1.1E+01	5.4E+01	3.0E+01
5.8	1.6E+00	3.4E+01	8.4E-01	9.8E+00	5.5E+01	3.2E+01
5.9	2.3E+00	3.6E+01	1.1E+00	9.2E+00	5.6E+01	3.4E+01
6	3.5E+00	3.8E+01	1.3E+00	8.6E+00	5.8E+01	3.6E+01
6.1	5.1E+00	4.0E+01	1.7E+00	8.0E+00	5.9E+01	3.9E+01
6.2	7.5E+00	4.2E+01	2.1E+00	7.5E+00	6.1E+01	4.2E+01
6.3	1.1E+01	4.5E+01	2.7E+00	7.0E+00	6.2E+01	4.4E+01
6.4	1.6E+01	4.7E+01	3.4E+00	6.5E+00	6.4E+01	4.7E+01
6.5	2.2E+01	5.0E+01	4.2E+00	6.1E+00	6.6E+01	5.1E+01
6.6	3.0E+01	5.4E+01	5.3E+00	5.7E+00	6.7E+01	5.4E+01
6.7	4.0E+01	5.8E+01	6.6E+00	5.3E+00	6.9E+01	5.8E+01
6.8	5.2E+01	6.5E+01	8.3E+00	5.0E+00	7.1E+01	6.2E+01
6.9	6.6E+01	7.4E+01	1.0E+01	4.7E+00	7.3E+01	6.8E+01
7	8.2E+01	8.8E+01	1.3E+01	4.3E+00	7.4E+01	7.5E+01
7.1	9.9E+01	1.1E+02	1.6E+01	4.1E+00	7.6E+01	8.3E+01
7.2	1.2E+02	1.4E+02	2.0E+01	3.8E+00	7.8E+01	9.5E+01
7.3	1.3E+02	1.8E+02	2.5E+01	3.5E+00	8.0E+01	1.1E+02
7.4	1.5E+02	2.5E+02	3.1E+01	3.3E+00	8.2E+01	1.3E+02
7.5	1.6E+02	3.5E+02	3.9E+01	3.1E+00	8.5E+01	1.6E+02
7.6	1.7E+02	4.9E+02	4.8E+01	2.9E+00	8.7E+01	1.9E+02
7.7	1.8E+02	7.0E+02	5.9E+01	2.7E+00	8.9E+01	2.4E+02
7.8	1.9E+02	9.9E+02	7.3E+01	2.5E+00	9.1E+01	3.1E+02
7.9	1.9E+02	1.4E+03	8.9E+01	2.4E+00	9.4E+01	4.0E+02
8	2.0E+02	1.9E+03	1.1E+02	2.2E+00	9.6E+01	5.3E+02

Tabella 47. Valori Kd in funzione del pH per i contaminanti inorganici (2/2)