

Rischi di incidenti rilevanti su strade di grande transito

Rapporto sul metodo di screening
1° aprile 2010



Sommario

1	Situazione di partenza e obiettivi	1
2	Procedimento e delimitazione.....	4
3	Strutturazione dei rischi.....	7
3.1	Sostanze di riferimento.....	7
3.2	Scenari di incidenti rilevanti	8
4	Frequenza di fuoriuscita	11
4.1	Quote di fuoriuscita	11
4.2	Frequenza di fuoriuscita	15
5	Quantificazione dei rischi per le persone	18
5.1	Approccio metodologico	18
5.2	Scenari di esposizioni.....	18
5.3	Procedimento generale per valutare l'entità dei danni	26
5.4	Sostanza di riferimento benzina: entità dei danni	27
5.5	Sostanza di riferimento propano: entità dei danni	33
5.6	Sostanza di riferimento cloro: entità dei danni.....	39
6	Quantificazione dei rischi per l'ambiente	45
6.1	Approccio metodologico	45
6.2	Sostanza di riferimento benzina: entità dei danni	48
6.3	Sostanza di riferimento epicloridrina: entità dei danni.....	59
7	Criteri di esclusione	62
8	Ricapitolazione e prospettive	68

Allegati

- A1 Testi di riferimento
- A2 Esempio di applicazione

1 Situazione di partenza e obiettivi

Le strade di grande transito sulle quali vengono trasportate o trasbordate merci pericolose ai sensi della SDR/ADR sottostanno all'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti (OPIR), entrata in vigore il 1° aprile 1991. L'Ufficio federale delle strade (USTRA) è responsabile dell'esecuzione dell'OPIR per le strade nazionali, mentre i rimanenti assi di grande transito sono di competenza dei Cantoni. Nella procedura di valutazione stabilita dall'ordinanza, inoltre, viene coinvolto anche l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) come servizio specializzato della Confederazione. Scopo dell'OPIR è proteggere la popolazione e l'ambiente (acque di superficie e acque sotterranee) da danni gravi dovuti a incidenti rilevanti. I rischi sono valutati per mezzo di due strumenti, il „Rapporto breve“ e l'„Analisi dei rischi“.

Oggi l'applicazione dell'OPIR sulle strade di grande transito presenta notevoli differenze a seconda delle regioni. Per molti tratti, in particolare autostrade e strade cantonali molto trafficate, a partire dal 1993 sono stati elaborati rapporti brevi. Questi, tuttavia, nel frattempo non corrispondono più, in tutti i loro aspetti, alla situazione odierna, a seguito soprattutto dei mutamenti intervenuti nel trasporto di merci pericolose, negli standard di costruzione delle strade e nelle adiacenze (ad es. densità degli insediamenti). Infine, per alcune strade di grande transito non è ancora mai stato elaborato nessun rapporto breve.

L'attuale procedura per l'elaborazione di rapporti brevi, così come descritta nel Manuale III per le strade di grande transito, viene considerata da più parti come troppo onerosa e burocratica. La procedura per determinare i valori H_s suggerita dal Manuale III, inoltre, viene ritenuta in parte troppo grossolana, in particolare per quanto riguarda l'influsso delle misure di sicurezza presenti. Anche se queste possono essere rilevate quantitativamente nella procedura per l'elaborazione del rapporto breve, nella prassi questa operazione non viene quasi mai fatta, perché mancano indicazioni operative concrete. Di conseguenza, poiché i valori H_s rispecchiano solo in misura insufficiente l'effettiva entità dei rischi, occorre sviluppare un'alternativa alla procedura di calcolo prevista dal Manuale III.

Per l'esecuzione dell'OPIR nell'ambito della ferrovia, già alla fine degli anni Novanta è stato sviluppato un metodo di screening che successivamente è stato applicato più volte sull'intera rete. In ambito ferroviario questo metodo si è imposto come importante strumento per la valutazione dei rischi a livello di rapporto breve e sarà pertanto considerato tra i criteri di valutazione dell'OPIR, che attualmente sono in fase di rielaborazione.

Per accelerare e semplificare l'esecuzione dell'OPIR, si intende ora sviluppare un metodo di screening anche per le strade di grande transito (strade nazionali e cantonali ai sensi dell'ordinanza concernente le strade di grande transito), così da valutare i rischi per le persone e per l'ambiente legati al trasporto di merci pericolose. A questo scopo diversi servizi cantonali incaricati dell'esecuzione dell'OPIR nonché l'USTRA e l'UFAM hanno formato un gruppo di lavoro e coinvolto la ditta Ernst Basler + Partner AG per l'elaborazione tecnica.

Il metodo di screening che si intende sviluppare comprende i seguenti elementi chiave:

- Un metodo di calcolo. Esso consente di determinare in termini quantitativi, sulla base di scenari, i rischi per le persone e per l'ambiente, in forma di curve cumulative in funzione delle grandezze influenti specifiche ai tratti. Al contrario del metodo previsto dal Manuale III, vengono tenute in debito conto anche le misure di sicurezza presenti (ad es. sistemi di drenaggio e dispositivi per la trattenuta dei veicoli).
- La definizione di criteri di esclusione. Sulla scorta di dati in merito al tratto di carreggiata preso in esame facilmente accessibili, deve essere possibile compiere un vaglio tra
 - tratti i cui rischi possono essere giudicati – senza bisogno di compiere ulteriori analisi – come irrilevanti, per cui in linea di principio non è necessario procedere a un'analisi specifica;
 - tratti i cui rischi non possono essere ritenuti irrilevanti, per cui si rende necessario uno screening, allo scopo di decidere se la procedura può essere conclusa a livello di rapporto breve o se è necessario passare a un livello superiore (analisi dei rischi).
- Un'applicazione informatica. Grazie a essa è possibile, partendo da grandezze influenti specifiche ai tratti (caratteristiche della strada e delle adiacenze, misure di sicurezza presenti), stabilire e documentare le relative curve cumulative, semplicemente „schiacciando un bottone“.

La base metodica unitaria e l'applicazione informatica faciliteranno l'elaborazione di rapporti brevi e permetteranno di valutare comparativamente i rischi legati al trasporto di merci pericolose sulla rete stradale. In questo modo sarà possibile applicare l'OPIR nel modo più efficace e omogeneo possibile. L'esecuzione diventerà più rapida a livello di rapporto breve, in particolare per quanto riguarda i tratti non critici, consentendo così ai servizi responsabili di concentrarsi sui tratti veramente problematici.

Il metodo di screening dovrebbe costituire, analogamente al Manuale III, una base di riferimento comune per valutare i rischi a livello di rapporto breve. Non permette, tuttavia, di giudicare, se le misure di sicurezza presenti rispettino lo stato della tecnica; a questo scopo sono necessarie informazioni supplementari.

Allo sviluppo del metodo di screening hanno partecipato, sotto la direzione dei servizi cantonali argoviesi, i seguenti rappresentanti di autorità federali e cantonali:

Adrian Gloor	Ufficio federale delle strade
Richard Bischof	Ufficio federale dell'ambiente
Raymond Dumont (dir. del progetto)	Amt für Verbraucherschutz (Cantone di Argovia)
Hans Bossler	Kantonales Laboratorium (Cantone di Basilea Città)
Markus Flisch	Kantonales Laboratorium (Cantone di Berna)
Jesper Hansen	Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (Cantone di Zurigo)
Adrian Lüscher	Amt für Verbraucherschutz (Cantone di Argovia)
Mirco Moser	Ufficio delle industrie, della sicurezza e della protezione del suolo (Cantone del Ticino)
Jörg Rickenbacher	Sicherheitsinspektorat (Cantone di Basilea Campagna)
Bernd Weinert	Amt für Umwelt und Energie (Cantone di San Gallo)
Hanspeter Willi	Amt für Natur und Umwelt (Cantone dei Grigioni)

2 Procedimento e delimitazione

Metodo di screening, criteri di esclusione

Il metodo di screening segue la stessa articolazione della procedura per l'analisi dei rischi ai sensi dell'OPIR (cfr. Immagine 1). Le singole tappe, inclusi i dati e le ipotesi utilizzati di volta in volta, sono descritte in modo dettagliato nel capitolo seguente. Esse vengono illustrate singolarmente per i rischi per le persone (indicatore: vittime – occupanti di veicoli e persone al di fuori della carreggiata), per i rischi ambientali (indicatori: acque di superficie e acque sotterranee contaminate) e per le sostanze di riferimento determinanti ai sensi dell'OPIR, in modo che sia possibile stabilire le grandezze influenti specifiche ai tratti.

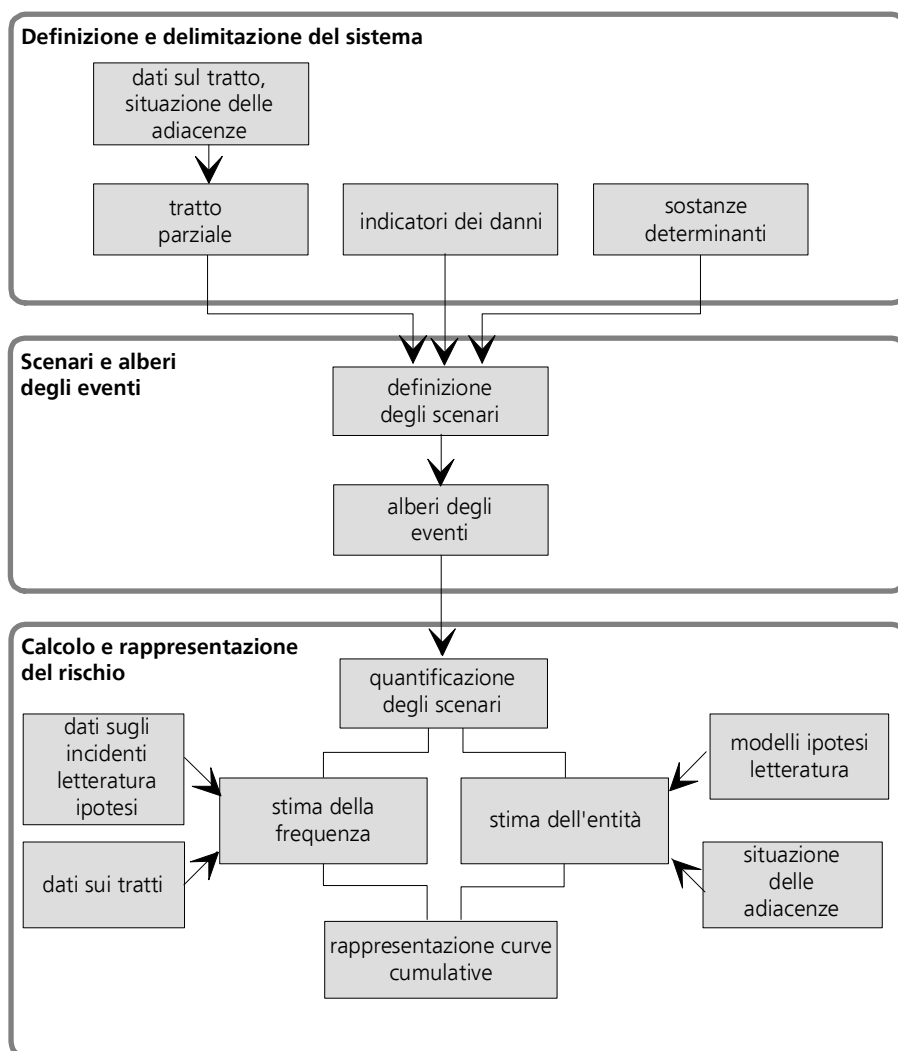


Immagine 1: Metodo generale per l'elaborazione di un'analisi dei rischi

Per determinare i criteri di esclusione si adotta il seguente procedimento:

- Nel diagramma H-A viene stabilita una linea soglia che la curva cumulativa non deve superare, perché i criteri di esclusione possano essere considerati soddisfatti.
- Viene stabilito quali dati specifici di un tratto, semplici da determinare, debbano essere considerati per definire i criteri di esclusione (ad es. TGM) e quali invece no, dato che non sempre possono essere quantificati senza compiere ulteriori accertamenti (ad es. dati in merito ai bacini di ritenuta nel sistema di drenaggio).
- Applicando il metodo di screening, i dati che possono essere considerati come criteri di esclusione vengono associati a valori numerici, sulla scorta dei quali è possibile giudicare se la curva cumulativa complessiva si situa, per un determinato fattore, al di sotto della linea soglia prefissata. Ciò dovrebbe valere anche quando vengono indicati valori sfavorevoli per i dati determinanti da non utilizzare (ad es. nel caso manchi un bacino di ritenuta nel sistema di drenaggio).

Il presente rapporto descrive il metodo di screening (capitoli 3-6) ed espone i criteri di esclusione in base ai quali è possibile individuare, per mezzo di dati facilmente accessibili, i tratti che presentano rischi irrilevanti (capitolo 7). Il rapporto finisce con una breve ricapitolazione.

Applicazione informatica

Per utilizzare efficacemente il metodo di screening, viene elaborata un'applicazione informatica, che persegue i seguenti scopi:

- Suddividere il perimetro dell'indagine in unità omogenee (designate in seguito come "elementi") per calcolare i rischi; gli elementi possono essere dotati di designazioni specifiche in modo da essere identificati in maniera univoca.
- Per ogni elemento, rilevare in maniera sistematica in un file Excel le grandezze determinanti specifiche di un tratto (caratteristiche della strada e delle adiacenze nonché misure di sicurezza presenti o pianificate), da cui dipendono l'entità dei rischi oppure la situazione delle curve cumulative.
- Determinare la curva cumulativa per sostanza di riferimento e indicatore di danno per un numero qualsiasi di elementi (perimetro di valutazione) all'interno del perimetro di indagine e documentare i risultati per mezzo di liste e immagini in un file Excel. A questo scopo sono stati definiti i parametri necessari, che l'utente non può tuttavia modificare.¹⁾

1) È possibile fornire agli organi di esecuzione dell'OPIR una versione del programma nella quale possono essere modificati i parametri più importanti (ad es. quote di fuoriuscita per veicolo e km).

L'uso dell'applicazione informatica viene illustrato nel documento separato Rischi di incidenti rilevanti su strade di grande transito – Manuale per l'applicazione informatica "Screening delle strade di grande transito", versione 1.0" [Manuale 2010].

3 Strutturazione dei rischi

3.1 Sostanze di riferimento

Gli effetti degli incidenti rilevanti dipendono in maniera determinante dalle proprietà delle sostanze fuoriuscite. Per questo motivo vengono prese in esame, dal punto di vista dei danni alle persone e all'ambiente ai sensi dell'OPIR, sostanze di riferimento specifiche particolarmente rappresentative. Le loro proprietà determinanti nonché i potenziali pericoli a loro legati vengono descritti alla tabella 1 alla tabella 2. Sostanze con proprietà paragonabili vengono catalogate sotto la sostanza di riferimento (cfr. colonna "sostanze più importanti").

Rischi per le persone

Vengono prese in esame le tre sostanze di riferimento benzina, propano e cloro, perché ritenute rappresentative di tutte le altre sostanze rilevanti dal punto di vista dei danni alle persone (cfr. Tabella 1).

sostanza di riferimento	proprietà determinanti	sostanze più importanti	rischi per le persone
benzina	liquida, facilmente infiammabile	benzina e carburanti simili, diversi solventi, cherosene	<ul style="list-style-type: none">• esposizione eccessiva al calore (incendio)• effetto della pressione e ferimento da schegge (esplosione)
propano	gas liquido sotto pressione, facilmente infiammabile	propano, butano, altri idrocarburi, cloruro di vinile	<ul style="list-style-type: none">• esposizione eccessiva al calore (incendio)• effetto della pressione e ferimento da schegge (esplosione)
cloro	gas liquido sotto pressione, tossico per l'essere umano	cloro, acido cloridrico, ammoniac	<ul style="list-style-type: none">• effetti tossici se inalato

Tabella 1: *Dati sulle sostanze di riferimento analizzate dal punto di vista dei danni alle persone*

Rischi per l'ambiente

Per quanto riguarda i danni all'ambiente, in caso di contaminazione di acque di superficie vengono considerate le sostanze di riferimento benzina ed epicloridrina, mentre in caso di contaminazione di acque sotterranee ci si basa sulla sostanza di riferimento benzina (cfr. Tabella 2).

sostanza di riferimento	proprietà determinanti	sostanze più importanti	rischi per l'ambiente
benzina	liquida, facilmente infiammabile	benzina e carburanti simili, diversi solventi, cherosene	<ul style="list-style-type: none">• inquinamento delle acque da medio a forte (WGK da 2 a 3)• tossica per organismi acquatici
epicloridrina	liquida, tossica, idrosolubile	epicloridrina, ammine, ecc.	<ul style="list-style-type: none">• forte inquinamento delle acque (WGK 3)

Tabella 2: Dati sulle sostanze di riferimento analizzate dal punto di vista dei danni all'ambiente

3.2 Scenari di incidenti rilevanti

I possibili tipi di fuoriuscita e le ripercussioni di eventi in cui sono coinvolte merci pericolose vengono analizzati attraverso scenari che descrivono possibili tipologie di incidenti rilevanti. Quest'ultimi vengono rappresentati nella seguente tabella, in base ai rischi per le persone che le diverse sostanze di riferimento comportano.

sostanza di riferimento	tipi di fuoriuscita	tipi di diffusione e di effetti
benzina	• fuoriuscita spontanea di ca. 20 t (400 kg/s in ca. 50 s)	• accensione immediata e incendio di pozza all'interno o all'esterno dell'area stradale ²⁾
	• fuoriuscita continua di ca. 20 t (13,3 kg/s in ca. 25 min)	• accensione immediata e incendio di pozza all'interno o all'esterno dell'area stradale
propano	• cedimento del serbatoio con fuoriuscita spontanea di 12 t (in fase liquida) (400 kg/s in 30 s)	• accensione immediata (BLEVE) • accensione ritardata e incendio di nube
	• fuoriuscita continua di 6 t ³⁾ (in fase liquida) (3,3 kg/s in 3 min)	• accensione immediata e dardo di fuoco • accensione ritardata e incendio di nube
cloro ⁴⁾	• trasporto di quattro contenitori mobili, ognuno con 1'000 kg di sostanza; di questi, uno viene danneggiato e svuotato completamente a 1 m dal suolo (500 kg/s)	• diffusione di gas pesante ed effetti tossici per le persone
	• fuoriuscita continua di 500 kg a 1 m dal suolo (8,3 kg/s in 1 min)	• diffusione di gas pesante ed effetti tossici per le persone

Tabella 3: Prospetto degli scenari di incidenti rilevanti analizzati dal punto di vista dei rischi per le persone

I rischi per l'ambiente vengono esaminati per mezzo dei seguenti scenari, ordinati per sostanza di riferimento:

- 2) Si presuppone che, per effetto dei sistemi di drenaggio, non si formi nessuna pozza oltre il margine della carreggiata, per quanto il veicolo coinvolto nell'incidente non abbandoni il campo stradale. Poiché le differenze tra gli effetti dell'accensione immediata e quelli dell'accensione ritardata sono minimi, si analizza unicamente il primo caso. Esplosioni delle canalizzazioni non vengono considerate.
- 3) Corrisponde a una fuoriuscita continua in caso di falla a media altezza in una cisterna di 12 t piena, una cisterna di 12 t piena a metà o una cisterna di 6 t piena.
- 4) Sulla composizione tipica dei carichi nei trasporti di cloro sono disponibili unicamente pochi dati. Nel definire gli scenari di incidenti rilevanti si è pertanto maggiormente costretti a fare affidamento su ipotesi rispetto a quanto avviene nel caso delle altre due sostanze di riferimento. È invece noto che, al contrario di quanto avviene per il propano, in Svizzera non circolano autocisterne che trasportano cloro (Allegato 3 SDR).

sostanza di riferimento	tipi di fuoriuscita	tipi di diffusione e di effetti
benzina	• fuoriuscita spontanea di ca. 20 t ⁵⁾ (400 kg/s in ca. 50 s)	<ul style="list-style-type: none"> • formazione di pozze all'interno o all'esterno dell'area stradale e afflusso diretto o indiretto in acque di superficie • infiltrazione e afflusso in acque sotterranee, nel caso di fuoriuscita ai lati oppure di drenaggio ai bordi della carreggiata
	• fuoriuscita continua di ca. 20 t (13,3 kg/s in ca. 25 min)	
	• fuoriuscita spontanea di ca. 5 t (100 kg/s in ca. 50 s)	
	• fuoriuscita continua di ca. 5 t (14 kg/s in ca. 6 min)	
epicloridrina⁶⁾	• cedimento del serbatoio con fuoriuscita spontanea di 5 t (100 kg/s in ca. 50 s)	<ul style="list-style-type: none"> • formazione di pozze all'interno o all'esterno dell'area stradale • afflusso in acque di superficie
	• fuoriuscita continua di 5 t ⁷⁾ (5,6 kg/s in ca. 15 min)	

Tabella 4: Prospetto degli scenari di incidenti rilevanti analizzati dal punto di vista dei rischi per l'ambiente

- 5) Il valore di 20 t è stato scelto perché le acque di superficie possono essere contaminate soltanto a partire da un'infiltrazione di 15 t. Da quando sono state introdotte le 40 tonnellate, anche in Svizzera circolano veicoli in grado di trasportare 20 t di benzina.
- 6) L'afflusso di epicloridrina nelle acque sotterranee non viene preso in considerazione, poiché la frequenza di questo tipo di evento e l'entità dei danni (la corrente delle acque sotterranee trascina via le sostanze solubili in tempi comparativamente brevi) sono, rispetto alla sostanza principale benzina, sensibilmente minori.
- 7) La quantità di benzina fuoriuscita più ridotta (5 t) viene considerata, perché per le acque sotterranee sono possibili danni rilevanti già a partire da fuoriuscite sensibilmente inferiori a 20 t.

4 Frequenza di fuoriuscita

4.1 Quote di fuoriuscita

Questo capitolo mostra come è possibile ricavare i tassi di incidenti e di fuoriuscita in rapporto alla prestazione chilometrica. Il capitolo seguente espone, invece, come è possibile stabilire su questa base la frequenza effettiva delle fuoriuscite.

In media, se considerati tutti i tipi di strada, i tassi di incidenti nel traffico pesante sono in leggera diminuzione (cfr. Immagine 2). È pertanto opportuno calcolare i tassi medi di incidenti e di fuoriuscita per veicolo e per chilometro sulla scorta dei dati statistici attuali in questo ambito.

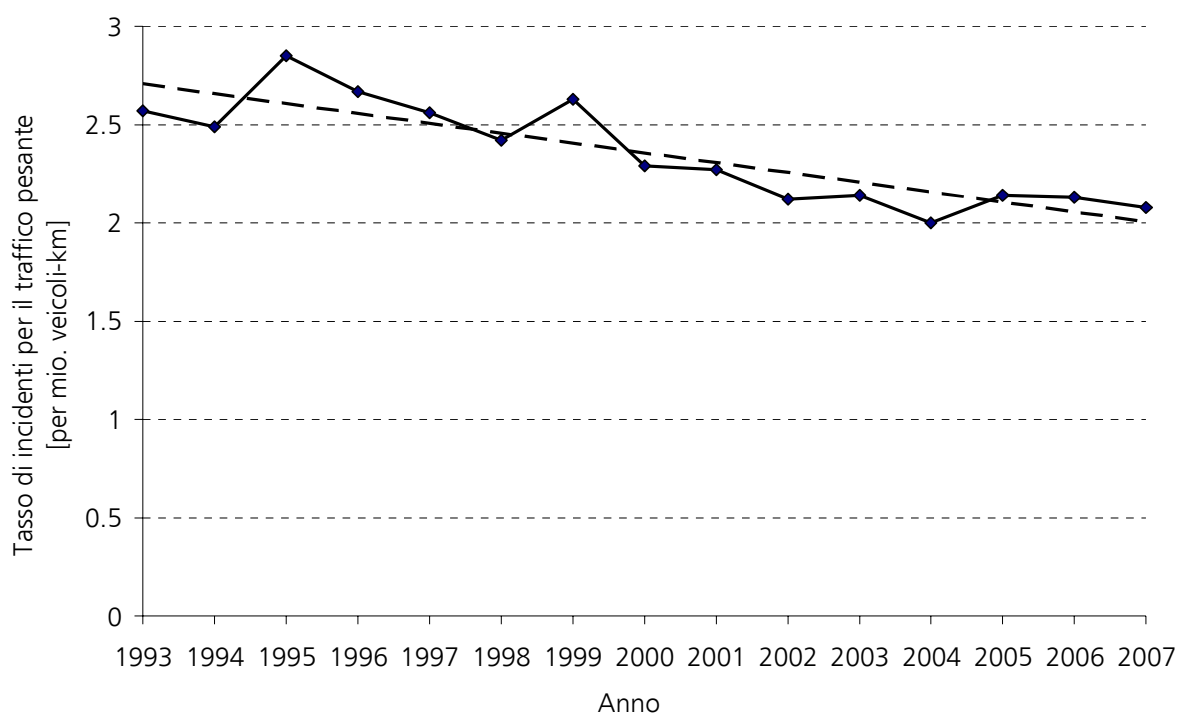


Immagine 2: Evoluzione del tasso di incidenti per il traffico pesante (con curva di tendenza lineare) (media rispetto a tutti i tipi di strada). Fonte: dati UST e upi

I seguenti dati sono a disposizione per l'analisi:

- Numero di incidenti all'anno in cui vedono coinvolti veicoli immatricolati per il trasporto di merci pericolose (veicoli SDR), suddiviso secondo il tipo di strada e l'entità dei danni materiali.⁸⁾ Il valore medio negli otto anni tra il 2000 e il 2007 viene illustrato alla Tabella 5.

danni materiali ai veicoli coinvolti	numero annuale di incidenti con veicoli SDR (media 2000 - 2007)				
	autostrada	semiautostrada	strada principale	strade rimanenti	totale CH
<5'000.-	2.4	0.1	7.1	8.3	17.9
5'000.- - 20'000.-	8.8	0.3	9.6	7.6	26.3
20'000.- - 50'000.-	2.0	0.0	3.3	0.8	6.0
>50'000.-	1.5	0.4	2.0	0.5	4.4
<i>tutte le classi</i>	<i>14.6</i>	<i>0.8</i>	<i>22.0</i>	<i>17.1</i>	<i>54.5</i>

Tabella 5: Numero medio di incidenti annuali che vedono coinvolti veicoli SDR in base al tipo di strada e alla classe di danni materiali

- Prestazione chilometrica in tutta la Svizzera di tutti i veicoli SDR: $1.9 \cdot 10^8$ veicolo-km (cfr. [Statistica SDR 2007]).

Per determinare i tassi di fuoriuscita, è necessario formulare ancora diverse ipotesi:

- Distribuzione della prestazione chilometrica di tutti i veicoli SDR a seconda del tipo di strada, cfr. Immagine 3.⁹⁾

8) Sono disponibili esclusivamente i dati che vengono rilevati sistematicamente nei verbali degli incidenti. Non viene invece registrato se sono fuoriuscite merci pericolose a seguito dell'incidente e in quali quantità. Si può tuttavia presupporre che la gravità dell'incidente e con essa la probabilità che vengano rilasciate merci pericolose, nonché la quantità fuoriuscita, siano tanto maggiori, quanto maggiore è il danno materiale causato.

9) I valori possono essere stimati in maniera relativamente affidabile a partire dai dati sulle prestazioni chilometriche del traffico pesante suddivisi in base al tipo di trasporto (traffico di transito, import/export, traffico interno), valutando la quota di prestazioni chilometriche per ognuno di questi tipi di trasporti sui diversi tipi di strada (ad es. 98 % su autostrade, per il traffico di transito).

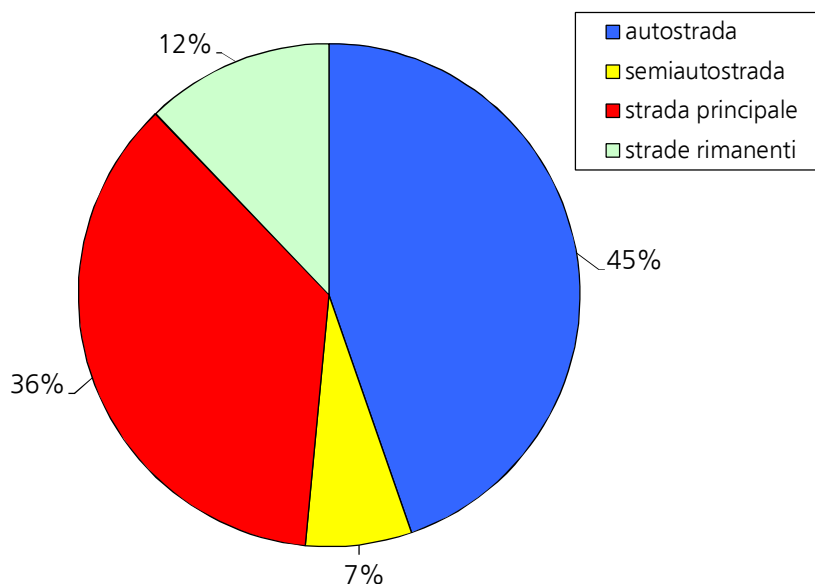


Immagine 3: Distribuzione della prestazione chilometrica in base al tipo di strada

- Quota dei tragitti a vuoto: 50 %
- Probabilità di fuoriuscita nel caso di un tragitto con merci pericolose (non un tragitto a vuoto), a seconda della categoria di danni materiali. Si parte dai presupposti illustrati dalla Tabella 6.

	danni materiali ai veicoli coinvolti nell'incidente [CHF]			
	< 5'000.-	5'000.- - 20'000.-	20'000.- - 50'000.-	>50'000.-
probabilità di fuoriuscita rilevante	0%	3%	20%	60%

Tabella 6: Probabilità di fuoriuscita rilevante, in base ai danni materiali, per un trasporto SDR completo (vale a dire non un tragitto a vuoto). I valori si riferiscono a fuoriuscite di merci pericolose liquide superiori a 1'000 l.

Da questi dati risultano i tassi di fuoriuscita per veicolo-km illustrati dalla Tabella 7 (come base di partenza vengono indicati in corsivo anche i tassi di incidenti nel traffico SDR nonché, a scopo comparativo, i tassi medi di incidenti per l'insieme del traffico pesante):

tasso di eventi [per veicolo-km]	Autostrada	Semi-autostrada	strada principale	strade restanti
fuoriuscite traffico SDR	9.0E-09	8.7E-09	1.5E-08	1.4E-08
incidenti traffico SDR	1.7E-07	5.6E-08	3.1E-07	7.2E-07
incidenti traffico pes. complessivo	1.0E-06	4.7E-07	2.4E-06	8.2E-06

Tabella 7: Risultati relativi ai tassi di fuoriuscita nel traffico SDR in base al tipo di strada e – come valori comparativi – ai tassi di incidenti nel traffico SDR e nell'insieme del traffico pesante

Per controllare la plausibilità dei tassi così calcolati, è possibile determinare, sulla scorta delle prestazioni chilometriche e della quota di tragitti carichi, la frequenza delle fuoriuscite su tutto il territorio nazionale. Ne risultano i seguenti valori:

	autostrada	semiautostrada	strada principale	strade restanti	tutte le strade
frequenza delle fuoriuscite in Svizzera [all'anno]	0.39	0.06	0.53	0.17	1.15

Tabella 8: Proiezioni sulla frequenza delle fuoriuscite in Svizzera, suddivise in base al tipo di strada

Per rendere plausibili le stime che è necessario compiere al fine di determinare la frequenza delle fuoriuscite si valuta, a partire dalle statistiche sugli incidenti, la frequenza su tutto il territorio nazionale di fuoriuscite rilevanti (superiori a 1'000 l). La Tabella 9 elenca tutti gli eventi noti agli autori del presente rapporto, che si sono verificati tra il 2000 e il 2008 sulle strade svizzere.

Data	Luogo	sostanza	quantità fuoriuscita [l]	tipo di strada interno / esterno abitato
19.05.00	Pratteln	Viscolam PS 166	2'000	all'esterno dell'abitato
02.06.00	Kreuzlingen	Benzina	diversi 1'000	all'esterno dell'abitato
11.11.00	Frick	Benzina	4'000	all'esterno dell'abitato
23.06.03	Chiasso	Diesel	1'000	strada principale
27.10.03	Chiasso	Diesel	1'000	strada principale
24.05.04	Cadenazzo	nafta	1'000	autostrada
17.12.05	Cadenazzo	Diesel	1'500	autostrada
07.11.07	Aarau	solvente per rifiuti	1'500	all'interno dell'abitato

Tabella 9: Lista di tutte le fuoriuscite di merci pericolose sulle strade svizzere a partire dal 2000 (quantità superiori a 1'000 l)

Se si attribuiscono i tre eventi della Tabella 9 che si sono verificati all'esterno dell'abitato al tipo "strada principale", si ottengono, per un periodo di 9 anni, 2 fuoriuscite di merci pericolose su autostrada, 5 su strada principale e 1 su un altro tipo di strada. Questi dati corrispondono a fre-

quenze annue dello 0,22 (autostrada), dello 0,56 (strade principali) e dello 0,11 (strade rimanenti), per una frequenza complessiva di 0,89 all'anno. Benché nella Tabella 9 possano mancare singoli eventi maggiori, i tassi di frequenza della Tabella 7 ottenuti in base a proiezioni vanno ritenuti plausibili.

Per il propano e il cloro, le due sostanze di riferimento trasportate in forma liquida (in contenitori a pressione e a pareti spesse), si parte da un tasso dieci volte inferiore. Nel caso dell'epicloridrina, altra sostanza di riferimento allo stato liquido, si parte dal tasso utilizzato per la benzina. La Tabella 10 riassume ancora una volta questi valori, in base questa volta all'unità "per veicolo e 100 m".

tasso medio di fuoriuscita [per veicolo e 100 m]	Autostrada	Semi-autostrada	assi di grande traffico restanti
sost. di rif. benzina e epicloridrina	9.0E-10	8.7E-10	1.5E-09
sost. di rif. propano e cloro	9.0E-11	8.7E-11	1.5E-10

Tabella 10: Tassi medi di fuoriuscita per veicolo e 100 m, per le 4 sostanze di riferimento prese in esame, suddivisi in base al tipo di strada

Su un tratto, i tassi specifici di incidenti e, con essi, i tassi di fuoriuscita possono scostarsi dal valore medio. Nel caso di curve strette, svincoli (autostrade) e intersezioni (restanti assi di grande transito), possono risultare, in determinate circostanze, valori sensibilmente maggiori. È possibile tener conto di queste divergenze correggendo i tassi medi di fuoriuscita con un fattore apposito, che gli utenti dell'applicazione informatica per lo screening possono stabilire a loro discrezione in una fascia compresa tra 10 (tasso di fuoriuscita fortemente superiore alla media) e 0,1 (tasso di fuoriuscita inferiore alla media).¹⁰⁾

4.2 Frequenza di fuoriuscita

A partire dai tassi di fuoriuscita illustrati sopra è possibile determinare, per una precisata sostanza di riferimento j , la frequenza delle fuoriuscite H_j , secondo la formula seguente:

$$H_j = h_j \cdot f_{\text{incidente}} \cdot 365 \cdot TGM \cdot QTP \cdot QMP \cdot QSR_j \quad [\text{per anno e 100 m}] \quad (\text{Formula 1})$$

¹⁰⁾ Divergenze di 1 devono essere motivate, ad es. sulla scorta di dati sugli incidenti avvenuti sul tratto in questione o sulla base della presenza di fattori specifici come intersezioni oppure svincoli autostradali.

Dove:

h_j : tasso medio di fuoriuscita della sostanza di riferimento, per veicolo e 100 m, in base alla Tabella 10

$f_{\text{incidente}}$: fattore di correzione specifico di un tratto per il tasso medio di fuoriuscita (cfr. capitolo 4.1, ultimo paragrafo)

TGM: traffico giornaliero medio specifico di un tratto [veicoli al giorno]

QTP: quota del traffico pesante rispetto al TGM specifico di un tratto

QMP: quota del traffico di merci pericolose rispetto al traffico pesante specifico di un tratto

QSR_j: quota della sostanza di riferimento j rispetto al traffico pesante specifico di un tratto

Qui di seguito vengono illustrati valori tipici per i dati QTP, QMP e QSP:

- QTP: in base all'analisi dell'Ufficio federale di statistica (UST) dei movimenti di veicoli e delle prestazioni chilometriche nel traffico di persone e nel traffico pesante per il 2007, risulta una quota di traffico pesante rispetto all'insieme del traffico (QTP) del 3,5 %.¹¹⁾ Il Manuale III OPIR presuppone un valore medio per la Svizzera del 6 %.
- QMP: secondo il Manuale III OPIR, la quota di traffico di merci pericolose rispetto all'insieme del traffico ammonta in Svizzera attorno all'8 %. Secondo l'Ufficio tedesco di statistica di Wiesbaden [SBW, 2008], in Germania la QMP si situa, sulla base di un'analisi del 2001-2006, attorno al 5,5 %.
- QSR: le quote delle diverse classi di merci pericolose rispetto al traffico che le concerne sono elencate nel Manuale III OPIR come valori medi in Svizzera (fattori ASK). La quota delle classi di merci pericolose 2, quella delle sostanze liquide infiammabili (sostanza di riferimento benzina), viene attestata al 70 %. Secondo l'Ufficio tedesco di statistica di Wiesbaden [SBW, 2008], in Germania la quota delle sostanze liquide infiammabili rispetto al trasporto di merci pericolose si situa attorno al 68 %. Nell'analisi pilota si fa riferimento a un valore del 60 %. Sulla scorta dei dati statistici forniti dall'UST [UST 2008] in merito alle prestazioni dei veicoli di trasporto merci è stato calcolato, in funzione di tonnellate per chilometro, un valore ASK per prodotti a base di oli minerali attorno al 52 %.¹²⁾

In linea di principio, i valori per $f_{\text{incidente}}$, TGM, QTP, QMP e QSR_j devono essere stabiliti specificamente per un tratto. Eccezion fatta per il TGM e per i dati relativi agli incidenti con i quali determinare il valore di $f_{\text{incidente}}$, tuttavia, nella maggior parte dei casi non sono disponibili dati in

11) In base ai dati dell'UST, la prestazione chilometrica dell'insieme del traffico nel 2007 è stata di 62'972 mio. veicoli-km e la prestazione chilometrica del traffico pesante di 2'203 mio. veicoli-km.

12) Nel metodo di screening si presuppone un valore ASK del 60 % per la sostanza principale benzina e si ritiene che 2/3 di questa siano rappresentati da diesel e olio da riscaldamento e 1/3 da benzina. Si calcola, inoltre, che il diesel e l'olio da riscaldamento presentino una probabilità di prendere fuoco 10 volte inferiore rispetto alla benzina.

merito. Per l'applicazione pratica è pertanto opportuno fornire raccomandazioni in merito ai valori standard. Quest'ultime sono formulate nel manuale per l'applicazione informatica [Manuale 2010].

5 Quantificazione dei rischi per le persone

5.1 Approccio metodologico

Come usuale nelle analisi quantitative del rischio vengono esaminati, per ognuna delle tre sostanze di riferimento (benzina, propano e cloro), diversi scenari, rappresentati in forma di alberi degli eventi. In questo modo è possibile tener conto degli influssi del caso sull'entità dei danni. I possibili condizionamenti possono essere suddivisi in tre gruppi:

- tipo di fuoriuscita (scenari relativi alle fuoriuscite)
- effetti e loro diffusione (scenari relativi agli effetti)
- esposizione delle persone nell'area colpita (scenari di esposizioni).

Gli scenari relativi alle fuoriuscite e quelli relativi agli effetti dipendono fortemente dalle proprietà dei composti chimici presi in considerazione e vengono pertanto documentati singolarmente per ognuna delle sostanze di riferimento (cfr. capitoli da 5.4 a 5.6). Al contrario gli scenari di esposizioni non dipendono dalla sostanza di riferimento e vengono descritti nel capitolo successivo.

5.2 Scenari di esposizioni

Panoramica

In generale gli effetti delle merci pericolose diminuiscono con l'aumento della distanza dal luogo di fuoriuscita. Per tener conto di questa circostanza, l'esposizione delle persone viene analizzata per tre fasce di distanze differenti e che non si sovrappongono, di volta in volta per entrambi i lati¹³⁾ dell'elemento preso in esame. Le tre fasce sono:

- 0 – 50 m (la letalità per tutte e tre le sostanze è > 0)
- 50 – 200 m (la letalità per la sostanza di riferimento benzina è trascurabile, mentre per le altre due sostanze di riferimento, almeno per singoli scenari, è > 0)
- 200 – 500 m (la letalità per le sostanze di riferimento benzina e propano è trascurabile, mentre invece resta > 0 per il cloro)

13) Siccome non vengono documentati rischi che dipendono dalla direzione (ad es. non vengono considerate le possibili condizioni del vento), si fa la media tra i dati concernenti il lato sinistro e il lato destro della strada.

Nel caso di distanze superiori ai 500 m, anche gli scenari che prevedono una diffusione degli effetti ad ampio raggio non incidono più in maniera significativa sull'entità dei danni. In questi casi l'esposizione delle persone non deve più, di conseguenza, essere presa in considerazione.

Per quanto riguarda l'esposizione delle persone si distingue fra tre diversi gruppi:

- La popolazione residente e le persone impegnate sul loro posto di lavoro. In questo caso è possibile avvalersi di dati dell'Ufficio federale di statistica elaborati elettronicamente, disponibili in griglie divise per ettari. I valori impiegati rappresentano delle medie.
- Assembramenti di persone che si formano regolarmente e che non confluiscono nei dati relativi alla popolazione residente e ai posti di lavoro di cui sopra (ad es. centri commerciali, scuole).¹⁴⁾ Questi dati devono essere rilevati "a mano" per fascia di distanze. Per ridurre il dispendio che comporta questo tipo di elaborazione, conviene limitarsi alla fascia di distanze fino a 200 m per ogni lato della strada.
- Occupanti di veicoli che circolano sul tratto preso in esame. Particolarmente importanti sono le formazioni di coda, siccome gli incidenti che vedono coinvolte merci pericolose portano spesso a imbottigliamenti; la presenza di persone in un tratto di strada imbottigliato comporta valori nettamente superiori rispetto a quelli riguardanti tratti di strada dove il traffico è scorrevole. In coda, inoltre, la durata dell'esposizione può essere sensibilmente maggiore rispetto a quella subita dagli occupanti di veicoli che possono percorrere rapidamente una zona soggetta agli effetti di merci pericolose (ad es. gas tossici). Dato che il numero di persone che si trovano in un imbottigliamento dipende dal volume di traffico al momento dell'incidente e dal tipo di veicoli coinvolti, sempre dal punto di vista degli effetti dell'esposizione, si distinguono quattro scenari:
 - volume di traffico nella media e un torpedone occupato integralmente in coda¹⁵⁾
 - volume di traffico nella media e nessun torpedone in coda
 - volume di traffico sopra la media e nessun torpedone in coda
 - volume di traffico sotto la media e nessun torpedone in coda

Per i primi due gruppi di persone, inoltre, si distingue tra due tipi di esposizione possibili, poiché essi influiscono sulla letalità della fuoriuscita di merci pericolose:

- le persone esposte si trovano all'aperto,
- le persone esposte si trovano all'interno di edifici.

Il periodo, infine, durante il quale le merci pericolose possono essere trasportate, viene suddiviso in due fasce, sempre per tener conto di differenze nell'esposizione delle persone:

- durante il tempo di lavoro (8h – 17h nei giorni feriali, vale a dire 45 ore la settimana)

14) Gli assembramenti di persone che si formano solo per periodi di tempo limitati (ad es. negli stadi) non possono, al contrario, essere presi in considerazione, siccome è possibile distinguere unicamente tra due fasce di tempo prestabilite (di giorno, ossia durante i tempi di lavoro usuali, e i periodi rimanenti, durante i quali i veicoli pesanti sono autorizzati a circolare).

15) Viene considerato unicamente il caso che un torpedone occupato integralmente si trovi a una distanza compresa tra 0 e 50 m dal luogo dell'incidente.

- tempi rimanenti al di fuori del divieto di circolare la notte (5h – 8h e 17h – 22h nei giorni feriali e 5h – 22h il sabato, vale a dire 57 ore la settimana), in seguito designati sinteticamente come "ore ai margini della giornata e sabato" e "tempi di trasporto rimanenti".

Popolazione residente e persone sul posto di lavoro: come quantificare l'esposizione

I valori di base (densità della popolazione residente e dei posti di lavoro) sono grandezze influenzate specifiche ai tratti, che chi applica il metodo di screening deve indicare singolarmente come valori per km², per ognuna delle tre fasce di distanza (0 – 50 m, 50 – 200 m e 200 – 500 m). Per differenziare in base alle due fasce orarie nonché in base alla presenza delle persone all'aperto oppure all'interno di edifici si fa ricorso a fattori di presenza; questi permettono di stabilire la percentuale di popolazione residente e di persone sul posto di lavoro che, per ognuna delle fasce orarie, si trattiene mediamente all'aperto oppure all'interno di un edificio. I fattori di presenza si basano sulle direttive contenute nell'attuale rapporto quadro "Impianti a gas naturale" (progetto), rispetto alle quali si è tuttavia reso necessario apportare alcune modifiche, visto che il rapporto tiene conto di altre fasce orarie (incluse le ore notturne, vale a dire 24 ore al giorno).

segmento di popolazione	periodo di tempo	all'interno di edifici	all'aperto
popolazione residente	durante il tempo di lavoro (45 ore)	22 %	3 %
	ore a margine della giornata e sabato (57 ore)	54 %	6 %
persone sul posto di lavoro	durante il tempo di lavoro (45 ore)	81 %	9 %
	ore a margine della giornata e sabato (57 ore)	4,5 %	0,5 %

Tabella 11: Fattori di presenza per la popolazione residente e per la popolazione sul posto di lavoro (fonte: attuale rapporto quadro "Impianti a gas naturale" (progetto), leggermente adattato)

Il numero assoluto di persone all'interno di edifici o all'aperto si ottiene moltiplicando la densità di persone in ognuna delle fasce di distanze per la superficie rispettiva (secondo una simmetria radiale). Sommando la popolazione residente e le persone sul posto di lavoro risultano i valori complessivi per entrambe le esposizioni e le fasce orarie.

Persone a bordo di veicoli: come quantificare l'esposizione

Il calcolo del numero di utenti del traffico che, all'interno delle tre fasce di distanze prese in considerazione (0 – 50 m, 50 – 200 m e 200 – 500 m), possono essere esposti agli effetti di merci pericolose, si basa su una serie di ipotesi:

- Numero di corsie imbottigliate:
 - strade a due corsie con traffico in senso inverso: blocco completo a causa di un incidente che vede coinvolte merci pericolose, con formazione di coda in entrambe le direzioni;
 - strade divise per direzione di marcia a partire da 2 corsie per parte: blocco completo di tutte le corsie nel senso di marcia del veicolo all'origine dell'incidente e, di conseguenza, nessuna formazione di code in senso inverso. Nondimeno si ipotizza che anche i veicoli che circolano in senso inverso possano essere toccati dagli effetti delle merci pericolose (cfr. Tabella 14).
- Volume di traffico al momento dell'incidente: si distingue tra scenari con volume "sopra la media" / "nella media" / "sotto la media", in corrispondenza a un volume di veicoli per unità di tempo, che diverge di un fattore 2 / 1 / 0,5 rispetto al valore medio.
- Il fronte della coda si situa sempre sul luogo dell'incidente, per cui si suppone a titolo conservativo che sia il primo veicolo, sia tutti quelli che seguono non possono mantenere una distanza di sicurezza rispettivamente dal veicolo dell'incidente o dal veicolo che li precede. La distanza media tra i veicoli in coda nelle vicinanze del fronte viene valutata a 6,5 m (fonte: PRA 1999). Nel caso di un torpedone questo valore è di ca. 10 m superiore. Si presuppone anche che la lunghezza delle code sia la stessa su tutte le corsie imbottigliate.
- Per ogni scenario si assume un periodo di tempo caratteristico Δt_{coda} , nel corso del quale le merci pericolose fuoriuscite hanno effetti attivi e si forma la coda (i veicoli che finiscono incolonnati in seguito non sono toccati, dato che gli effetti si sono già attenuati). Per stabilire questo periodo di tempo, ci si riferisce ai seguenti valori:
 - accensione spontanea delle sostanze di riferimento benzina e propano: 20 s
 - accensione ritardata delle sostanze di riferimento benzina e propano: 60 s
 - effetti tossici della sostanza di riferimento cloro: 500 s
- Numero medio di persone a bordo di un veicolo: 1,5 per veicoli "normali", 50 per un torpedone occupato integralmente (fonte: PRA 1999).

Il numero delle persone a bordo di veicoli che si trovano in coda per fascia di distanze, può essere stabilito attraverso i seguenti passaggi:

1. Calcolo del numero di veicoli $n_{veicoli}$ imbottigliati in funzione del volume di traffico durante il periodo di tempo caratteristico per la formazione di una coda (tutte le corsie imbottigliate in un senso di marcia):

$$n_{veicolo} = \frac{TGM \cdot \alpha_{TGM} \cdot f_{TGM} \cdot \Delta t_{coda}}{2 \cdot \Delta t_{periodo}}$$

Dove:¹⁶⁾

TGM: traffico giornaliero medio

α_{TGM} : quota dei veicoli nel periodo di tempo preso in considerazione per rapporto al numero complessivo di tutti i veicoli (valore specifico di un tratto)

Esempio: Sulla scorta della curva dell'andamento giornaliero per il traffico giornaliero medio (TGM) e per il traffico feriale medio (TFM) per l'anno 2007 dal punto di rilevamento di Muttenez sull'A2 (BL), risulta che ca. il 53 % di tutti i veicoli circola durante il giorno e ca. il 38 % nella fascia oraria rimanente.¹⁷⁾ Il restante 9 % transita durante il divieto di circolare notturno o domenicale.

$\Delta t_{periodo}$: durata del periodo di tempo considerato all'interno di una giornata (di giorno 9 ore pari a 32'400 s, tempo di trasporto rimanente 8 ore pari a 28'800 s)

f_{TGM} : fattore, per il quale il volume di traffico (numero di veicoli che percorrono il tratto di strada per unità di tempo) al momento dell'incidente che vede coinvolte merci pericolose diverge dal valore medio. Per lo scenario volume di traffico "nella media" si ricorre a questo scopo per definizione al valore 1. Per gli scenari volume di traffico "sopra la media" e volume di traffico "sotto la media" si assume un volume momentaneo, che complessivamente si situa per un fattore 2 al di sopra o al di sotto del valore medio.

Δt_{coda} : durata caratteristica per la formazione della coda (cfr. sotto)

2. Calcolo della lunghezza della coda l_{coda} formata dai $n_{veicoli}$ su di una corsia:

$$l_{coda} = \frac{n_{veicolo} \cdot s_{veicolo-veicolo}}{n_{corsia}}$$

dove:

$s_{veicolo-veicolo}$: distanza media tra due veicoli vicini in coda (cfr. le ipotesi formulate sopra). Se nella coda è presente un torpedone, si calcola una distanza tra veicoli maggiore di 10 m.

16) La divisione per il fattore 2 risulta dall'assunzione che, in entrambi i sensi, circolino in media lo stesso numero di veicoli.

17) Per i dati concernenti il punto di rilevamento di Muttenez cfr. <http://www.portal-stat.admin.ch/avz/docs/su-b-11.03.01-AVZ08-ZS-081.pdf>. Per anni precedenti, dati supplementari concernenti il volume di traffico si trovano su <http://www.portal-stat.admin.ch/avz/files/de/00.xml> (in tedesco e francese) e per l'anno in corso su <http://www.astra.admin.ch/verkehrsdaten/00299/00301/index.html?lang=it> (Censimento automatico svizzero del traffico stradale) e http://www.portal-stat.admin.ch/ssvz/files/index_de.html (Schweizerische Strassenverkehrszählung 2005 / Comptage suisse de la circulation routière 2005) (in tedesco e francese).

n_{corsia} : numero di corsie per senso di marcia (grandezza influente specifica al tratto preso in considerazione)

3. Calcolo del numero di persone $n_{pers,coda}$, che si trovano complessivamente in coda in un senso di marcia:

$$n_{pers,coda} = n_{veicolo} \cdot \rho_{pers}$$

dove:

ρ_{pers} : numero di persone per veicolo (cfr. le ipotesi formulate sopra).

4. Calcolo del numero di persone $n_{pers,coda,i}$, che si trovano in coda per fascia di distanze presa in considerazione (su tutte le corsie di un senso di marcia):

$$n_{pers,coda,0-50} = n_{pers,coda} \quad \text{se } l_{coda} \leq 50 \text{ m}$$

$$n_{pers,coda,0-50} = n_{pers,coda} \cdot \frac{50 \text{ m}}{l_{coda}} \quad \text{se } l_{coda} > 50 \text{ m}$$

$$n_{pers,coda,50-200} = n_{pers,coda} - n_{pers,coda,0-50} \quad \text{se } l_{coda} \leq 200 \text{ m}$$

$$n_{pers,coda,50-200} = n_{pers,coda} \cdot \frac{200 \text{ m}}{l_{coda}} - n_{pers,coda,0-50} \quad \text{se } l_{coda} > 200 \text{ m}$$

$$n_{pers,coda,200-500} = n_{pers,coda} - n_{pers,coda,0-50} - n_{pers,coda,50-200} \quad \text{se } l_{coda} \leq 500 \text{ m}$$

$$n_{pers,coda,200-500} = n_{pers,coda} \cdot \frac{500 \text{ m}}{l_{coda}} - n_{pers,coda,0-50} - n_{pers,coda,50-200} \quad \text{se } l_{coda} > 500 \text{ m}$$

La Tabella 12 riassume i risultati intermedi e finali sull'esposizione di utenti del traffico per gli 8 scenari presi in esame (2 fasce orarie e 4 situazioni in base al volume di traffico al momento dell'incidente e alla presenza di un torpedone occupato integralmente) sulla scorta del seguente esempio:

- autostrada a 2 corsie per senso di marcia
- TGM 58'000 veicoli al giorno, rispetto al quale si assume una quota di TGM durante il tempo di lavoro (45 ore/settimana) del 53 % e una del 38 % durante la fascia oraria rimanente.

Le cifre corrispondono a un veicolo ogni 2 secondi per senso di marcia durante il tempo di lavoro e a leggermente meno per la fascia oraria rimanente.

[illegible]

Tabella 12: *Esposizioni di utenti del traffico durante un imbottigliamento su tutte le corsie in un senso di marcia per gli 8 scenari presi in considerazione in funzione della fascia oraria e dell'intensità del traffico / della presenza di un torpedone occupato integralmente*

A seconda della possibilità di accedere al tratto di strada dai lati, nel caso di scenari dove, a determinate condizioni, gli occupanti dei veicoli hanno abbastanza tempo per mettersi in salvo da soli (accensione ritardata di propano e simili, fuoriuscita di cloro), il numero di utenti del traffico in coda viene ridotto di quella percentuale di persone, cui la fuga attraverso i lati della strada dovrebbe riuscire. È possibile tener conto di questo aspetto mediante un fattore di correzione $f_{\text{salvataggio autonomo}}$ che, in caso di pessima accessibilità per entrambi i lati, assume per definizione il valore 1:

$$n_{pers,coda,x-y,eff} = n_{pers,coda,x-y} \cdot f_{salvataggioautonomo}$$

I valori presupposti per $f_{\text{salvataggio autonomo}}$ sono rappresentati qui di seguito alla Tabella 13:

	fattore di correzione $f_{\text{salvataggio autonomo}}$	
accessibilità laterale della strada	tutti gli scenari con accensione ritardata di propano (incendio di nube)	tutti gli scenari con cloro
buona almeno da un lato	0.9	0.8
limitata da entrambi i lati (ad es. pareti insonorizzanti con uscite di sicurezza)	0.97	0.95
pessima da entrambi i lati (ad es. sol-co, pareti insonorizzanti senza uscite di sicurezza)	1	1

Tabella 13: Fattore di correzione $f_{\text{salvataggio autonomo}}$ per tener conto della possibilità di fuga ai lati della strada, in funzione dell'accessibilità laterale (per scenari con effetti ritardati)

Il numero complessivo degli occupanti di veicoli esposti $n_{\text{pers,veicoli},i}$ viene ottenuto moltiplicando i valori per $n_{\text{pers,coda},i}$ ottenuti con la formula precedente, con un fattore di scala sulla base della tabella seguente. In questo modo si tiene conto del numero delle corsie in cui si è formata una coda e del numero di veicoli che circolano in senso inverso e che, secondo l'ipotesi formulata sopra, nel caso di un'autostrada non provocano un imbottigliamento. Si considera, inoltre, se effetti non radialmente simmetrici e che dipendono dunque dal senso di marcia si diffondano casualmente nelle direzione della coda oppure in una direzione opposta (cfr. gli alberi degli eventi per sostanza di riferimento).

tipo di strada e di effetto	fattore di scala	osservazione
autostrada con traffico in un senso effetti secondo simmetria radiale	1,4	quota dello 0,4 dal senso inverso privo di coda
autostrada con traffico in un senso senza effetti secondo simmetria radiale effetti in direzione della coda	1	caso di riferimento di un imbottigliamento in un senso di marcia con diffusione degli effetti in direzione della coda
autostrada con traffico in un senso senza effetti secondo simmetria radiale effetti non in direzione della coda	0,1	ipotesi: grazie alla direzione favorevole della diffusione degli effetti, sono esposti dieci volte meno occupanti di veicoli rispetto al caso di riferimento
strada principale con traffico in senso inverso effetti secondo simmetria radiale	2	ipotesi: l'esposizione riguarda lo stesso numero di occupanti di veicoli imbottigliati in coda, che comprende entrambi i sensi di marcia
strada principale con traffico in senso inverso senza effetti secondo simmetria radiale effetti in direzione di una delle due code	1	(caso di riferimento, cfr. sopra)
strada principale con traffico in senso inverso senza effetti secondo simmetria radiale effetti non in direzione della coda	0,1	ipotesi: grazie alla direzione favorevole della diffusione degli effetti, sono esposti dieci volte meno occupanti di veicoli rispetto al caso di riferimento

Tabella 14: Fattori di scala in rapporto al numero di persone in una coda che, in funzione del tipo di strada e della direzione della diffusione, sono esposte agli effetti delle merci pericolose fuoriuscite

5.3 Procedimento generale per valutare l'entità dei danni

Il calcolo dell'entità dei danni per scenario si basa, oltre che su un'analisi dell'esposizione delle persone secondo il capitolo precedente, su una serie di parametri che permettono di determinare l'effettiva letalità media $\lambda_{eff,i}$ per una classe di distanza i :

- letalità di base $\lambda_{i,aperto}$ secondo il modello degli effetti dell'esposizione all'aperto, in funzione della classe di distanza i (0 – 50 / 50 – 200 / 200 – 500 m)
- fattore di correzione $f_{sezione\ stradale}$ e $f_{sezione\ stradale, veicolo}$ per tener conto di ostacoli (pareti insonorizzanti, solco) a entrambi i lati della strada (in seguito designato come "sezione stradale"). Questo tipo di ostacoli porta a un incremento della letalità per gli utenti del traffico ($f_{sezione\ stradale, veicoli} \geq 1$) e a una diminuzione della letalità per le persone al di fuori dell'area stradale ($f_{sezione\ stradale} \leq 1$).¹⁸⁾ Nel caso delle strade aperte almeno da un lato (diffusione degli effetti senza impedimenti) vale $f_{sezione\ stradale, veicoli} = f_{sezione\ stradale} = 1$.
- quota del segmento colpito conformemente alla letalità di base $\lambda_{i,aperto}$ rispetto alla superficie complessiva in ognuna delle fasce di distanza (fattore di correzione geometrico nel caso di effetti che non seguono una simmetria radiale) $f_{geo,i}$
- probabilità di salvataggio autonomo o di salvataggio da parte di terzi (0: salvataggio impossibile, 1: salvataggio sempre possibile) $f_{salv,i}$
- fattore di protezione aggiuntivo per persone all'interno di edifici e a bordo di veicoli (1: protezione totale, 0: la letalità all'aperto vale per analogia per le persone che si trovano all'interno di edifici e a bordo di veicoli) $f_{edifici,i}$ e $f_{veicoli,i}$

A partire dal numero di persone n_i all'aperto / all'interno di edifici / a bordo di veicoli è possibile prevedere il numero di vittime per fascia di distanze nel modo seguente:

$$\lambda_{eff,aperto,i} = \lambda_{i,aperto} \cdot f_{sezione\ stradale} \cdot f_{geo,i} \cdot (1 - f_{salv,i})$$

$$\lambda_{eff,edifici,i} = \lambda_{i,aperto} \cdot f_{sezione\ stradale} \cdot f_{geo,i} \cdot (1 - f_{salv,i}) \cdot (1 - f_{edifici,i})$$

$$\lambda_{eff,veicoli,i} = \lambda_{i,aperto} \cdot f_{sezione\ stradale,veicoli} \cdot f_{geo,i} \cdot (1 - f_{salv,i}) \cdot (1 - f_{veicoli,i})$$

Il prodotto della moltiplicazione del numero di persone esposte (v. capitolo 5.2) per la letalità effettiva in base alle formule appena spiegate e per i tre tipi di esposizione (all'aperto, all'interno di edifici e a bordo di veicoli) fornisce l'entità complessiva dei danni per ogni scenario. I valori ottenuti in questo modo (numero di vittime) vengono di volta in volta arrotondati a cifre intere.

18) Per semplificare, gli ostacoli presenti unicamente su un lato non vengono presi in considerazione. Una strada aperta da un lato (diffusione degli effetti senza ostacoli), ma situata in un solco dall'altro lato, viene pertanto trattata analogamente a una strada aperta da entrambi i lati. Allo stesso modo, non si tiene conto della presenza di argini.

Nei tre capitoli seguenti vengono documentati gli aspetti che sono determinanti per il calcolo dei danni e che dipendono dal tipo di sostanza di riferimento. Si tratta, da un canto, dei parametri che consentono di determinare la letalità effettiva e, dall'altro, delle probabilità che gli scenari delineati si verifichino. Per definire i primi si è fatto ricorso alle seguenti fonti:

- cloro: calcoli della diffusione e degli effetti con il programma "Effects", versione 7.4, diverse ipotesi (ad es. protezione degli edifici analogamente alla PRA Strada; analisi pilota dei rischi per il trasporto di merci pericolose su strada)
- propano: "Rahmenbericht Flüssiggas-Tankanlagen" (rapporto quadro sulle cisterne per gas liquidi, disponibile in tedesco) e PRA Strada
- benzina: "Rapporto quadro sulla sicurezza di impianti di stoccaggio verticale di carburanti e combustibili liquidi " e PRA Strada.

5.4 Sostanza di riferimento benzina: entità dei danni

5.4.1 Albero degli eventi e letalità

Per documentare i parametri che consentono di determinare le letalità effettive ci si può limitare agli scenari relativi agli effetti; agli scenari che si distinguono unicamente dal punto di vista dell'esposizione delle persone possono, infatti, essere attribuite le stesse letalità. L'Immagine 4 illustra in forma di albero degli eventi i parametri costanti per determinare le letalità effettive e i risultati per i quattro scenari relativi agli effetti. I fattori di correzione che dipendono dal tipo di strada $f_{\text{sezione stradale, veicoli}}$ (per utenti del traffico) e $f_{\text{sezione stradale}}$ (per persone al di fuori dell'area stradale) sono elencati all'Immagine 5.

Letalità effettiva a bordo di veicoli $\lambda_{\text{eff,veicoli},i}$	200-500 m	0	0	0.320	0	0	0
	50-200 m				0	0	0
	0-50 m					0.090	0
Letalità effettiva all'interno di edifici $\lambda_{\text{eff,edifici},i}$	200-500 m	0	0	0.120	0	0	0
	50-200 m				0.015	0	0
	0-50 m				0.280	0	0.200
Letalità effettiva all'aperto $\lambda_{\text{eff,aperto},i}$	200-500 m	0	0		0	0	0
	50-200 m				0	0	0
	0-50 m	0.400			0.150	0	0.400
Fattore di protezione veicolo $f_{\text{veicoli},i}$	200-500 m						
	50-200 m						
	0-50 m	0.20			0.40		0.50
Fattore di protezione edificio $f_{\text{edifici},i}$	200-500 m						
	50-200 m						
	0-50 m	0.70			0.90		0.30
Probabilità di salvataggio (autonomo) $f_{\text{salv},i}$	200-500 m						
	50-200 m						
	0-50 m	0.20			0.40		0.20
Quota del segmento colpito rispetto alla superficie complessiva per ogni fascia di distanza $f_{\text{geo},i}$	200-500 m						
	50-200 m						
	0-50 m	1			1		1
Letalità di base media nel segmento colpito (all'aperto, senza salvataggio autonomo) $\lambda_{i,\text{aperto}}$	200-500 m	0	0		0	0	0
	50-200 m	0	0		0	0	0
	0-50 m	0.50			0.25		0.50
Tipo di fuoriuscita: spontanea / continua							
Luogo della fuoriuscita: sulla carreggiata / ai lati della carreggiata							
Evento iniziale: fuoriuscita di benzina [per veicolo e 100 m]							

Immagine 4: Parametri per determinare la letalità effettiva dei quattro scenari relativi agli effetti per quanto riguarda la sostanza di riferimento benzina. Le letalità per le distanze > 50 m sono tutte pari a 0.

		Fattore di correzione Utente del traffico $f_{\text{sezione stradale,veicoli}}$			Fattore di correzione Pers. al di fuori dell'area stradale $f_{\text{sezione stradale}}$		
		Aperta almeno da un lato	Pareti insonorizzanti da ambo i lati	Solco da ambo i lati	Aperta almeno da un lato	Pareti insonorizzanti da ambo i lati	Solco da ambo i lati
Luogo della fuoriuscita: sulla carreggiata / ai lati della carreggiata	Tipo di fuoriuscita: spontanea / continua						
		1	1	1	1	0.3	0.1
		1	1	1	1	0.3	0.1
		1	0.3	0.3	1	1	1
		1	0.3	0.3	1	1	1

Immagine 5: Fattori di correzione che permettono di tener conto dell'influsso della sezione stradale per i quattro scenari relativi agli effetti per quanto riguarda la sostanza di riferimento benzina

5.4.2 Probabilità che gli scenari si verifichino (albero degli eventi)

L'Immagine 6 rappresenta l'albero degli eventi, che combina scenari relativi all'esposizione e scenari relativi agli effetti per la sostanza di riferimento benzina (metà superiore). I colori illustrano le probabilità legate al verificarsi di determinate condizioni, descritte brevemente in seguito.

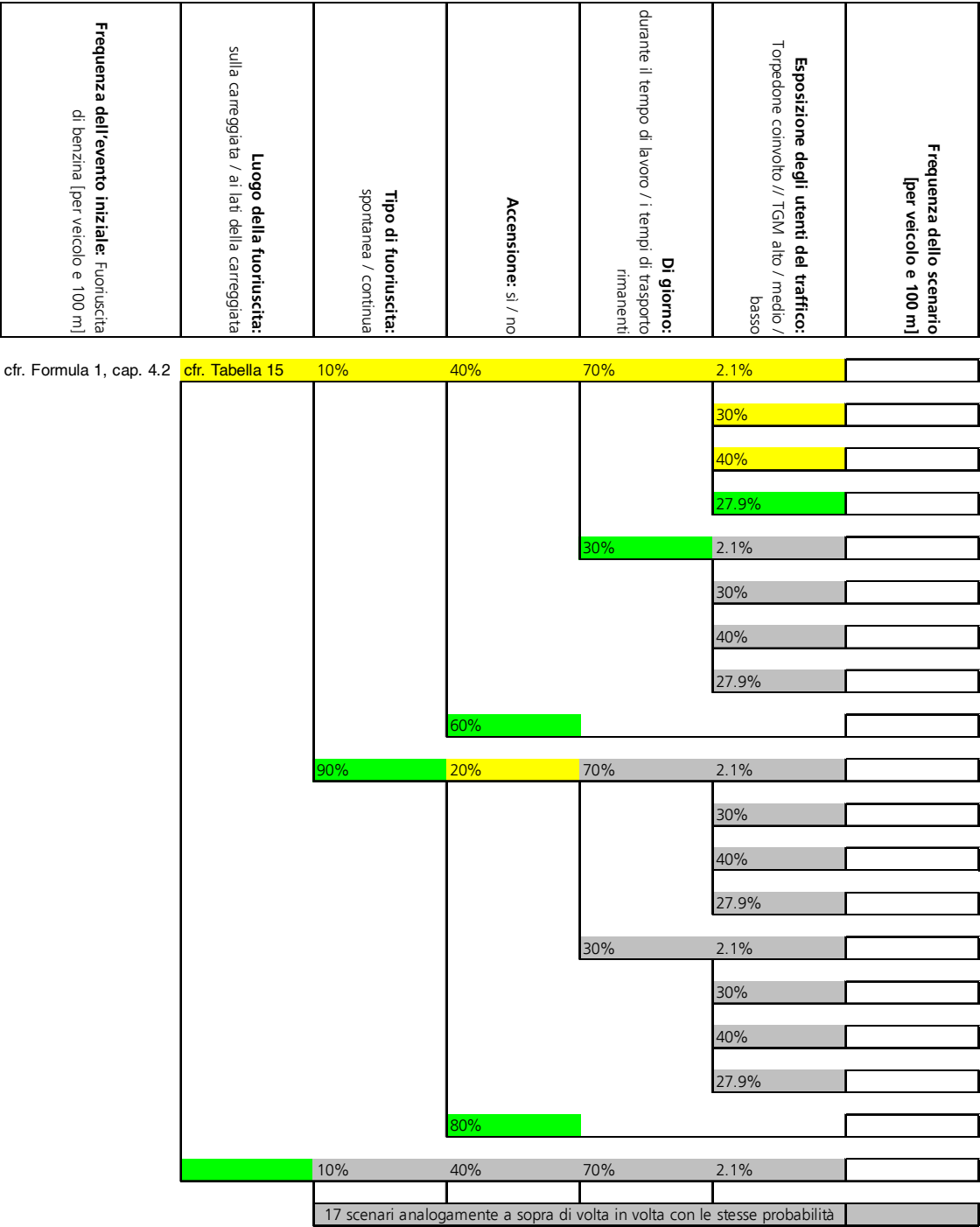


Immagine 6: Albero degli eventi per la sostanza di riferimento benzina, con frequenza di fuoriuscita e probabilità legate a condizioni poste dagli scenari di esposizioni e dagli scenari relativi agli effetti (la metà inferiore dell'albero, solamente abbozzata, è strutturalmente identica e si basa sulle stesse probabilità). Significato dei colori: giallo: valori di base; verde: complemento a 1; grigio: ripetizione di valori identici

Luogo della fuoriuscita

Si distingue tra fuoriuscite che hanno luogo completamente sulla carreggiata oppure completamente a lato; forme miste (ad es. metà sulla carreggiata e metà a lato) non vengono contemplate. I luoghi possono pertanto essere solo due: "sulla carreggiata" oppure "a lato della carreggiata". Il luogo della fuoriuscita dipende dal sistema di trattenuta dei veicoli, cfr. Tabella 15.

sistema di trattenuta dei veicoli	probabilità di fuoriuscita	
	sulla carreggiata	a lato della carreggiata
nessun sistema di trattenuta dei veicoli	0,80	0,20
H1 ("spartitraffico normali")	0,92	0,08
H2 ("spartitraffico rinforzato")	0,96	0,04
scarpata	0,97	0,03
barriere New Jersey / muretto di contenimento	0,99	0,01
solco (ripido e alto)	1	0

Tabella 15: Probabilità di fuoriuscita sulla carreggiata o a lato della stessa

Tipo di fuoriuscita

Le probabilità desunte da PRA Strada per i due tipi di fuoriuscita presi in considerazione nel caso della sostanza di riferimento benzina sono:

- fuoriuscita spontanea: 0,1
- fuoriuscita continua: 0,9

Probabilità di accensione della benzina

La probabilità che la benzina prenda fuoco dipende dal tipo di fuoriuscita (spontanea / continua) e viene fissata nel modo seguente, sempre sulla base di PRA Strada:

tipo di fuoriuscita	probabilità che l'accensione	
	abbia luogo	non abbia luogo
fuoriuscita spontanea	0,4	0,6
fuoriuscita continua	0,2	0,8

Tabella 16: Probabilità di accensione per la sostanza di riferimento benzina¹⁹⁾

¹⁹⁾ Per i calcoli si presuppone che la sostanza principale sia costituita per 2/3 da carburante diesel/olio da riscaldamento e per 1/3 da benzina. Si assume che il carburante diesel/olio di riscaldamento abbia una probabilità di accensione 10 volte inferiore alla benzina.

Durante il giorno

La voce "durante il giorno" permette di tener conto della probabilità che un incidente che vede coinvolte merci pericolose si verifichi durante il tempo di lavoro (da lunedì a venerdì, dalle 8h alle 17h) oppure durante le restanti fasce orarie, nelle quali i veicoli pesanti sono autorizzati a circolare. Il grado di probabilità corrisponde in questo caso, con buona approssimazione, alla quota delle merci pericolose che viene trasportata durante le fasce orarie in questione. Si tratta ad ogni modo fondamentalmente di un dato che dipende dalla localizzazione del segmento di strada e che deve pertanto essere stabilito da chi fa uso del modello. Se non sono disponibili valori in funzione del segmento preciso, è possibile inserire i seguenti valori standard:

- quota di trasporti durante il tempo di lavoro: 0,7 ²⁰⁾
- quota di trasporti durante le fasce orarie rimanenti: 0,3

Esposizione degli utenti del traffico

In relazione al numero di utenti del traffico esposti alla fuoriuscita di merci pericolose si distingue tra le quattro situazioni seguenti:

- intensità del traffico media e torpedone occupato completamente nelle vicinanze (vale a dire in un raggio di 50 m dal luogo dell'incidente)
- intensità del traffico sopra la media / media / sotto la media e nessun torpedone occupato completamente nelle vicinanze ²¹⁾

Per semplificare l'applicazione del metodo di screening, si consiglia di rinunciare a dati specifici e di avvalersi invece delle seguenti probabilità standard per i quattro scenari descritti sopra (nel caso dei due valori che non sono spiegati con note a piè di pagina, si tratta di ipotesi):

- torpedone occupato completamente nelle vicinanze (per numero medio di veicoli/s): 0,021 ²²⁾
- intensità del traffico sopra la media (numero doppio di veicoli/s): 0,3
- intensità del traffico media (numero medio di veicoli/s): 0,4
- intensità del traffico sotto la media (numero dimezzato di veicoli/s): 0,279 ²³⁾

20) Nel 2007, presso un punto di rilevamento sull'A2, è stato registrato in media un TGM per il traffico pesante attorno agli 8'000 veicoli. La quota di trasporti durante il tempo di lavoro (dalle 8h alle 17h, da lunedì a venerdì) è stata stabilita sulla scorta delle curve statistiche giornaliere relative al traffico pesante, sempre presso questo punto di rilevamento.

21) Per la definizione degli scenari intensità del traffico "media", "sopra la media" e "sotto la media" cfr. le spiegazioni a p. 22.

22) Presso un punto di rilevamento sull'A2 sono stati contati, su un TGM di 119'000 veicoli, 460 torpedoni. Assumendo che, di questi, 80 sono occupati per la maggior parte da passeggeri, si ottiene una quota di ca. 0,3 % sulla totalità dei veicoli in transito. Se si considera che in una coda lunga 50 m si trovano in media 7 veicoli, la probabilità che tra loro si trovi anche un torpedone completamente occupato è $7 \cdot 0,3 \% = 2,1 \%$.

23) Complemento a 1.

5.5 Sostanza di riferimento propano: entità dei danni

5.5.1 Albero degli eventi e letalità

L'Immagine 8 illustra in forma di albero degli eventi i parametri costanti per determinare le letalità effettive e i risultati per i sei scenari relativi agli effetti. I fattori di correzione che dipendono dal tipo di strada $f_{\text{sezione stradale, veicoli}}$ (per utente del traffico) e $f_{\text{sezione stradale}}$ (per persone al di fuori dell'area stradale) sono elencati all'Immagine 7.

			Fattore di correzione Utente del traffico f _{sezione stradale,veicoli}			Fattore di correzione Pers. al di fuori dell'area stradale f _{sezione stradale}		
			Aperta almeno da un lato	Pareti insonorizzanti da ambo i lati	Solco da ambo i lati	Aperta almeno da un lato	Pareti insonorizzanti da ambo i lati	Solco da ambo i lati
Tipo di fuoriuscita: spontanea (12 t) / continua (30 kg/s)	Accensione: immediata / ritardata	Forza del vento: vento debole / con vento						
			1	1.00	1.00	1	1.00	0.90
			1	1.30	2.00	1	0.90	0.50
			1	1.20	1.60	1	0.95	0.70
			1	1.00	1.00	1	0.80	0.30
			1	1.10	1.40	1	0.85	0.40
			1	1.05	1.20	1	0.90	0.50

Immagine 7: Fattori di correzione per tenere conto dell'influsso della sezione stradale per i sei scenari relativi agli effetti per quanto riguarda la sostanza di riferimento propano

5.5.2 Probabilità che gli scenari si verifichino (albero degli eventi)

L'Immagine 9 (metà superiore) e l'Immagine 10 (metà inferiore) rappresentano l'albero degli eventi, che combina scenari di esposizioni e scenari relativi agli effetti, per la sostanza di riferimento propano. I colori illustrano le probabilità legate al verificarsi di determinate condizioni, descritte brevemente in seguito.

Tipo di fuoriuscita

Le probabilità desunte da PRA Strada per i due tipi di fuoriuscita presi in considerazione nel caso della sostanza di riferimento propano sono :

- fuoriuscita spontanea: 0,05
- fuoriuscita continua: 0,95

Probabilità di accensione del propano

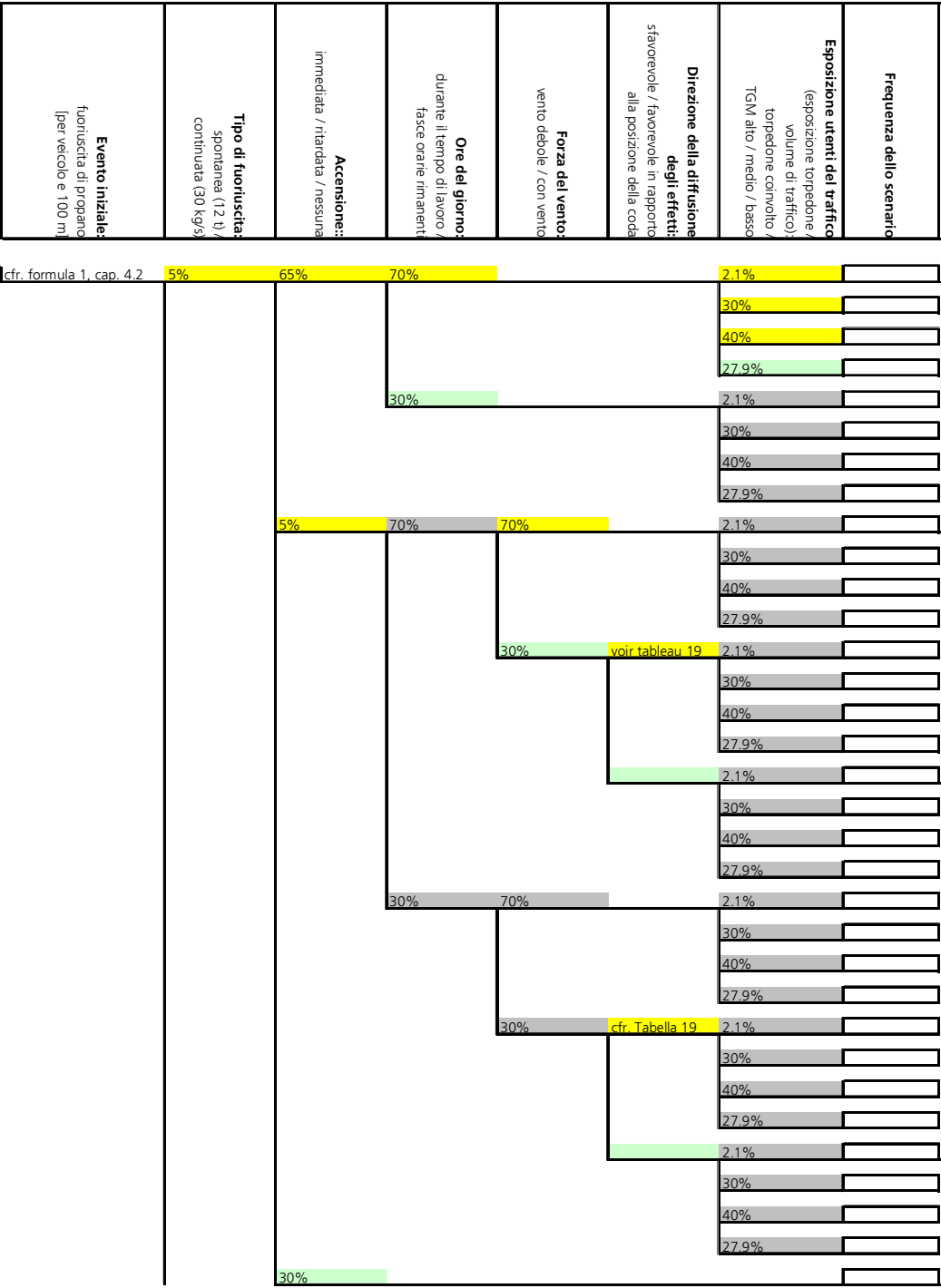
La probabilità che il propano prenda fuoco dipende dal tipo di fuoriuscita (spontanea / continua) e viene stabilita nel modo seguente, sempre sulla base di PRA Strada:

tipo di fuoriuscita	probabilità che si verifichi		
	un'accensione immediata	un'accensione ritardata	nessuna accensione
fuoriuscita spontanea	0,65	0,05	0,3
fuoriuscita continua	0,25	0,05	0,7

Tabella 17: Probabilità di accensione per la sostanza di riferimento propano

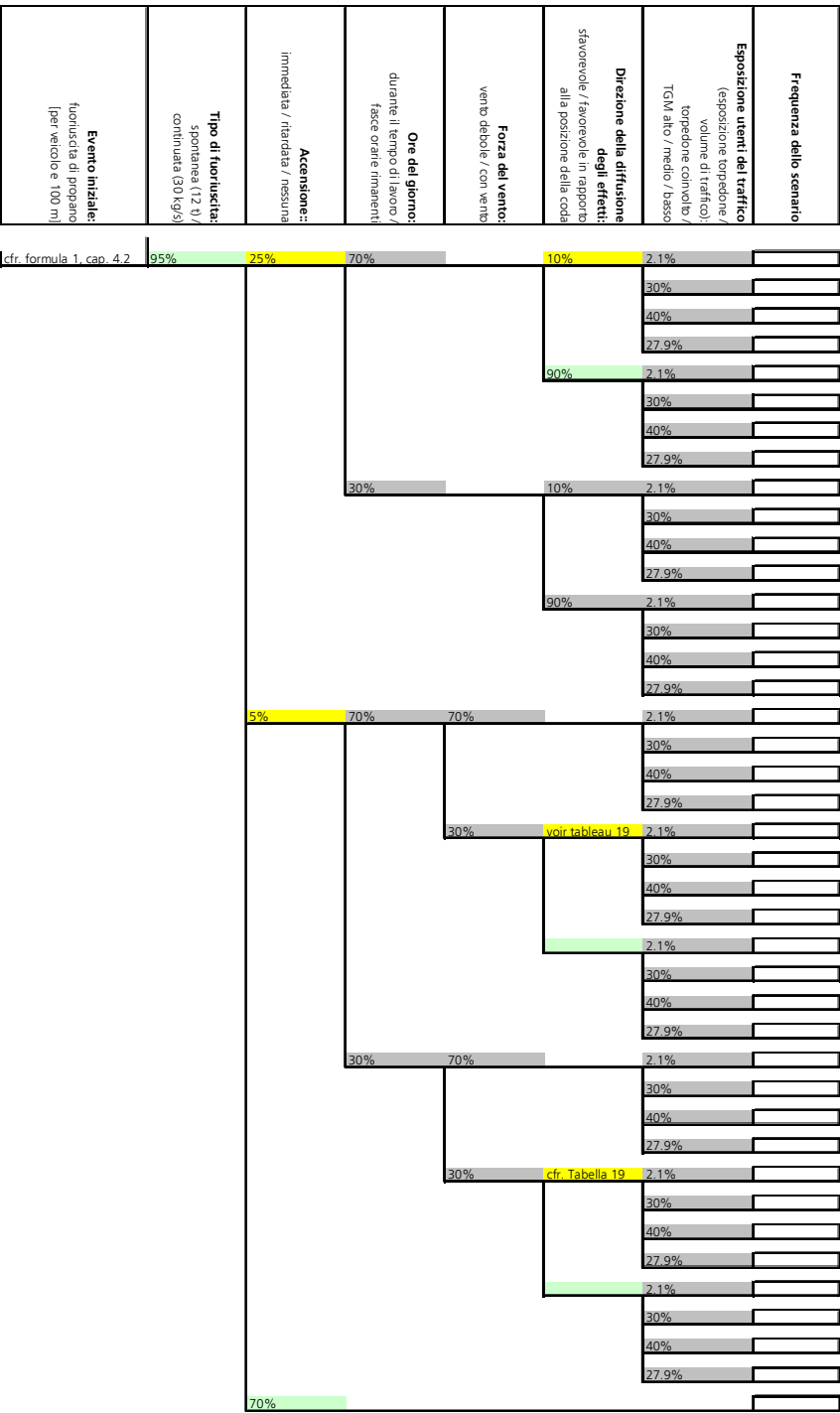
Fasce orarie ed esposizione degli utenti del traffico

I valori non dipendono dal tipo di sostanza di riferimento (cfr. dati in merito alla sostanza di riferimento benzina).



2a metà dell'albero (fuoriuscita continua) cfr. immagine successiva.

Immagine 9: Albero degli eventi per la sostanza di riferimento propano, con probabilità legate a condizioni poste dagli scenari di esposizioni e dagli scenari relativi agli effetti (parte superiore). Significato dei colori: giallo: valore base; verde: complemento a 1; grigio: ripetizione di valori identici.



1a metà dell'albero (fuoriuscita spontanea) cfr. l'immagine precedente.

Immagine 10: Albero degli eventi per la sostanza di riferimento propano, con probabilità legate a condizioni poste dagli scenari di esposizioni e dagli scenari di effetti (parte inferiore). Significato dei colori: giallo: valore base; verde: complemento a 1; grigio: ripetizione di valori identici.

Forza del vento

Nel caso di sostanze in forma gassosa, le condizioni del vento esercitano un influsso determinante sulla diffusione. Con il ramo "Forza del vento" si distingue tra situazioni con vento e situazioni con vento debole (forza del vento < 1,5 m/s: equivalente a 1 o 2 punti sulla scala di Beaufort). I valori si basano su dati statistici raccolti tra il 2006 e il 2009; in questo periodo, presso le due stazioni di Berneck (Valle del Reno) e Döttingen il vento non ha superato, per l'80 % del tempo, un livello "debole". Siccome mediamente durante le ore del giorno la forza del vento è maggiore rispetto alla notte, si assume un valore leggermente più basso (70 %) per entrambe le fasce orarie prese in considerazione.

tipo di fuoriuscita	probabilità di	
	vento debole	Vento
durante il tempo di lavoro	0,7	0,3
durante le fasce orarie rimanenti	0,7	0,3

Tabella 18: Condizioni del vento e relative probabilità per la sostanza di riferimento propano

Direzione della diffusione degli effetti

Nel caso di effetti che dipendono dalla direzione (a seguito del vento o del tipo di fuoriuscita) si distingue tra una direzione della diffusione degli effetti "sfavorevole" (verso la coda) e una "favorevole". Questo parametro dipende dal tipo di fuoriuscita di propano e dal momento dell'accensione. I due scenari che prevedono un incendio di nube, inoltre, dipendono dalla sezione stradale, rispetto alla quale si distinguono i seguenti tre casi:

- aperta almeno da un lato,
- pareti insonorizzanti da ambo i lati,
- solco da ambo i lati.

Nel caso siano presenti pareti insonorizzanti da ambo i lati e, in maniera ancora più marcata, nel caso di una strada posta da ambo i lati in un solco, aumenta la probabilità che il propano prima di prendere fuoco si diffonda in forma gassosa in direzione della strada. Con essa cresce anche la probabilità che gli utenti del traffico in coda siano confrontati a un incendio di nube.

La valutazione delle probabilità che gli effetti si diffondano in una direzione sfavorevole agli utenti del traffico viene illustrata qui di seguito alla Tabella 19.

tipo di fuoriuscita e di accensione	probabilità di una direzione "sfavorevole" degli effetti, (vale a dire in direzione della coda) in base alla sezione stradale		
	aperta almeno da un lato	pareti insonorizzanti da ambo i lati	solco da ambo i lati
fuoriuscita continua con accensione immediata (dardo di fuoco)	0,1		
fuoriuscita spontanea con accensione ritardata (incendio di nube di vaste proporzioni)	0,5	0,6	0,9
fuoriuscita continua con accensione ritardata (incendio di nube di piccole dimensioni con dardo di fuoco)	0,3	0,4	0,7

Tabella 19: Probabilità di una diffusione degli effetti sfavorevole (relativamente a una coda) per la sostanza di riferimento propano

5.6 Sostanza di riferimento cloro: entità dei danni

5.6.1 Albero degli eventi e letalità

I fattori di correzione che dipendono dal tipo di strada $f_{\text{sezione stradale,veicolo}}$ (per utenti del traffico) e $f_{\text{sezione stradale}}$ (per persone al di fuori dell'area stradale) sono elencati all'Immagine 11. L'Immagine 12 illustra in forma di albero degli eventi i parametri costanti per determinare le letalità effettive e i risultati per i quattro scenari di effetti.

		Fattore di correzione Utente del traffico $f_{\text{sezione stradale,veicoli}}$			Fattore di correzione Pers. al di fuori dell'area stradale $f_{\text{sezione stradale}}$		
Quantità e tipo di fuoriuscita: spontanea 1'000 kg / continua 500 kg	Forza del vento: vento debole / con vento	Aperta almeno da un lato	Pareti insonorizzanti da ambo i lati	Solco da ambo i lati	Aperta almeno da un lato	Pareti insonorizzanti da ambo i lati	Solco da ambo i lati
		1	2.0	3.0	1	0.7	0.3
		1	1.5	2.0	1	0.8	0.5
		1	1.5	2.0	1	0.5	0.2
		1	1.2	1.5	1	0.6	0.3

Immagine 11: Fattori di correzione per tenere conto dell'influsso della sezione stradale per i quattro scenari relativi agli effetti nel caso della sostanza di riferimento cloro

Letalità a bordo di veicoli	200-500 m	0.9	0.5	0.1	0.7	0.3	0.2	0	0.15	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.630	0.128	0.016	0.378	0.077	0.010	0.504	0.102	0.013
	50-200 m	0.95	0.6	0.2	0.25	0.15	0.05	0	0.1	0.15	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.238	0.081	0.009	0.095	0.032	0.003	0.166	0.057	0.006
	0-50 m	0.8	0.3	0.02	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.25	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.240	0.048	0.002	0.144	0.029	0.001	0.192	0.038	0.001
Letalità all'interno di edifici	200-500 m	0.9	0.5	0.15	0.15	0.1	0.05	0	0.15	0.2	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.135	0.043	0.006	0.054	0.017	0.002	0.095	0.030	0.004
	50-200 m	0.9	0.5	0.15	0.15	0.1	0.05	0	0.15	0.2	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.135	0.043	0.006	0.054	0.017	0.002	0.095	0.030	0.004
	0-50 m	0.9	0.5	0.15	0.15	0.1	0.05	0	0.15	0.2	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.135	0.043	0.006	0.054	0.017	0.002	0.095	0.030	0.004
Letalità all'aperto	200-500 m	0.9	0.5	0.1	0.7	0.3	0.2	0	0.15	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.630	0.128	0.016	0.378	0.077	0.010	0.504	0.102	0.013
	50-200 m	0.95	0.6	0.2	0.25	0.15	0.05	0	0.1	0.15	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.238	0.081	0.009	0.095	0.032	0.003	0.166	0.057	0.006
	0-50 m	0.8	0.3	0.02	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.25	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.240	0.048	0.002	0.144	0.029	0.001	0.192	0.038	0.001
Fattore di protezione veicolo	200-500 m	0.9	0.5	0.1	0.7	0.3	0.2	0	0.15	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.630	0.128	0.016	0.378	0.077	0.010	0.504	0.102	0.013
	50-200 m	0.95	0.6	0.2	0.25	0.15	0.05	0	0.1	0.15	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.238	0.081	0.009	0.095	0.032	0.003	0.166	0.057	0.006
	0-50 m	0.8	0.3	0.02	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.25	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.240	0.048	0.002	0.144	0.029	0.001	0.192	0.038	0.001
Fattore di protezione edificio	200-500 m	0.9	0.5	0.1	0.7	0.3	0.2	0	0.15	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.630	0.128	0.016	0.378	0.077	0.010	0.504	0.102	0.013
	50-200 m	0.95	0.6	0.2	0.25	0.15	0.05	0	0.1	0.15	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.238	0.081	0.009	0.095	0.032	0.003	0.166	0.057	0.006
	0-50 m	0.8	0.3	0.02	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.25	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.240	0.048	0.002	0.144	0.029	0.001	0.192	0.038	0.001
Probabilità di salvataggio (autonomo)	200-500 m	0.9	0.5	0.1	0.7	0.3	0.2	0	0.15	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.630	0.128	0.016	0.378	0.077	0.010	0.504	0.102	0.013
	50-200 m	0.95	0.6	0.2	0.25	0.15	0.05	0	0.1	0.15	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.238	0.081	0.009	0.095	0.032	0.003	0.166	0.057	0.006
	0-50 m	0.8	0.3	0.02	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.25	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.240	0.048	0.002	0.144	0.029	0.001	0.192	0.038	0.001
Quota del segmento colpito rispetto alla superficie in ognuna delle fasce di distanze	200-500 m	0.9	0.5	0.1	0.7	0.3	0.2	0	0.15	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.630	0.128	0.016	0.378	0.077	0.010	0.504	0.102	0.013
	50-200 m	0.95	0.6	0.2	0.25	0.15	0.05	0	0.1	0.15	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.238	0.081	0.009	0.095	0.032	0.003	0.166	0.057	0.006
	0-50 m	0.8	0.3	0.02	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.25	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.240	0.048	0.002	0.144	0.029	0.001	0.192	0.038	0.001
Letalità di base media per il segmento colpito (all'aperto, senza salvataggio autonomo)	200-500 m	0.9	0.5	0.1	0.7	0.3	0.2	0	0.15	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.630	0.128	0.016	0.378	0.077	0.010	0.504	0.102	0.013
	50-200 m	0.95	0.6	0.2	0.25	0.15	0.05	0	0.1	0.15	0.6	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.3	0.238	0.081	0.009	0.095	0.032	0.003	0.166	0.057	0.006
	0-50 m	0.8	0.3	0.02	0.3	0.2	0.1	0	0.2	0.25	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.240	0.048	0.002	0.144	0.029	0.001	0.192	0.038	0.001
Forza del vento: vento debole / con vento																										
Quantità e tipo di fuoriuscita: spontanea 1'000 kg / continua 500 kg																										
Evento iniziale: fuoriuscita di cloro [per veicolo e 100 m]																										

Immagine 12: Parametri per determinare la letalità effettiva per i quattro scenari relativi agli effetti nel caso della sostanza di riferimento cloro.
Le letalità sono > 0 per tutte le fasce di distanze.

5.6.2 Probabilità che gli scenari si verifichino (albero degli eventi)

L'Immagine 13 (metà superiore) e l'Immagine 14 (metà inferiore) rappresentano l'albero degli eventi, che combina scenari di esposizioni e scenari relativi agli effetti, per la sostanza di riferimento cloro. I colori illustrano le probabilità legate al verificarsi di determinate condizioni, descritte brevemente qui di seguito.

Quantità e tipo di fuoriuscita

Le probabilità desunte da PRA Strada per i due tipi di fuoriuscita presi in considerazione nel caso della sostanza di riferimento cloro sono:

- fuoriuscita spontanea di 1'000 kg: 0,05
- fuoriuscita continua di 500 kg: 0,95

Ore del giorno, forza del vento ed esposizione degli utenti del traffico

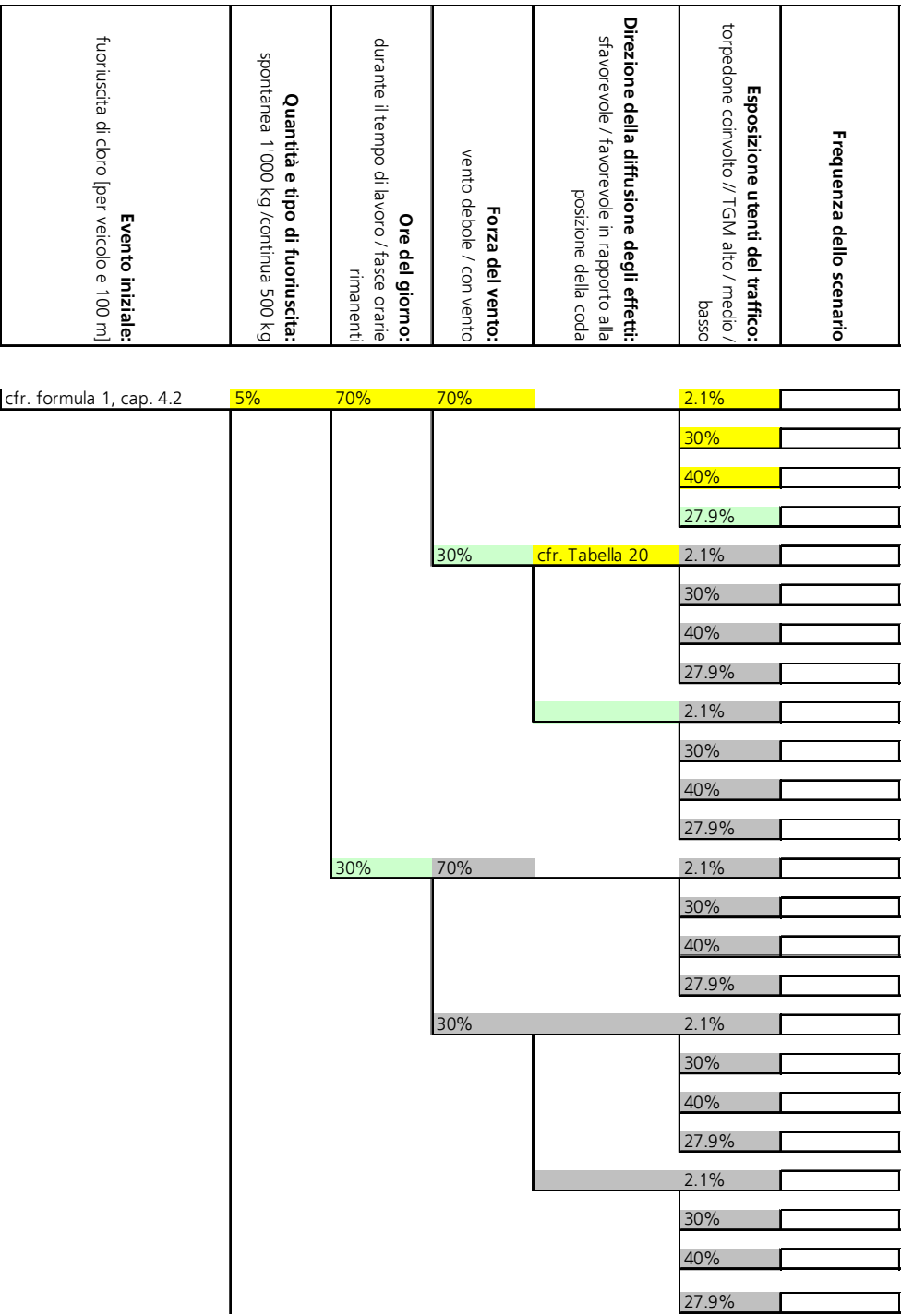
I valori sono gli stessi della sostanza di riferimento propano (cfr. capitolo 5.5.2).

Direzione della diffusione degli effetti

Nel caso di effetti che dipendono dalla direzione (a seguito del vento e del tipo di fuoriuscita) si distingue tra una direzione della diffusione degli effetti "sfavorevole" (verso la coda) e una "favorevole". Questo parametro dipende dal tipo di fuoriuscita e dalla sezione stradale, siccome – analogamente a quanto avviene nel caso dell'incendio di una nube di propano – con una canalizzazione provocata da ostacoli laterali (parete insonorizzante e solco) la diffusione ha luogo con maggiore probabilità lungo la strada, cfr. Tabella 20.

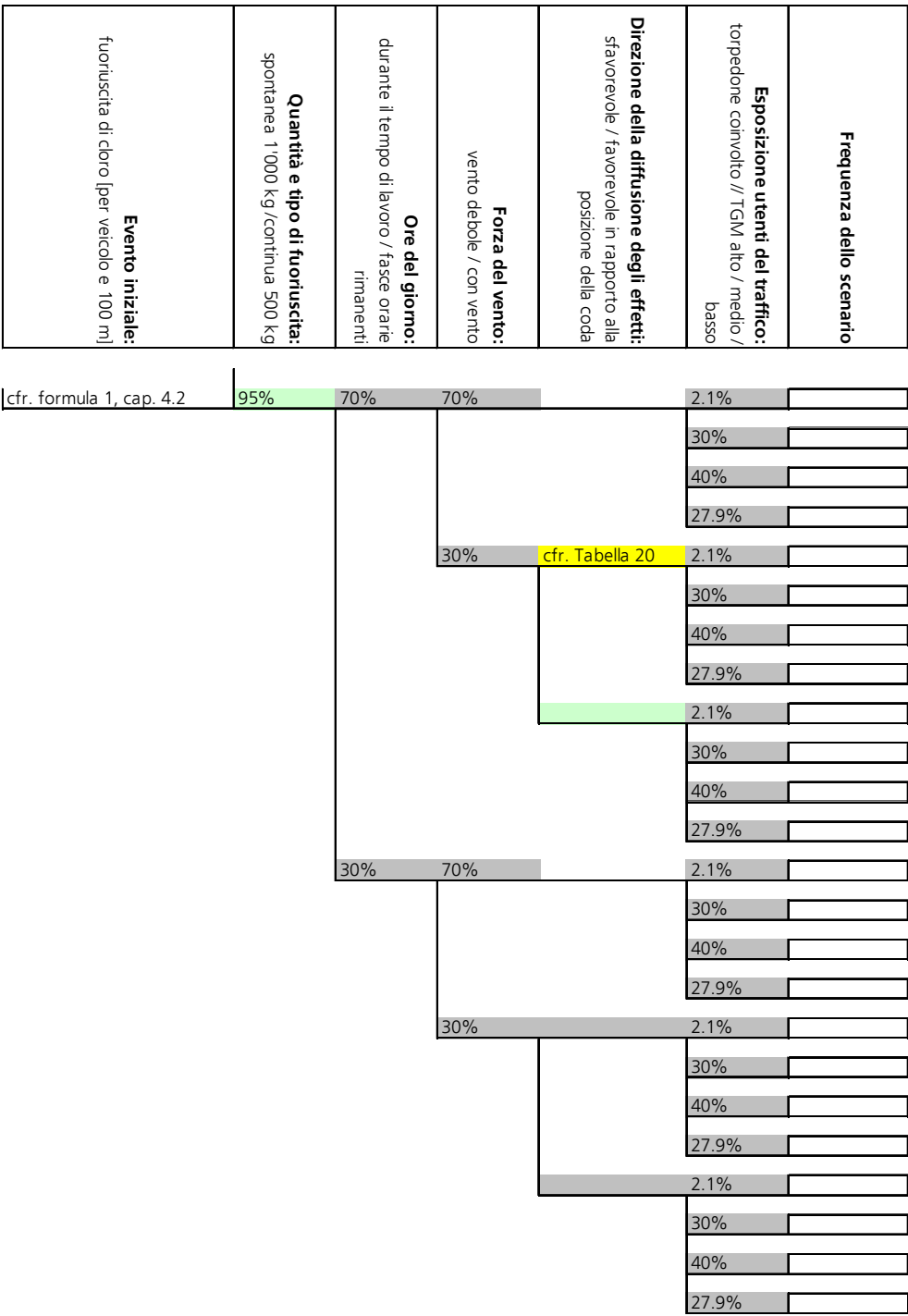
tipo di fuoriuscita e di accensione	probabilità di una direzione "sfavorevole" degli effetti, (vale a dire in direzione della coda) in base alla sezione stradale		
	aperta almeno da un lato	pareti insonorizzanti da ambo i lati	solco da ambo i lati
fuoriuscita spontanea 1'000 kg	0,3	0,4	0,7
fuoriuscita continua 500 kg	0,1	0,2	0,5

Tabella 20: Probabilità di una diffusione degli effetti sfavorevole (relativamente a una coda) per la sostanza di riferimento cloro



2a metà dell'albero (fuoriuscita continua) cfr. l'immagine seguente.

Immagine 13: Albero degli eventi per la sostanza di riferimento cloro, con probabilità legate a condizioni poste dagli scenari di esposizioni e dagli scenari di effetti (parte superiore). Significato dei colori: giallo: valore base; verde: complemento a 1; grigio: ripetizione di valori identici



1a metà dell'albero (fuoriuscita spontanea) cfr. immagine precedente.

Immagine 14: Albero degli eventi per la sostanza di riferimento cloro, con probabilità legate a condizioni poste dagli scenari di esposizioni e dagli scenari relativi agli effetti (parte inferiore). Significato dei colori: giallo: valore base; verde: complemento a 1; grigio: ripetizione di valori identici

6 Quantificazione dei rischi per l'ambiente

6.1 Approccio metodologico

Le possibili fuoriuscite di merci pericolose vengono descritte per mezzo di scenari. Per ognuno di essi vengono determinati la frequenza dell'evento, la probabilità che questo abbia luogo e l'entità dei danni come valore da attribuire all'incidente secondo i criteri di valutazione II.

Il procedimento può essere riassunto, a grandi linee, nella maniera seguente:

- La base è formata dalle quantità di merci pericolose liquide rilasciate, secondo gli scenari di fuoriuscita predefiniti (cfr. capitolo 3.2).
- Si prendono in considerazione due diverse vie di deflusso delle merci pericolose fuoriuscite:
 - deflusso di merci pericolose (fuoriuscite nell'area stradale) nelle condotte del sistema di drenaggio (se esiste), che sboccano in uno smaltitoio o in una fossa a perdere (infiltrazione nel terreno);
 - deflusso superficiale di merci pericolose (fuoriuscite al di fuori dell'area stradale o che finiscono lateralmente al di fuori dell'area stradale attraverso un drenaggio ai bordi della carreggiata), che filtrano poi nel terreno o affluiscono in acque di superficie.

Per entrambe le vie di deflusso si valuta la quantità di merce pericolosa trattenuta nel sistema di drenaggio oppure infiltrata nel terreno. Per la prima via di diffusione, si tiene conto della capacità di ritenuta del sistema di drenaggio. Nel caso di infiltrazione nel terreno si assume la capacità di ritenuta normale nella zona non satura, rinunciando invece a distinguere tra diversi tipi di terreno.

- Allo scopo di elaborare un bilancio globale, si calcola quanta merce pericolosa può affluire nelle acque di superficie o nella zona satura di una falda acquifera. Su questa base si valuta l'entità dei danni.

Ipotesi generali per il calcolo dei rischi per l'ambiente:

- Le quantità di merce pericolosa che rimangono sulla carreggiata senza confluire nel sistema di drenaggio sono trascurabili, vale a dire che tutta la merce pericolosa fuoriuscita finisce nel sistema di drenaggio oppure defluisce lateralmente (nel caso di drenaggio ai bordi della carreggiata).

- Non si tiene conto di una possibile riduzione della quantità di merce pericolosa per combustione (sostanza di riferimento benzina).
- La capacità di assorbimento e di ritenuta del terreno dipende fondamentalmente dal suo grado di saturazione di acqua. Per semplificare, ci si riferisce a una situazione media, mentre non vengono presi in considerazione possibili scenari con deflusso superficiale sensibilmente maggiore, come è possibile attendersi dopo importanti precipitazioni.²⁴⁾
- Un'infiltrazione di acqua sotterranea contaminata nelle acque di superficie o, viceversa, di acqua di superficie contaminata in una falda acquifera non viene presa in considerazione per ragioni di semplicità.

Drenaggio

In caso di fuoriuscita nell'area stradale, l'afflusso nelle acque di superficie o la penetrazione nel terreno dipende dal tipo di drenaggio. Per quantificare i rischi ambientali è pertanto importante tener conto delle proprietà principali del sistema di drenaggio. Si distingue tra i seguenti tipi:

- Drenaggio ai bordi della carreggiata: la sostanza pericolosa non viene trattenuta, ma defluisce in superficie o si infiltra. Questo caso viene trattato analogamente a una fuoriuscita ai lati della strada.
- Infiltrazione controllata nel terreno (ad es. fossa a perdere): la sostanza pericolosa si infiltra completamente nel terreno (o parzialmente, se esistono misure di ritenuta). Siccome si può presupporre che il luogo dell'infiltrazione (o della fossa a perdere) non presenta rischi per l'acqua freatica che affluisce alla rete di acqua potabile, si assume che l'approvvigionamento della rete non venga interrotto. Siccome, inoltre, un'infiltrazione nelle acque di superficie non viene generalmente considerata, ciò significa che, nel caso di questo tipo di drenaggio, non si verifica mai un danno (dal punto di vista di entrambi gli indicatori presi in considerazione).
- Immissione in uno smaltitoio. Si distingue in questo caso tra:
 - sistemi che prevedono misure infrastrutturali (ad es. sbarramento con il quale è possibile bloccare il deflusso supplementare di liquidi verso lo smaltitoio); queste, una volta attivate (ad es. chiusura dello sbarramento), aumentano la capacità di ritenuta della sostanza pericolosa;
 - sistemi in cui non è presente nessuna misura infrastrutturale attiva.

²⁴⁾ Se entra in linea di conto la presenza di un impianto di depurazione delle acque (probabilità che la merce pericolosa venga trattenuta nell'impianto), si considera invece la possibilità di forti precipitazioni (attivazione di uno sfioratore di acqua piovana).

In entrambi i casi si considera che siano disponibili volumi di ritenuta, indipendentemente dalle misure attive (ad es. bacini di un impianto di depurazione delle acque o bacini di ritenuta con disoleatore). Si tiene, inoltre, conto del fatto che i servizi di intervento possono assumere misure attive (ad es. sigillare condotte del sistema di drenaggio immettendo tappi di aria compressa), indipendentemente dai presupposti concreti presi esplicitamente in esame nel presente metodo.

Acque di superficie

Nel caso si verifichi un afflusso in acque di superficie (AS), occorre prendere in considerazione la seguente tipologia²⁵⁾:

- AS che, in virtù delle loro dimensioni, figurano sui fogli 1:200'000 della carta nazionale.²⁶⁾
- AS che scorrono parallelamente alla strada per almeno 100 m (eccezione: l'attraversamento di fiumi più grandi).

Le acque di superficie che servono da smatitoio per il sistema di drenaggio vengono prese in considerazione, indipendentemente dalla loro situazione, per quanto riguarda la strada e la sua grandezza. Si presuppone che le sostanze pericolose, che non vengono trattenute nel sistema di drenaggio, confluiscono necessariamente nelle acque di superficie.

Acque sotterranee

Per tener conto delle acque sotterranee ai sensi dei criteri di valutazione II si rinvia ai seguenti punti:

- Vengono considerate esclusivamente captazioni per l'uso pubblico e con zone di protezione assegnate sul piano giuridico, all'interno di una distanza massima prefissata di 500 m da ambo i lati della strada.
- L'infiltrazione nelle acque sotterranee in provenienza da corsi d'acqua di superficie contaminati rappresenta un caso speciale e non è possibile tenerne conto nel modello. Ciò costituirebbe infatti un onere eccessivo, dato che sarebbe necessario considerare un numero importante di captazioni a valle.

25) Si tratta di raccomandazioni. Spetta agli utenti del metodo decidere se, in un caso dubbio, un corso d'acqua di superficie debba essere considerato.

26) Si tratta di acque con un n. GEWISS (numero di un corso d'acqua nel Sistema di informazione sulle acque in Svizzera) > 0.

6.2 Sostanza di riferimento benzina: entità dei danni

6.2.1 Probabilità che gli scenari si verifichino (albero degli eventi)

Gli scenari per determinare i rischi ambientali nel caso della sostanza di riferimento benzina sono definiti dalla quantità, dal tipo e dal luogo della fuoriuscita (sulla strada o a lato di essa) nonché da eventuali misure di intervento o di ritenuta che dipendono dal sistema di drenaggio (cfr. la rappresentazione in forma di albero degli eventi all'Immagine 15).

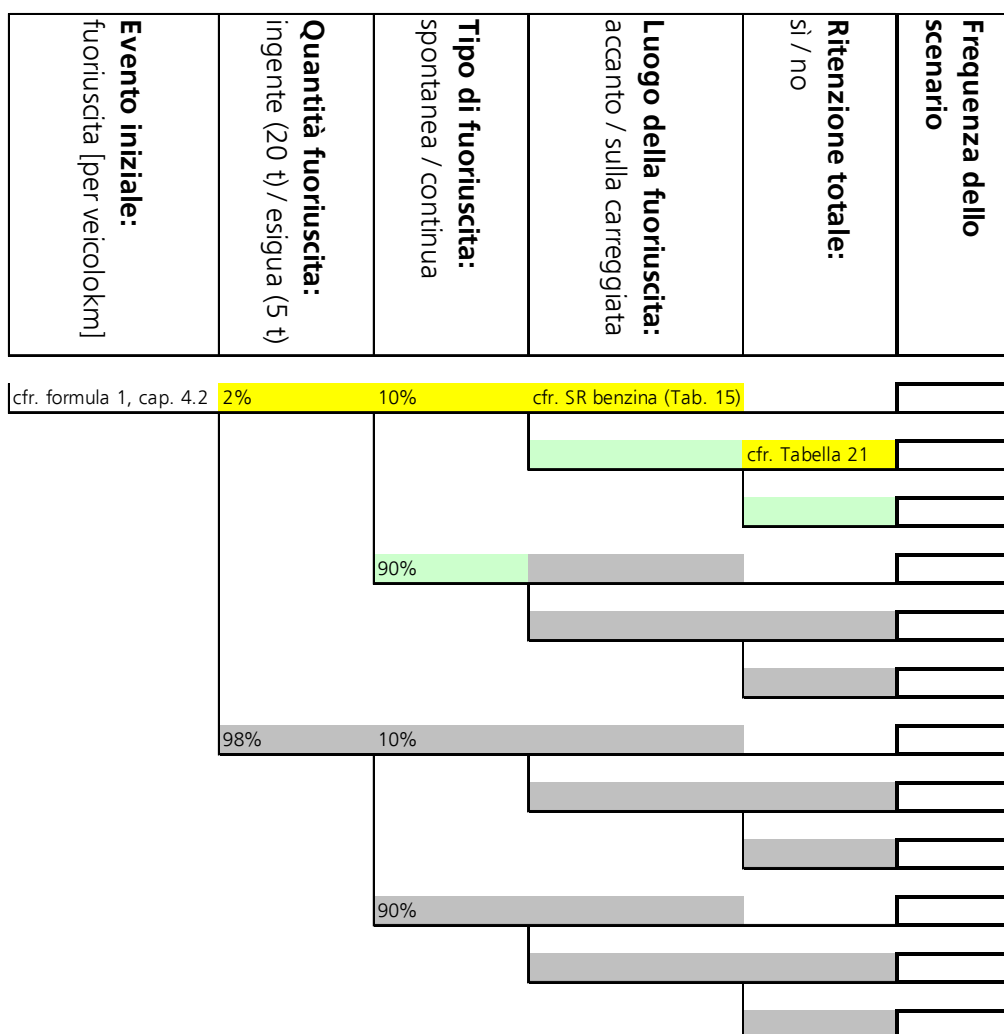


Immagine 15: Albero degli eventi per la sostanza di riferimento benzina, con probabilità legate a condizioni poste dagli scenari considerati. Significato dei colori: giallo: valore base; verde: complemento a 1; grigio: ripetizione di valori identici.

Qui di seguito vengono definite le probabilità che i diversi scenari si verifichino.

Quantità fuoriuscite

Le probabilità cui ci si riferisce per le due quantità fuoriuscite sono:

- fuoriuscita ingente (20 t): 0,02
- fuoriuscita esigua (5 t): 0,98

Tipo di fuoriuscita

Le probabilità di una fuoriuscita spontanea o continua nel caso della sostanza di riferimento benzina sono le stesse come nella valutazione dei rischi per le persone (cfr. capitolo 5.4.1.).

Luogo della fuoriuscita

Valgono le stesse condizioni e gli stessi valori come nel caso dei rischi per le persone (sostanza di riferimento benzina, cfr. capitolo 5.4.2.).

Ritenuta totale

Nel caso di una fuoriuscita nell'ambito della carreggiata con un drenaggio del tipo "immissione in uno smaltitoio", sussiste la possibilità che una parte importante della merce pericolosa sia trattenuta prima di finire nelle acque di superficie. Questa eventualità viene considerata dal ramo "ritenuta totale" dell'albero degli eventi. In questo modo viene tenuto conto dei seguenti casi e delle seguenti misure:

- Nel caso di un drenaggio con volumi di ritenuta a percorrenza lenta (ad es. impianto di depurazione delle acque), normalmente è possibile trattenere tutta la merce pericolosa. Se tuttavia esiste uno sfioratore di acqua piovana, può darsi che esso venga attivato automaticamente nel caso di un importante afflusso di acqua (forti precipitazioni); in tal modo la merce pericolosa non finisce completamente, ad esempio, nei bacini dell'impianto di depurazione, ma in parte direttamente nello smaltitoio (vale a dire: non è l'impianto di depurazione che effettua la ritenuta totale). Se non esiste alcuno sfioratore di acqua piovana, la ritenuta totale è a ogni modo garantita (ad es. impianto ecologico per lo smaltimento delle acque stradali con filtraggio negli strati di terreno).²⁷⁾
- Nel caso di un drenaggio con volumi di ritenuta a percorrenza rapida (ad es. bacino di ritenuta con o senza disoleatore), una ritenuta totale può essere garantita indipendentemente

27) Lo stesso vale per uno sfioratore di acqua piovana che non conduce direttamente allo smaltitoio, ma in un altro sistema di ritenuta. Se ad es. nel caso di uno sfioratore di acqua piovana attivo in un impianto ecologico per lo smaltimento delle acque stradali, un primo bacino di decantazione viene aggirato, ma la ritenuta viene ancora garantita in un secondo bacino di depurazione, occorre classificare tutto il sistema come „privo di sfioratore di acqua piovana”.

dalla quantità di sostanza pericolosa fuoriuscita, solo se la normale via di deflusso verso lo smaltitoio viene attivamente sbarrata dai servizi di intervento. In questo caso si stabilisce

- se esiste un sistema di sbarramento che può essere chiuso, e
 - quanto tempo occorre ai servizi di intervento per chiudere l'eventuale sbarramento o sigillare la condotta immettendo aria.
- Se non esiste nessun volume di ritenuta (vale a dire che, come possibile bacino di accumulo, si può ricorrere unicamente alle condotte), vale lo stesso come nel caso di un volume di ritenuta a percorrenza rapida. La probabilità che vengano assunte misure attive (chiudere lo sbarramento, sigillare le condotte immettendo aria) è tuttavia inferiore, perché viene a mancare l'effetto ritardante dovuto al volume di ritenuta.

Per semplificare si assume che, nell'ipotesi "funziona la ritenuta totale" dell'albero degli eventi, è possibile trattenere tutta la sostanza pericolosa secondo le circostanze e le misure descritte sopra. L'entità di un'eventuale ritenuta nell'ipotesi che "la ritenuta totale non funziona" viene illustrata nel paragrafo successivo.

Le seguenti valutazioni sulle probabilità di una ritenuta totale si fondano sul tipo di drenaggio "immissione in uno smaltitoio":²⁸⁾

tipo di volumi di ritenuta presenti nel sistema di drenaggio	con sbarramento	tempo trascorso fino all'intervento	probabilità di ritenuta totale
percorrenza lenta con sfioratore (ad es. sistema di depurazione)	(irrilevante)	(irrilevante)	0.98
percorrenza lenta senza sfioratore (ad es. impianto smaltimento ac-que)	(irrilevante)	(irrilevante)	1
percorrenza rapida (ad es. bacino di ritenuta con o senza disoleatore)	sì	< 20 Min.	0.35
		20 - 40 Min.	0.20
		> 40 Min.	0.10
	no	< 20 Min.	0.10
		20 - 40 Min.	0.05
		> 40 Min.	0
nessuno (a parte condotte)	sì	< 20 Min.	0.10
		20 - 40 Min.	0.05
		> 40 Min.	0
	no	< 20 Min.	0.05
		20 - 40 Min.	0.02
		> 40 Min.	0

Tabella 21: Probabilità di una ritenuta totale della sostanza pericolosa fuoriuscita per un drenaggio del tipo "immissione in uno smaltitoio"

Nel caso di un drenaggio ai bordi della carreggiata non è possibile parlare di ritenuta totale; la probabilità corrispondente nell'albero degli eventi equivale pertanto a 0.²⁹⁾

6.2.2 Calcolo dell'entità dei danni in caso di "acque di superficie contaminate"

Caso 1: Fuoriuscita all'interno dell'area stradale (drenaggio con immissione in uno smaltitoio)

Nel caso di una fuoriuscita all'interno dell'area stradale con immissione in uno smaltitoio attraverso il sistema di drenaggio, per mezzo di un bilancio quantitativo è possibile determinare, per le situazioni in cui sulla scorta della Tabella 21 la probabilità di una ritenuta totale è < 1, il volume di sostanza pericolosa che può finire nello smaltitoio. Occorre distinguere tra i seguenti casi:

- Se (fatta eccezione per le condotte) non è disponibile nessun volume di ritenuta, si assume a titolo conservativo che tutta la sostanza pericolosa fuoriuscita finisca nello smaltitoio.
- Se lo sfioratore di acqua piovana viene attivato per un volume di ritenuta a percorrenza rapida (ad es. nel caso di un impianto di depurazione delle acque), si assume che il 50 % della sostanza di riferimento benzina finisca nello smaltitoio.³⁰⁾
- Nel caso di un bacino di ritenuta a percorrenza rapida, la quantità che finisce nello smaltitoio dipende dalla capacità di ritenuta dell'olio $V_{\text{ritenuta olio}}$. È possibile presumere che merci pericolose riconducibili alla sostanza di riferimento benzina possono essere trattenute nella misura di questo volume.³¹⁾ Il volume di merci pericolose V_{AS} [m³] che finisce nello smaltitoio può essere di conseguenza calcolato a partire dalla quantità fuoriuscita $m_{\text{fuoriuscita}}$ [t] e dalla densità ρ della benzina (0,75 t/m³), secondo la formula seguente:

$$V_{\text{benzina } AS} = \frac{m_{\text{benzina emanazione}}}{\rho_{\text{benzina}}} - V_{\text{ritenzione olio}}$$

28) La tipica probabilità di pioggia ammonta al 10 % (stazione Lucerna Allmend: 827 ore di media annuale). Si presuppone, inoltre, che nell'80 % dei casi le precipitazioni siano così esigue, da rendere inutile l'attivazione dello sfioratore.

29) Il caso di un drenaggio del tipo "infiltrazione controllata" non è degno di nota, poiché i danni sono a priori pari a 0 (cfr. capitolo 6.1).

30) Solitamente, in un impianto di depurazione gli sfioratori di acqua piovana sono costruiti in modo che, anche in caso di precipitazioni ingenti, i liquidi sospesi non vengano evacuati attraverso di essi, ma confluiscono nel bacino di depurazione.

31) In caso di un getto importante di merce pericolosa, la capacità di ritenuta può essere leggermente inferiore. Dato, tuttavia, che la capacità di ritenuta del rimanente sistema di drenaggio (tubi, pozzi di deflusso, ecc.) viene trascurata, è possibile presumere che, anche in un caso simile, complessivamente sia disponibile un volume che corrisponde a quello della ritenuta dell'olio. La capacità di ritenuta può, al contrario, risultare sensibilmente inferiore, se la merce pericolosa finisce nel bacino assieme a ingenti quantità di acqua piovana. In questo caso può, infatti, succedere che la parete sommersa del disoleatore venga dilavata a causa delle turbolenze. Il presente metodo non prende in considerazione l'eventuale concomitanza tra forti precipitazioni e un'avaria (la probabilità che un simile evento si verifichi è dell'1 % ca.).

Caso 2: Fuoriuscita all'interno dell'area stradale (drenaggio ai bordi della carreggiata) e fuoriuscita al di fuori dell'area stradale (afflusso nelle acque di superficie)

Nel caso di una fuoriuscita ai lati della carreggiata il drenaggio non influisce su un'eventuale penetrazione nelle acque di superficie. Si ipotizza che non esistono possibilità di intervento per influire in tempo utile sulla quantità di liquido che penetrerà nelle acque di superficie.

L'afflusso nelle acque di superficie (AS) viene definito in percentuale della quantità fuoriuscita, sulla scorta dei risultati dei calcoli effettuati nell'ambito di un progetto analogo svolto nel settore del trasporto ferroviario. I valori percentuali sono rappresentati alla Tabella 22 (fuoriuscita ingente) e alla Tabella 23 (fuoriuscita esigua).

La penetrazione superficiale nelle AS, in % della quantità fuoriuscita, dipende da:

- caratteristiche del terreno: si assume, che nel caso di terreni piatti o in salita non si verificano penetrazioni nelle AS. Il fenomeno è infatti possibile solo per i terreni la cui pendenza tra il luogo della fuoriuscita e il luogo d'afflusso nelle AS è sempre maggiore a 2°;
- distanza tra il luogo dell'incidente e le AS più vicine (in classi, designate nell'immagine seguente come "classi di distanza") (in m);
- classe di pendenza (in gradi);
- tipo di fuoriuscita.

afflusso nelle AS in percentuale del liquido fuoriuscito, per una fuoriuscita ingente (20 t)				
caratteristiche del terreno	classe di distanza [m]	classe di pendenza [°]	fuoriuscita spontanea [%]	fuoriuscita continua [%]
piatto / in salita			0	0
in discesa	0 – 10	2 – 5	96	50
		5 – 10	97	55
		10 – 20	98	63
		>20	99	76
	10 – 30	2 – 5	90	25
		5 – 10	92	34
		10 – 20	94	47
		>20	97	65
	30 – 100	2 – 5	75	7
		5 – 10	78	15
		10 – 20	82	26
		>20	87	43
	100 – 200	2 – 5	45	2
		5 – 10	50	5
		10 – 20	55	10
		>20	75	30
	>200		0	0

Tabella 22: Penetrazione nelle acque di superficie più vicine in percentuale della quantità complessiva di liquido fuoriuscito, per una fuoriuscita ingente (20 t)

afflusso nelle AS in percentuale del liquido fuoriuscito, per una fuoriuscita ingente (5 t)					
caratteristiche del terreno	classe di distanza [m]	classe di pendenza [°]	fuoriuscita spon- tanea [%]	fuoriuscita conti- nua [%]	
piatto / in salita			0	0	
in discesa	0 – 10	2 – 5	90	40	
		5 – 10	92	45	
		10 – 20	94	53	
		>20	96	65	
	10 – 30	2 – 5	66	20	
		5 – 10	70	26	
		10 – 20	77	36	
		>20	88	52	
	30 – 100	2 – 5	42	3	
		5 – 10	46	7	
		10 – 20	52	13	
		>20	62	22	
	100 – 200	2 – 5	9	0	
		5 – 10	15	0	
		10 – 20	25	0	
		>20	45	1	
	>200		0	0	

Tabella 23: Penetrazione nelle acque di superficie più vicine in percentuale della quantità complessiva di liquido fuoriuscito, per una fuoriuscita esigua (5 t)

Moltiplicando la quantità fuoriuscita in m³ con i valori percentuali delle tabelle, si ottiene la quantità di liquido confluito nelle acque di superficie in m³.

Calcolo dell'entità dei danni in base ai criteri di valutazione (CV)

La superficie contaminata $S_{contaminata}$ può essere determinata a partire dalla quantità di sostanza di riferimento benzina confluita nelle acque di superficie m_{AS} in base ai CV II sulla scorta della formula seguente:

$$S_{contaminata} = \frac{m_{AS}}{15} \quad \text{dove}$$

$S_{contaminata}$: superficie contaminata delle acque di superficie in km²

m_{AS} : quantità di merce pericolosa penetrata nelle acque di superficie in t

Nella misura in cui sia possibile, per mezzo di misure di intervento (ad es. sbarramenti dell'olio su di un corso d'acqua dalla corrente debole) o grazie alla presenza dei necessari presupposti infrastrutturali (ad es. una briglia in grado di trattenere liquidi sospesi), garantire con alta probabilità che la superficie contaminata sia più piccola di quanto calcolato con la formula precedente, quest'ultima può essere limitata al valore massimo possibile, registrando la superficie contaminata massima.

A partire dalla superficie contaminata delle acque di superficie $S_{contaminata}$ in km² si calcola il valore da attribuire all'incidente in base ai CV II, nella maniera seguente:

$$a = 0.3 \cdot \log_{10} S_{contaminata} + 0.3 = 0.3 \cdot \log_{10} \frac{m_{AS}}{15} + 0.3$$

Nel grafico seguente, il rapporto tra quantità confluita nelle acque di superficie e il valore da attribuire all'incidente viene illustrato per entrambe le sostanze di riferimento prese in considerazione (la formula per la sostanza di riferimento epicloridrina viene esposta al capitolo 6.3.2).

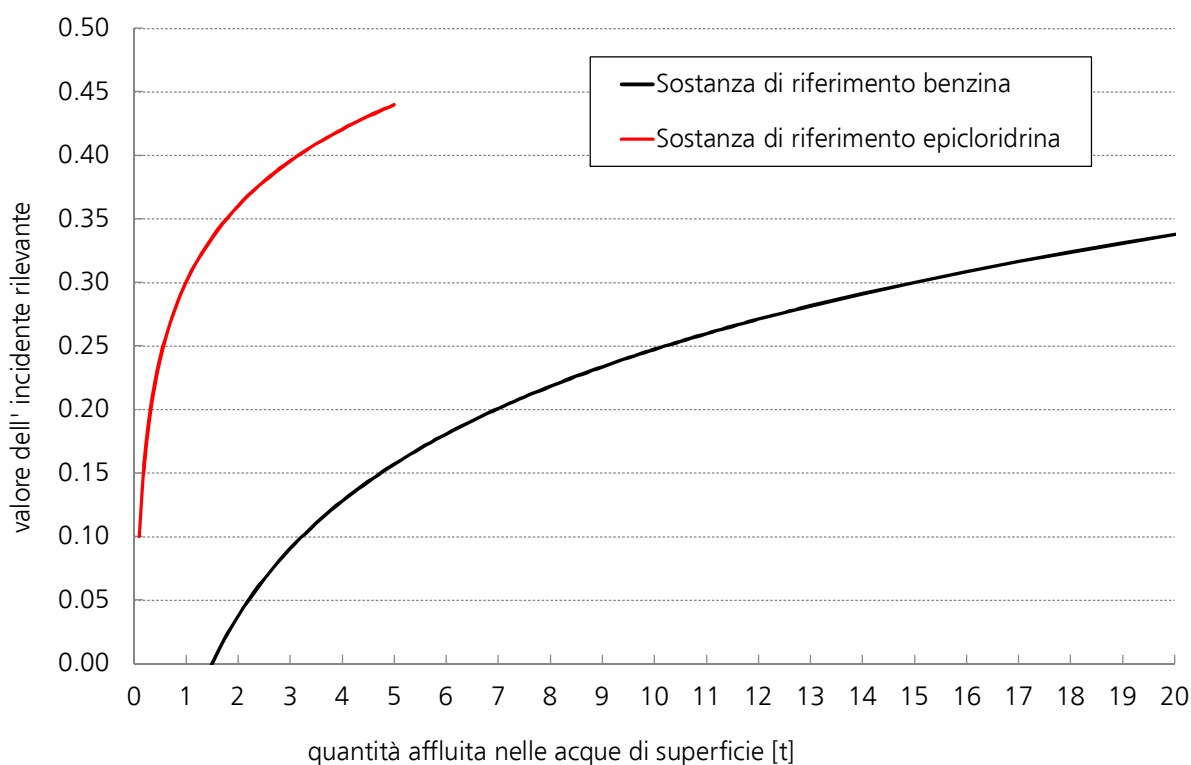


Immagine 16: Rapporto tra la quantità confluita nelle acque di superficie e il valore da attribuire all'incidente per le sostanze di riferimento benzina ed epicloridrina

6.2.3 Calcolo dell'entità dei danni in caso di "acque sotterranee contaminate"

Le sostanze che fuoriescono all'interno di una carreggiata che dispone di un sistema di drenaggio del tipo "immissione in uno smaltitoio" (caso 1) non confluiscono nelle acque sotterranee (ASt), dato che tutta la merce pericolosa che non può essere trattenuta finisce nelle acque di superficie, mentre la possibilità che queste filtrino in una falda non viene presa in considerazione. Occorre, pertanto, considerare unicamente il caso 2 "fuoriuscite al di fuori dell'area stradale" e "drenaggio ai bordi della carreggiata".

La penetrazione nelle acque sotterranee "penetrazione nelle ASt" (zona satura) viene determinata nella seguente maniera:

penetrazione nelle ASt = quantità di infiltrazione terreno – ritenuta zona non satura

dove:

- quantità di infiltrazione terreno $[m^3] =$
quantità di fuoriuscita $[t]$ / densità sostanza di riferimento $[t/m^3]$ – penetrazione nelle ASt $[m^3]$
- ritenuta zona non satura $[m^3] =$
superficie della pozzanghera $[m^2]$ * soggiacenza $[m]$ * capacità di ritenuta del terreno $[m^3/m^3]$

Vengono inoltre utilizzati i seguenti parametri:

- superficie della pozzanghera benzina:
 - in caso di fuoriuscite ingenti: $50 m^2$
 - in caso di fuoriuscite esigue: $15 m^2$
- capacità di ritenuta del terreno: $0,02 m^3/m^3$

La soggiacenza deve essere registrata come dato determinante specifico di un tratto.

Il calcolo dell'entità dei danni si basa sulla portata accumulata $[l/min]$ delle captazioni di acqua potabile contaminate e, pertanto, non più utilizzabili per l'approvvigionamento pubblico. La distanza entro la quale le captazioni sono contaminate dipende dalla direzione di scorrimento della falda acquifera:

- deflusso dalla strada alla zona di captazione: 0 - 500 m
- deflusso parallelo alla strada: 0 - 200 m
- deflusso dalla zona di captazione alla strada: 0 - 100 m

A seconda del deflusso, occorre indicare come grandezza influente specifica ai tratti la portata di acqua accumulata all'interno delle distanze in base alla direzione di scorrimento definite sopra.

Se la sostanza pericolosa affluisce nelle acque sotterranee (zona satura) ed esistono captazioni di acqua potabile importanti all'interno della distanza definita sopra, il periodo di tempo durante il quale la zona di captazione non sarà disponibile viene determinato in termini di persone e mesi, nella maniera seguente:

- numero di persone colpite = portata di acqua accumulata / 400 litri
(sulla base dei CV II si assume un fabbisogno pro capite di 400 l al giorno)
- durata della contaminazione e interruzione della captazione per l'approvvigionamento di acqua potabile:

$$t_{\text{interruzione}} = 19 \cdot m_{\text{Ast}}^{0.3} \quad \text{con limite massimo fissato a 6 mesi,}$$

dove:

$t_{\text{interruzione}}$: interruzione dell'approvvigionamento di acqua potabile nella zona contaminata, in mesi

m_{Ast} : quantità affluita nelle acque sotterranee (zona satura) in m³

Questo approccio si basa sullo screening per i rischi ambientali nel trasporto ferroviario [Screening rischi ambientali 2008], che a sua volta fa riferimento a un modello che si fonda sulle seguenti considerazioni:

- La merce pericolosa (sostanza di riferimento benzina), che raggiunge la zona satura (penetrazione nelle Ast), si discioglie lentamente nella corrente delle acque sotterranee (la concentrazione di saturazione a 100 g/m³ si situa nettamente sopra il valore soglia di 0,02 g/m³, a partire dal quale l'acqua potabile è ritenuta contaminata e non può più, di conseguenza, essere utilizzata).
- La contaminazione dura fino a quando tutta la merce pericolosa non sia passata nella soluzione. Questo valore dipende dalla quantità di merce pericolosa nella zona satura, dall'idrosolubilità, dalla superficie della pozza formata dalla merce pericolosa, dalla velocità della corrente delle acque sotterranee e dallo spessore della falda acquifera (vale a dire dallo spessore della stratificazione, all'interno della quale la merce pericolosa si discioglie). Si ottiene in questo modo il quadro illustrato nell'immagine seguente.
- Per limitare verso l'alto i valori da attribuire agli incidenti, viene stabilita una durata massima dell'interruzione pari a 6 mesi (cfr. Immagine 17). Per raggiungerla bastano già quantità esigue di benzina nella zona satura. Il processo è infatti molto lungo, visto che l'idrosolubilità della benzina è molto bassa.

Il modello si basa sui seguenti parametri:

- permeabilità della falda acquifera: $k = 0,001$

- spessore dello strato di sostanza nociva nella sua fase non disciolta sulla superficie delle acque sotterranee: 1 cm
- spessore delle acque sotterranee: 10 m
- quota della quantità infiltrata di merce pericolosa, che può essere aspirata per mezzo di misure di intervento: 60 %

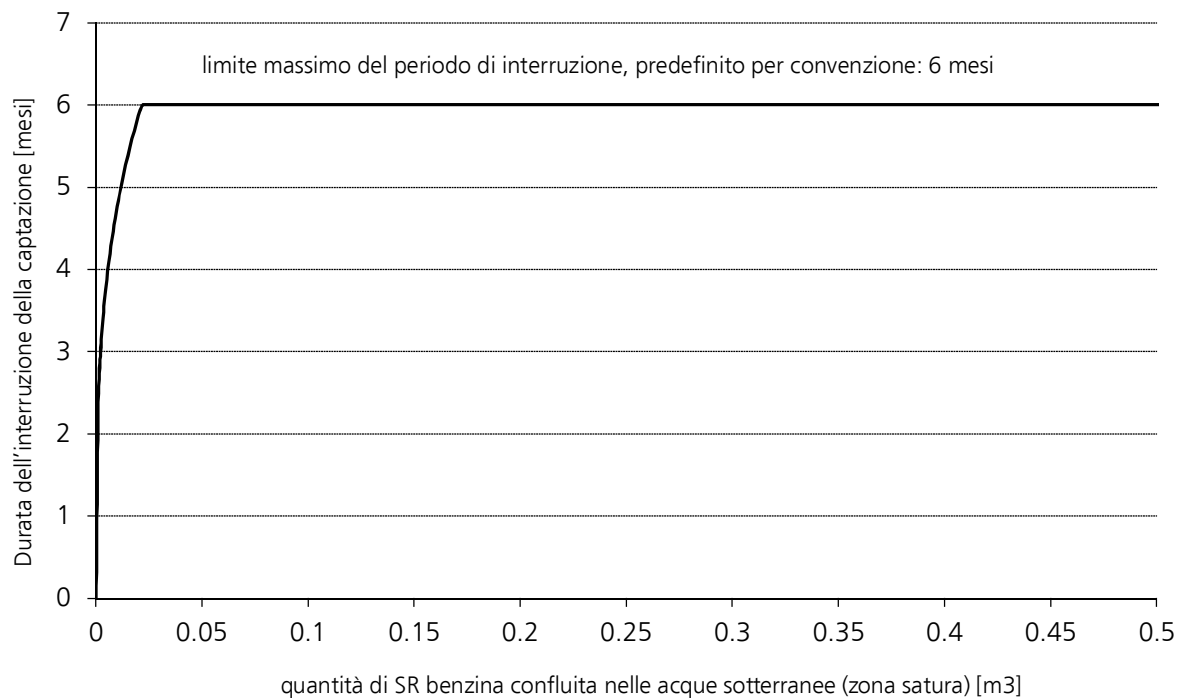


Immagine 17: Rapporto tra la quantità di benzina, che finisce nella zona satura, e la durata della contaminazione

Il valore da attribuire all'incidente viene, infine, determinato nel modo seguente:

$$a = 0.3 \cdot \log_{10} \frac{t_{\text{interruzione}} \cdot M}{400} - 3 \quad \text{dove}$$

$t_{\text{interruzione}}$: interruzione dell'approvvigionamento di acqua potabile nella zona contaminata, in mesi

M : portata di acqua accumulata delle captazioni di acqua potabile colpite in litri/min.

6.3 Sostanza di riferimento epicloridrina: entità dei danni

6.3.1 Probabilità che gli scenari si verifichino (albero degli eventi)

Gli scenari per determinare i rischi ambientali nel caso della sostanza di riferimento epicloridrina vengono definiti per mezzo degli stessi dati cui si ricorre nel caso della sostanza di riferimento benzina (cfr. la rappresentazione in forma di albero degli eventi all'Immagine 15). A differenza della sostanza di riferimento benzina, si considera, tuttavia, soltanto una quantità fuoriuscita di 5 t.

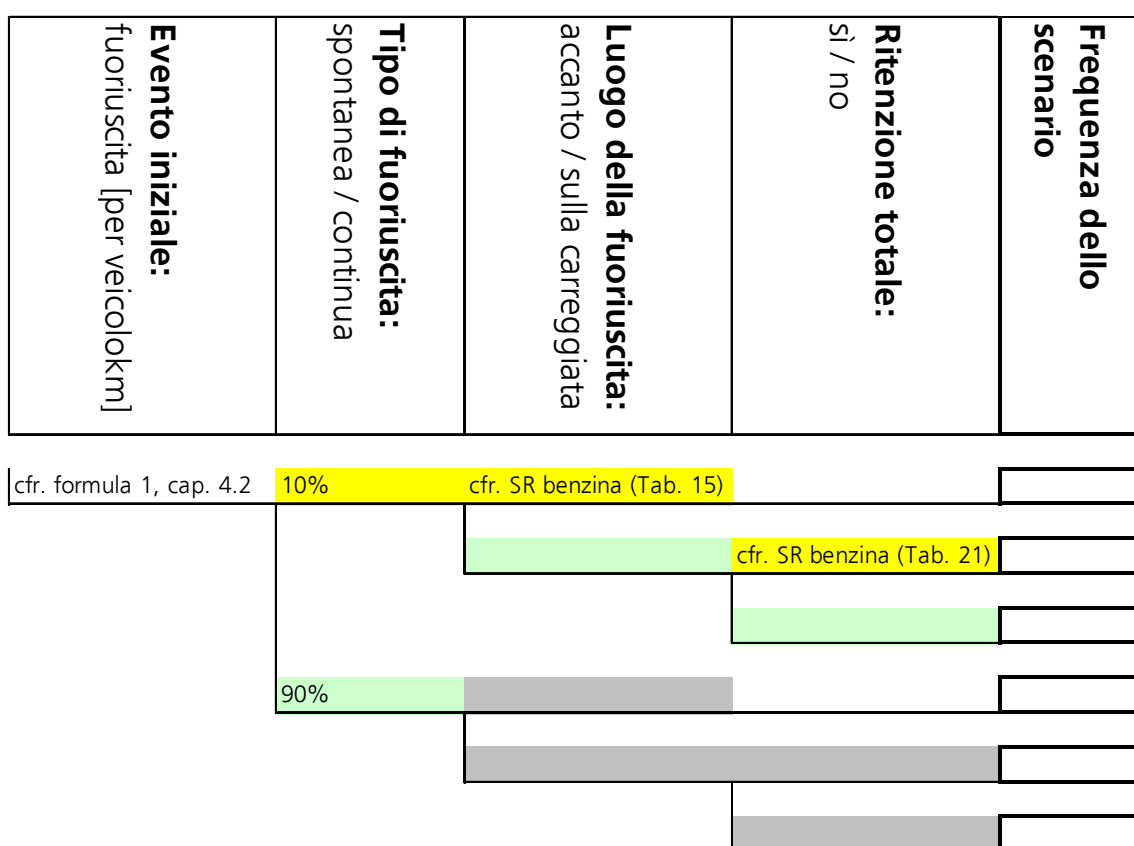


Immagine 18: Albero degli eventi per la sostanza di riferimento epicloridrina, con probabilità legate a condizioni poste dagli scenari considerati. Significato dei colori: giallo: valore base; verde: complemento a 1; grigio: ripetizione di valori identici

Qui di seguito vengono stabilite le probabilità che i diversi scenari si verifichino.

Tipo di fuoriuscita

Ci si basa sulle stesse probabilità presupposte per la sostanza di riferimento benzina:

- fuoriuscita spontanea: 0,1
- fuoriuscita continua: 0,9

Luogo della fuoriuscita

Valgono le stesse condizioni e gli stessi valori su cui si fondava l'analisi dei rischi per le persone (sostanza di riferimento benzina), cfr. capitolo 5.4.2.

Ritenuta totale

La possibilità di garantire una ritenuta totale, a prescindere dalla quantità fuoriuscita, dipende fondamentalmente dal sistema di drenaggio e non dalle proprietà della sostanza liberata. Valgono pertanto le stesse condizioni e gli stessi valori come nel caso della sostanza di riferimento benzina, cfr. capitolo 6.2.1.

6.3.2 Calcolo dell'entità dei danni in caso di "acque di superficie contaminate"

Caso 1: Fuoriuscita all'interno dell'area stradale (drenaggio con immissione in uno smaltitoio)

Il procedimento è analogo a quello seguito per la sostanza di riferimento benzina, con la differenza che, a causa dell'idrosolubilità dell'epicloridrina, la ritenuta nel sistema di drenaggio (ad es. bacino) è minore. La sostanza di riferimento epicloridrina, infatti, si scioglie nell'acqua e può di conseguenza essere trattenuta solo parzialmente.

La capacità di trattenere sostanze nocive di un bacino di ritenuta viene determinata, semplificando, nella maniera seguente:

- Si assume che le 5 t di epicloridrina fuoriuscita (corrisponde a 4,2 m³)³²⁾ finiscano completamente nel bacino di ritenuta e che lì si mischino con l'acqua che già vi si trova. In questo modo viene rimosso lo stesso volume di acqua contaminata, che finisce nello smaltitoio.³³⁾
- Determinante per la quantità di epicloridrina che penetra nello smaltitoio $V_{epi,AS}$ è, pertanto, il volume complessivo del bacino di ritenuta $V_{\text{bacino di ritenuta}}$. Vale:

$$V_{epi,AS} = V_{Epi,emanazione} \cdot \frac{V_{epi,emanazione}}{V_{epi,emanazione} + V_{bacinodiritenzione}}, \text{ dove } V_{epi,fuoriuscita} = 4,2 \text{ m}^3$$

32) La densità dell'epicloridrina ammonta a 1,18 t/m³.

33) Il caso di forti precipitazioni, quando la capacità di ritenuta è inferiore, non viene preso in considerazione (cfr. nota 31).

Nel caso di uno sfioratore di acqua piovana attivato con un volume di ritenuta a percorrenza lenta (ad es. impianto di depurazione delle acque, impianto ecologico per lo smaltimento delle acque) si assume che il 90 % dell'epicloridrina fuoriuscita finisca nello smaltitoio.

Caso 2: Fuoriuscita all'interno dell'area stradale (drenaggio ai bordi della carreggiata) e fuoriuscita al di fuori dell'area stradale (afflusso nelle acque di superficie)

L'afflusso nelle acque di superficie viene determinato, analogamente a quanto fatto per la sostanza di riferimento benzina e sulla scorta dei calcoli effettuati nell'ambito di un progetto analogo svolto nel settore del trasporto ferroviario, in termini di percentuale della quantità fuoriuscita. Si ricorre anche in questo caso ai valori riportati alla Tabella 23. La quantità affluita nelle acque di superficie viene calcolata analogamente alla sostanza di riferimento benzina.

Nel caso di una concentrazione soglia di 1 g/m³ (al di sopra della quale si parla di contaminazione), il calcolo della quantità di acqua contaminata si basa sulla formula seguente:

$$S_{\text{contaminata}} = \frac{m_{AS}}{10^{-6}} \quad \text{dove}$$

$S_{\text{contaminata}}$: superficie contaminata delle acque di superficie in km²

m_{AS} : quantità di epicloridrina affluita nelle acque di superficie in t

Per valutare l'entità dei danni occorre far riferimento ai CV I, dato che i CV II non si pronunciano sulle sostanze idrosolubili e sulla conversione di un volume di acqua contaminata in un valore da attribuire a un incidente. Per determinare il valore da attribuire a un incidente vale la formula seguente:

$$a = -0.9 + 0.2 \cdot \log_{10} S_{\text{contaminata}} = 0.3 + 0.2 \cdot \log_{10} m_{AS}$$

Il rapporto tra la quantità di epicloridrina penetrata nelle acque di superficie e il valore da attribuire a un incidente rilevante viene rappresentato graficamente al capitolo 6.2.2, Immagine 16.

7 Criteri di esclusione

L'elaborazione e l'applicazione di criteri di esclusione permette di passare al vaglio, sulla scorta di dati facilmente accessibili in merito agli indicatori di danni, tra i seguenti due tipi di tratti stradali:

- tratti che non pongono problema e per i quali, di conseguenza, non si rende necessaria nessuna analisi approfondita dei rischi (soddisfano i criteri di esclusione). Non occorre pertanto procedere a un calcolo dei rischi in rapporto all'indicatore dei danni corrispondente, di modo che la procedura di valutazione ai sensi dell'OPIR può essere conclusa a livello di rapporto breve;
- tratti per i quali si rende necessaria un'analisi precisa sulla scorta del metodo di screening (non soddisfano i criteri di esclusione).

I criteri di esclusione aiutano ad applicare l'OPIR in modo più efficace, dato che permettono di trascurare, con una procedura molto semplice, i tratti la cui pericolosità è irrilevante e di concentrare invece l'attenzione su quelli che pongono problema.

In casi inusuali, i criteri di esclusione dovrebbero essere inaspriti oppure, in linea di principio, non essere applicati (ad es. una quota di traffico pesante fortemente sopra la media e / o un tasso di incidenti specifico; presenza di uno stadio nelle immediate vicinanze della strada). In questo caso è necessario applicare il metodo di screening, prima ancora che, a livello di rapporto breve, si decida dell'opportunità di elaborare un'analisi dei rischi.

Per orientarsi nello stabilire i criteri di esclusione, è opportuno definire una linea soglia, sotto la quale la curva cumulativa³⁴⁾ relativa al singolo indicatore deve trovarsi quando i criteri sono rispettati. L'Immagine 19 illustra la linea soglia alla quale si riferiscono i criteri di esclusione esposti qui di seguito. Essa si situa, in caso di un incidente rilevante con valore 0,3 (ad es. 10 vittime), al centro della fascia di transizione, procede poi in maniera lineare fino a un incidente rilevante con valore 0,5 (ad es. 46 vittime) e da questo punto in avanti si muove lungo il limite inferiore della fascia di transizione. Se si optasse per la linea soglia rossa lungo il limite inferiore della fascia di transizione, nei criteri di esclusione rientrerebbe un numero sensibilmente inferiore di tratti.³⁵⁾ Il gruppo di accompagnamento che ha dato il suo benestare alla linea soglia e ai criteri di esclu-

34) Ossia la curva cumulativa complessiva per indicatore di danni (aggregata a partire dalle singole sostanze principali).

35) Si tratta principalmente di tratti al di fuori della rete delle strade nazionali, le cui curve cumulative per l'indicatore „vittime,, in caso di eventi in cui era implicata la sostanza principale benzina, si situano ancora nell'ambito di transizione a causa degli occupanti dei veicoli colpiti. L'applicazione del metodo di screening non fornirebbe in questi casi praticamente nessuna informazione aggiuntiva e non dovrebbe portare nemmeno a misure per ridurre il rischio concretamente applicabili.

sione che ne derivano, ritiene che l'esclusione di determinati tratti sia ammissibile. In questo modo è possibile garantire un'applicazione efficace dell'OPIR, in particolare per quanto riguarda le strade di grande transito cantonali, benché una considerazione più attenta mostri che la curva cumulativa tra gli incidenti rilevanti di valore compreso tra 0,3 e 0,5 tende ancora spesso a situarsi nella fascia di transizione.

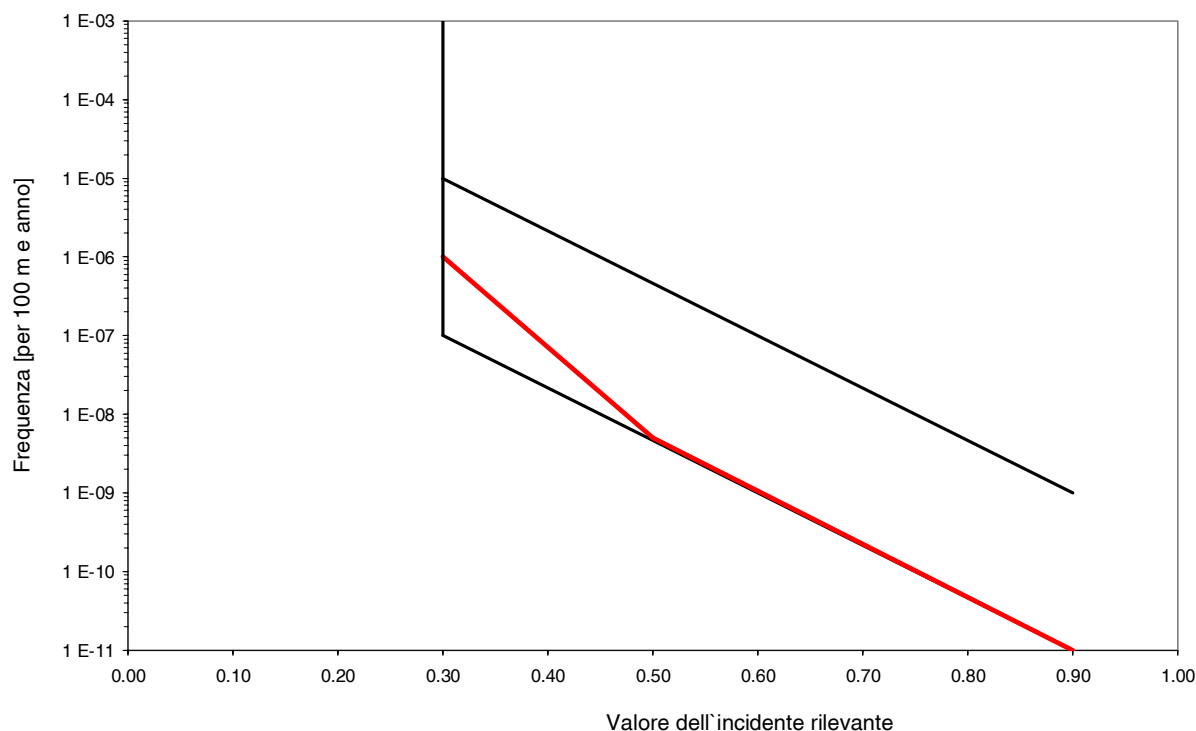


Immagine 19: Situazione della linea soglia sulla quale si fondano i criteri di esclusione (linea rossa)

Dato che, quando è stato redatto il presente rapporto, i criteri di valutazione in caso di "acque sotterranee contaminate" si trovavano ancora in fase di elaborazione, al momento per questo indicatore non è ancora possibile fornire criteri di esclusione relativi alle dimensioni e all'importanza delle captazioni di acqua potabile (ad es. portata di acqua, presenza di misure di sostituzione). I criteri di esclusione forniti per questo indicatore sono, pertanto, ancora provvisori e verranno completati quando saranno disponibili i criteri di valutazione definitivi.

Come criteri di esclusione, in seguito, verranno presi in considerazione unicamente dati specifici di un tratto, di cui si tiene conto nell'ambito del metodo di screening e che possono in genere essere determinati con un dispendio relativamente ridotto. Si fa riferimento ai seguenti dati:

- per tutti gli indicatori: TGM³⁶⁾;
- per l'indicatore "vittime": densità di persone (a livello di popolazione residente o di posti di lavoro) all'interno di una distanza di 500 m dalla strada;
- per l'indicatore "acque di superficie contaminate":
 - situazione ed estensione delle acque di superficie contaminate più vicine (in particolare la loro distanza dalla strada);
 - tipo di drenaggio (ai bordi della carreggiata, immissione in uno smaltitoio o in una fossa a perdere); nel caso di un'immissione in uno smaltitoio, inoltre, va tenuto conto anche della capacità dei bacini di ritenuta.
- per l'indicatore "acque sotterranee contaminate": distanza dalla captazione di acqua potabile più vicina nonché altitudine rispetto alla strada.

Il procedimento per stabilire i criteri di esclusione può essere descritto nella maniera seguente:

- innanzi tutto vengono applicate convenzioni che sono oramai invalse nell'esecuzione quotidiana dell'OPIR (ad es. valore minimo di TGM pari a 5'000), o che sono già parte integrante del metodo di screening (ad es. grandezza di un corso d'acqua, distanza massima da captazioni di acqua potabile per le quali una contaminazione viene ancora ritenuta possibile);
- successivamente vengono calcolati, sulla scorta del metodo di screening, altri criteri di esclusione per ognuno degli indicatori, in modo che la curva cumulativa finisca per situarsi proprio sotto la linea soglia secondo l'Immagine 19.³⁷⁾ I risultati ottenuti vengono semplificati in prospettiva dell'applicazione pratica (ad es. arrotondamenti, ricorso a classi TGM unitarie per tutti gli indicatori).

Qui di seguito vengono rappresentate le combinazioni di criteri di esclusione in forma di diagramma di flusso, per ognuno degli indicatori di danni.

Indicatore "vittime"

I criteri di esclusione per l'indicatore "vittime" vengono illustrati all' Immagine 20.

36) Non si considera, invece, il genere di strada, perché in base al metodo di screening questo fattore influisce solo limitatamente sull'andamento della curva cumulativa.

37) Questo dovrebbe essere il caso, anche se per quelle grandezze influenti utilizzate nel metodo di screening per caratterizzare le adiacenze che non vengono considerate come criteri di esclusione, vengono stabiliti valori sfavorevoli (ad es. terreno ripido tra strada e acque di superficie). In rapporto al volume di merce pericolosa si ricorre a valori medi scelti secondo parametri prudenziali.

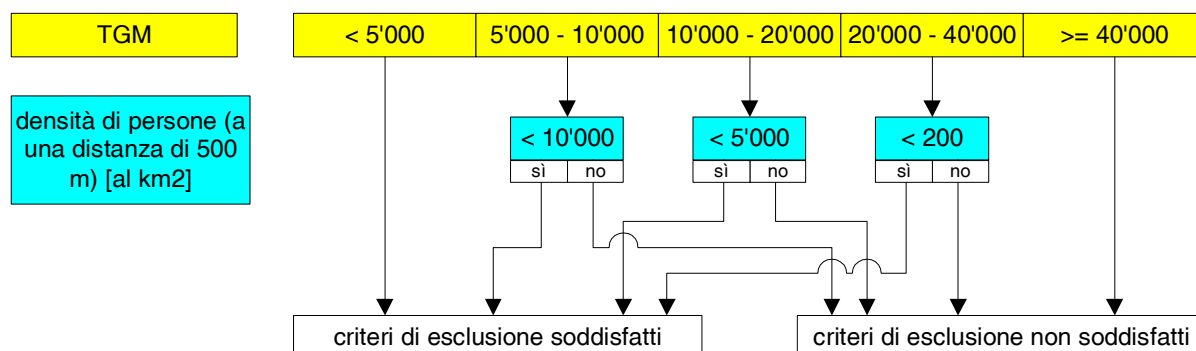


Immagine 20: Criteri di esclusione per l'indicatore "vittime"

Indicatore "acque di superficie contaminate"

Per quanto riguarda una possibile contaminazione delle acque di superficie occorre considerare due diverse vie di diffusione delle merci pericolose liquide:

- afflusso diretto nelle acque di superficie delle vicinanze;
- immissione, attraverso il sistema di drenaggio, in acque di superficie che servono da smaltitoio. Questa via di diffusione non viene presa in considerazione in caso di drenaggio ai bordi della carreggiata o di infiltrazione in una fossa a perdere che soddisfa le esigenze in materia di protezione dell'ambiente.

Vengono applicati in questo caso i criteri di esclusione rappresentati all'Immagine 21. Nel caso di un TGM superiore a 5'000 veicoli, perché i criteri di esclusione siano rispettati, entrambe le vie di diffusione descritte sopra devono soddisfare i valori indicati (in altre parole, non devono essere "critiche").

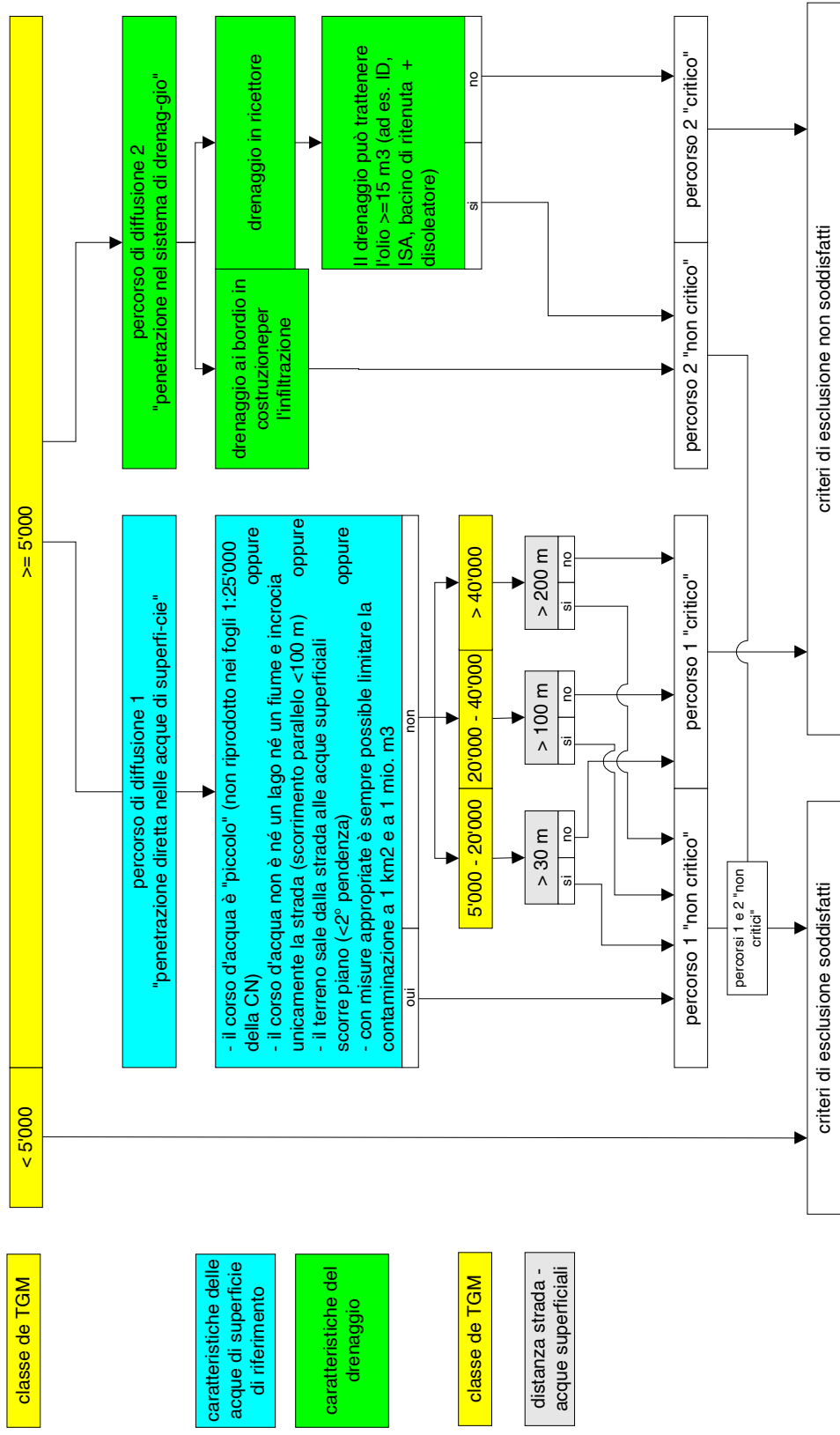


Immagine 21: Criteri di esclusione per l'indicatore "acque di superficie contaminate" (AS sta per acque di superficie, ID per impianto di depurazione delle acque, ISA per impianto ecologico per lo smaltimento delle acque stradali)

Indicatore "acque sotterranee contaminate"

Se è presente un sistema di drenaggio che sfocia in una fossa a perdere, in base alle disposizioni in materia di protezione dell'ambiente, quest'ultima deve essere situata in modo da escludere una possibile minaccia alle captazioni di acqua potabile. Siccome, inoltre, la possibilità di infiltrazione di acqua di superficie contaminata in una falda acquifera non viene presa in considerazione, come unica via di diffusione per l'indicatore "acque sotterranee contaminate" di cui tener conto rimane la penetrazione diretta di merci pericolose liquide nel terreno.

I criteri di esclusione, che al momento sono ancora provvisori e che dovranno essere completati quando saranno stati ridefiniti i criteri di valutazione, sono illustrati dalla seguente Immagine 22.

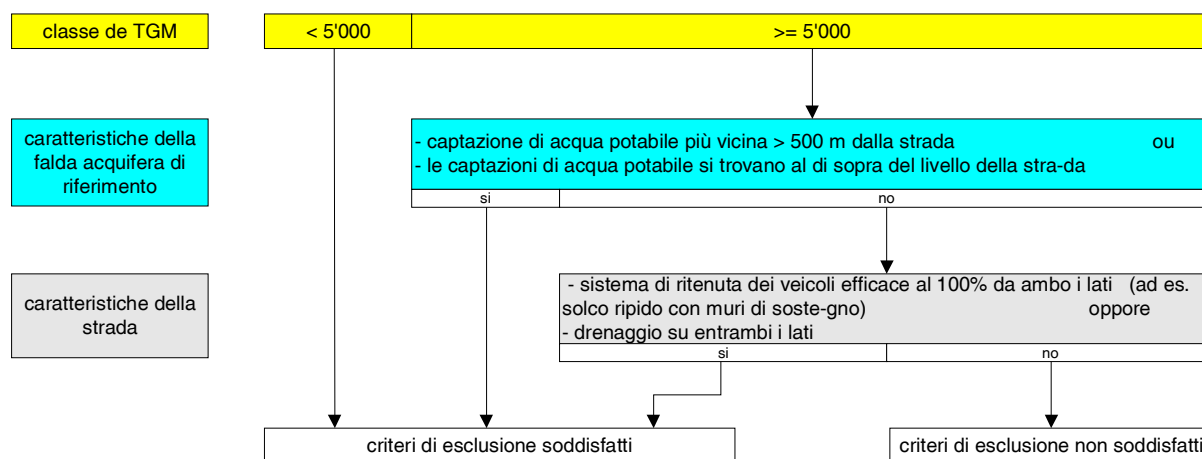


Immagine 22: Criteri di esclusione per l'indicatore "acque sotterranee contaminate"

Se è nota la direzione di deflusso della falda acquifera, il criterio che riguarda la distanza dalla captazione di acqua potabile più vicina può essere inasprito. Nel caso di una direzione di deflusso dalla captazione verso la strada, la distanza può essere ridotta da 500 m a 100 m; nel caso di una direzione di deflusso parallela alla strada, la distanza può invece essere portata a 200 m.

8 Ricapitolazione e prospettive

Da più parti si chiede che la procedura per l'elaborazione del rapporto breve, nella veste che ha assunto sulla scorta delle direttive nel Manuale III OPIR per le strade di grande transito, venga migliorata. In particolare, si ritiene che il procedimento suggerito per determinare i valori H_s sia troppo grossolano, soprattutto per quanto riguarda l'influenza delle misure di sicurezza presenti. I valori H_s rispecchierebbero solo in parte l'effettiva l'entità dei rischi. Esiste pertanto il bisogno di sviluppare un'alternativa all'attuale procedura di valutazione.

Sulla base delle esperienze positive compiute con le procedure di screening nell'ambito dei trasporti ferroviari, un gruppo di accompagnamento formato da rappresentanti di servizi federali e cantonali preposti all'esecuzione dell'OPIR ha sviluppato, con il sostegno di Ernst Basler + Partner AG, un metodo di screening per le strade di grande transito, documentato dal presente rapporto. Per facilitarne l'utilizzo è stato inoltre sviluppata un'apposita applicazione informatica.

Il metodo di screening consente di determinare in maniera unitaria le curve cumulative degli indicatori "vittime", "acque di superficie contaminate" e "acque sotterranee contaminate". Può essere applicato a un tratto di grande transito qualsiasi e tiene conto delle più importanti grandezze influenti specifiche. Le curve cumulative ottenute in questo modo costituiscono una buona approssimazione dei dati che ci si può attendere da un'analisi dei rischi specifica di un tratto. Unicamente in casi molto speciali, ad esempio quando il sottosuolo è fortemente carsico, il metodo di screening può fornire indicazioni non attendibili per gli indicatori presi in considerazione. Esso costituisce un'alternativa alla procedura stabilita dal Manuale III e approvata dall'UFAM.

In confronto alla procedura del Manuale III, il metodo di screening rileva in maniera sostanzialmente più precisa le condizioni specifiche dei singoli tratti. Esso permette anche di tenere in considerazione, nel calcolo dei rischi, le più importanti misure di sicurezza applicate nella prassi (ad es. sistemi di drenaggio con misure di ritenuta, sistemi di trattenuta dei veicoli). La procedura di calcolo, pertanto, risulta più complessa rispetto a quella definita dal Manuale III. Grazie all'applicazione informatica messa a punto, che sarà fornito nella sua versione 1.0 a tutti i servizi interessati, l'applicazione del metodo di screening è tuttavia di molto facilitata, visto che gli utenti non sono tenuti a conoscerne i dettagli.

Per facilitare al massimo la valutazione dei tratti non critici, sono stati elaborati criteri di esclusione sulla scorta di dati facilmente accessibili. Se questi sono soddisfatti, è possibile decidere, senza ricorrere al metodo di screening, di rinunciare a un'analisi dei rischi, così da concludere la procedura di valutazione a livello di rapporto breve.

Perché la procedura di valutazione per le strade di grande transito, nella pratica, possa essere semplificata con l'aiuto del metodo di screening, si consiglia di:

- elaborare direttive sulla struttura dei rapporti brevi, utilizzando i risultati del metodo di screening. Lo scopo è fare in modo che i rapporti brevi diventino più sintetici e pregnanti e possano essere elaborati con efficacia. Occorre, inoltre, considerare, come sia possibile aggiornare un rapporto breve nella maniera più semplice possibile;
- sviluppare materiali per la formazione da destinare ai servizi che elaborano rapporti brevi o che li affidano in mandato (servizi cantonali incaricati di gestire la rete stradale, filiali USTRA). In tal modo sarebbe possibile organizzare momenti di formazione, durante i quali far conoscere e promuovere a livello svizzero l'applicazione del metodo di screening per elaborare i rapporti brevi.

A1 Testi di riferimento

Manuale 2010	Ufficio federale delle strade, Ufficio federale dell'ambiente, Ufficio per la protezione dei consumatori del Cantone di Argovia Rischi di incidenti rilevanti su strade di grande transito Manuale per l'applicazione informatica "Screening delle strade di grande transito", versione 1.0 Ernst Basler + Partner AG, 1° aprile 2010
Manuale III	Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) Handbuch III zur Störfallverordnung (StFV) Richtlinien für Verkehrswege, (Manuale III concernente l'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti OPIR. Direttive per le vie di comunicazione – disponibile in tedesco e in francese), dicembre 1992
PRA 1999	Sottogruppo di lavoro sui criteri di valutazione delle vie di comunicazione Pilotrisikoanalyse für den Transport gefährlicher Güter - Fallbeispiel Autobahn (Analisi pilota dei rischi per il trasporto di merci pericolose su strada – esempio autostrada – disponibile solo in tedesco) Ernst Basler + Partner AG, agosto 1999
Screening ambientale 2008	Ufficio federale dei trasporti, Divisione Tecnologia di sicurezza Ambiente Screening der Umweltrisiken – Bericht zur Methodik und Ergebnisse (Screening dei rischi ambientali – Rapporto sul metodo e i risultati – disponibile solo in tedesco) Ernst Basler + Partner AG, stato: 28 aprile 2008
Statistica SDR 2007	Ufficio federale di statistica Schweizerische Verkehrsstatistik, Leistungen der Sachentransportfahrzeuge, aktualisierte Zeitreihen (Anhangtabelle) T7 Transportgut und Transportleistung der schweren inländischen Fahrzeuge nach Warenart (Statistica svizzera sul traffico, prestazioni dei veicoli per il trasporto di merci, serie aggiornate (tabella negli allegati) T7 Merci trasportate e prestazioni dei veicoli pesanti svizzeri a seconda del tipo di merce – disponibile in tedesco e in francese) stato novembre 2007
UFAM 2001	Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) Beurteilungskriterien II zur Störfallverordnung (StFV) vom August 2001 (Criteri di valutazione II concernenti l'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti OPIR dell'agosto 2001) agosto 2001

UST / UPI	Numerose statistiche sui trasporti e gli incidenti in Svizzera www.bfs.admin.ch/bfs/portal/it/index.html e www.bfu.ch/Italian/Pagine/default.aspx
UST 2008	Ufficio federale di statistica, Attualità UST, Mobilità e trasporti Leistungen der Sachtransportfahrzeuge (Prestazioni dei veicoli adibiti al trasporto di cose – disponibile solo in tedesco) serie aggiornata fino al 2007, dicembre 2008
USW 2008	Ufficio federale di statistica Wiesbaden [ed.], Uwe Reim Gefahrguttransporte 2006 (Trasporti di merci pericolose – disponibile solo in tedesco) In: Wirtschaft und Statistik, 5/2008

A2 Esempio di applicazione

Qui di seguito si intende rappresentare, sulla base di un esempio fittizio, quanto segue:

- maschera per l'immissione di dati in Excel con la lista di tutte le grandezze influenti specifiche ai tratti (cfr. tabella alla pagina successiva);
- documentazione dei risultati nel caso dell'applicazione informatica versione 1.0 (calcolatore HA), per quanto riguarda i valori immessi, le variabili di riferimento delle curve cumulative e la rappresentazione delle curve in diagrammi H-A (cfr. la pagina successiva).

tema	grandezza	unità	valori immessi elemento 1
dati concernenti l'elaborazione	collaboratore	-	EBP
	data dell'elaborazione	-	01.04.10
identificazione dell'elemento	breve descrizione (ad es. n. dell'elemento)	-	illustrazione criteri di esclusione
	designazione strada	-	strada immaginaria
	località (ad es. chilometraggio)	-	luogo immaginario
	Cantone	-	TI
	dati supplementari	-	-
	designazione del segmento	-	segmento immaginario
Stesso input per tutti gli elementi di un segmento (per documentazione)!			
criteri di esclusione	analisi criteri di esclusione	-	non soddisfatti
caratteristiche della strada e volume di traffico			
lunghezza dell'elemento	lunghezza dell'elemento	km	1
caratteristiche della strada	tipo di strada	-	Autostrada con traffico in un unico senso
	numero di corsie	-	2
volume di traffico (SR: sostanza di riferimento)	TGM (somma di entrambi i sensi di marcia)	veicoli/giorno	20'000
	quota traffico pesante (TP)	% di TGM	10.0%
	quota trasporti merci pericolose (TMP) rispetto TP	% di TP	8%
	quota SR benzina rispetto TMP	% di TPM	60%
	quota SR propano rispetto TMP	% di TPM	1.0%
	quota SR cloro rispetto TMP	% di TPM	0.05%
	quota SR epichelidrina rispetto TMP	% di TPM	1.5%
	fattore di correzione tasso locale di incidenti	-	1
	quota di trasporti durante tempo di lavoro (0800-1700 lu-ve)	-	70%
rischi per le persone			
densità delle persone	popolazione residente	0 - 50 m	pers./km ²
		50 - 200 m	pers./km ²
		200 - 500 m	pers./km ²
	posti di lavoro (equivalente tempo pieno)	0 - 50 m	pers./km ²
		50 - 200 m	pers./km ²
		200 - 500 m	pers./km ²
	altre persone nella zona circostante	0 - 50 m all'aperto, durante il tempo di lavoro	pers./km ²
		50 - 200 m all'aperto, durante il tempo di lavoro	pers./km ²
		0 - 50 m in edifici, durante il tempo di lavoro	pers./km ²
		50 - 200 m in edifici, durante il tempo di lavoro	pers./km ²
		0 - 50 m all'aperto, periodi di trasporto rimanenti	pers./km ²
		50 - 200 m all'aperto, periodi di trasporto rimanenti	pers./km ²
		0 - 50 m in edifici, periodi di trasporto rimanenti	pers./km ²
		50 - 200 m in edifici, periodi di trasporto rimanenti	pers./km ²
numero di veicoli (per calcolare formazione di code)	quota TGM durante il tempo di lavoro (45 ore/sett.)	% di TGM	53%
	quota TGM durante i periodi di trasporto rimanenti (57 ore/sett.)	% di TGM	38%
abbandono dell'area stradale	sistema di trattenuta dei veicoli	-	H1 ("spartitraffico normali")
situazione della strada	sezione stradale		pareti insonorizzanti da entrambi i lati
salvataggio autonomo	strada accessibile dai lati		pessima da entrambi i lati
rischi per l'ambiente			
situazione acque di superficie (AS: acque di superficie)	caratteristiche del terreno tra strada e AS	-	in discesa
	distanza dalle AS più vicine	m	100 - 200
	pendenza media tra strada e AS	°	>20
situazione acque sotterranee	captazioni di acqua potabile a meno di 500 m dalla strada?	-	sì
	direzione di deflusso dell'acqua	-	dalle captazioni alla strada
	portata di acqua cumulata tra 0 e 100 m	l/min.	450
	portata d'acqua cumulata tra 100 e 200 m	l/min.	
	portata d'acqua cumulata tra 200 e 500 m	l/min.	
drenaggio	soggiacenza	m	5
	tipo di sistema di drenaggio	-	immissione in ricettore
	bacini di ritenuta	-	a percorrenza lenta
	totale volume di ritenuta	m ³	
	totale volume di ritenuta SR benzina	m ³	
intervento (ambiente)	sbarramento	-	
	sfioratore acqua piovana	-	sì
	durata fino all'intervento		
misure di intervento AS (SR benzina)	possibilità di limitare la superficie di AS contaminata	-	no
	superficie contaminate massima	km ²	

Grandezze influenti specifiche ai tratti per la determinazione delle curve cumulative

grandezza	unità	valori immessi elemento 1	valori immessi elemento 2	valori immessi elemento 3	valori immessi elemento 4	valori immessi elemento 5
collaboratore	-	EBP				
data dell'elaborazione	-	01.04.10				
breve descrizione (ad es. n. dell'elemento)	-	illustrazione criteri di esclusione				
designazione strada	-	strada immaginaria				
località (ad es. chilometraggio)	-	luogo immaginario				
Cantone	-	11				
dati supplementari	-	-				
designazione del segmento	-	segmento immaginario				
analisi criteri di esclusione	-	non soddisfatti				
lunghezza dell'elemento	km	1				
tipo di strada	-	Autostrada con traffico in un unico senso				
numero di corsie	-	2				
TGM (somma di entrambi i sensi di marcia)	veicoli/giorno	20'000				
quota traffico pesante (TP)	% di TGM	10.0%				
quota trasporti merci pericolose (TMP) rispetto TP	% di TP	8%				
quota SR benzina rispetto TMP	% di TMP	60%				
quota SR propano rispetto TMP	% di TMP	1.0%				
quota SR cloro rispetto TMP	% di TMP	0.05%				
quota SR epiclondrina rispetto TMP	% di TMP	1.5%				
fattore di correzione tasso locale di incidenti	-	1				
quota di trasporti durante tempo di lavoro (0800-1700 lu-ve)	-	70%				
popolazione residente						
posti di lavoro (equivalente tempo pieno)	0 - 50 m	pers./km2				
	50 - 200 m	pers./km2				
	200 - 500 m	pers./km2				
	0 - 50 m	pers./km2				
	50 - 200 m	pers./km2				
	200 - 500 m	pers./km2				
altre persone nella zona circostante						
0 - 50 m all'aperto, durante il tempo di lavoro	0 - 50 m	pers./km2				
	50 - 200 m	pers./km2				
	200 - 500 m	pers./km2				
50 - 200 m all'aperto, durante il tempo di lavoro	0 - 50 m	pers./km2				
	50 - 200 m	pers./km2				
	200 - 500 m	pers./km2				
50 - 200 m in edifici, durante il tempo di lavoro	0 - 50 m	pers./km2				
	50 - 200 m	pers./km2				
	200 - 500 m	pers./km2				
0 - 50 m all'aperto, periodi di trasporto rimanenti	0 - 50 m	pers./km2				
	50 - 200 m	pers./km2				
	200 - 500 m	pers./km2				
50 - 200 m all'aperto, periodi di trasporto rimanenti	0 - 50 m	pers./km2				
	50 - 200 m	pers./km2				
	200 - 500 m	pers./km2				
0 - 50 m in edifici, periodi di trasporto rimanenti	0 - 50 m	pers./km2				
	50 - 200 m	pers./km2				
	200 - 500 m	pers./km2				
50 - 200 m in edifici, periodi di trasporto rimanenti	0 - 50 m	pers./km2				
	50 - 200 m	pers./km2				
	200 - 500 m	pers./km2				
quota TGM durante il tempo di lavoro (45 ore/sett.)	% di TGM	53%				
quota TGM durante i periodi di trasporto rimanenti (57 ore/sett.)	% di TGM	38%				
sistema di trattenuta dei veicoli						
sezione stradale	-	H1 ("spartitraffico normali")				
strada accessibile dai lati		pareti insorizzanti da entrambi i lati				
caratteristiche del terreno tra strada e AS						
distanza dalle AS più vicine	-	in discesa				
pendenza media tra strada e AS	m	100 - 200				
	°	>20				
captazioni di acqua potabile a meno di 500 m dalla strada?						
direzione di deflusso dell'acqua	-	si				
portata di acqua cumulata tra 0 e 100 m	l/min.	dalle captazioni alla strada				
portata d'acqua cumulata tra 100 e 200 m	l/min.	450				
portata d'acqua cumulata tra 200 e 500 m	l/min.					
soggiacenza	m	5				
tipo di sistema di drenaggio						
bacini di ritenuta	-	immissione in ricettore				
totale volume di ritenuta	m3	a percorrenza lenta				
totale volume di ritenuta SR benzina	m3					
sbarramento	-					
sfiatore acqua piovana	-	si				
durata fino all'intervento	-	20 - 40 min.				
possibilità di limitare la superficie di AS contaminata						
superficie contaminate massima	km2	no				

Risultati: Punti di sostegno delle curve cumulative per il segmento

designazione del segmento: segmento immaginario
numero di elementi: 1
designazione elementi: illustrazione criteri di esclusione

collaboratore: EBP
data dell'elaborazione: 01.04.10

Attenzione: le indicazioni che si riferiscono al segmento e alla elaborazione sono originate
nell' elemento 1 (da scegliere in maniera uniforme per tutti gli elementi di un segmento)

benzina entità dei danni	frequenza	propano (persone)		cloro (persone)		tutte le sostanze (persone)		benzina (acque di superficie)		epicloridrina (acque di superficie)		tutte le sostanze (acque di superficie)		benzina (acque sotterranee)	
		entità dei danni	frequenza	entità dei danni	frequenza	entità dei danni	frequenza	entità dei danni	frequenza	entità dei danni	frequenza	entità dei danni	frequenza	entità dei danni	frequenza
27	1.0E-20	97	1.0E-20	205	1.0E-20	205	1.0E-20	0.000	1.0E-20	0.431	1.0E-20	0.431	0.000	0.000	1.0E-20
27	6.8E-09	97	2.5E-11	205	1.4E-12	205	1.4E-12	0.000	5.7E-08	0.431	1.3E-08	0.431	0.000	0.000	5.7E-08
27	6.8E-09	97	2.5E-11	205	1.4E-12	205	1.4E-12	0.000	3.2E-05	0.431	1.3E-08	0.431	0.000	0.000	3.2E-05
25	6.8E-09	70	2.5E-11	168	1.4E-12	168	1.4E-12								
25	9.7E-09	70	3.8E-10	168	1.9E-12	168	1.9E-12								
18	9.7E-09	68	3.8E-10	136	1.9E-12	136	1.9E-12								
18	1.0E-08	68	3.9E-10	136	2.1E-11	136	2.1E-11								
14	1.0E-08	65	3.9E-10	134	2.1E-11	134	2.1E-11								
14	3.0E-08	65	8.7E-10	134	4.7E-11	134	4.7E-11								
13	3.0E-08	59	8.7E-10	129	4.7E-11	129	4.7E-11								
13	3.8E-08	59	1.2E-09	129	6.5E-11	129	6.5E-11								
12	3.8E-08	44	1.2E-09	100	6.5E-11	100	6.5E-11								
12	3.8E-08	44	1.4E-09	100	7.3E-11	100	7.3E-11								
8	3.8E-08	37	1.4E-09	97	7.3E-11	97	7.3E-11								
8	1.8E-07	37	1.6E-09	97	8.4E-11	97	8.4E-11								
7	1.8E-07	35	1.6E-09	84	8.4E-11	84	1.1E-10								
7	1.9E-07	35	1.6E-09	84	9.2E-11	84	1.2E-10								
5	1.9E-07	33	1.8E-09	81	9.2E-11	70	1.2E-10								
5	3.8E-07	33	1.8E-09	61	9.2E-11	70	4.8E-10								
4	3.8E-07	32	1.8E-09	51	9.2E-11	68	4.8E-10								
4	5.8E-07	32	1.8E-09	51	1.2E-10	68	4.9E-10								
3	5.8E-07	29	1.8E-09	49	1.2E-10	65	4.9E-10								
3	6.3E-07	29	1.8E-09	49	1.3E-10	65	9.6E-10								
2	6.3E-07	27	1.8E-09	47	1.3E-10	61	9.6E-10								
2	1.2E-06	27	2.2E-09	47	1.3E-10	61	9.7E-10								
1	1.2E-06	26	2.2E-09	45	1.3E-10	59	9.7E-10								
1	2.8E-06	26	2.7E-09	45	1.3E-10	59	1.3E-09								
0	1.3E-05	25	2.7E-09	44	1.3E-10	51	1.3E-09								
		25	3.0E-09	44	1.4E-10	51	1.3E-09								
		22	3.0E-09	39	1.4E-10	49	1.3E-09								
		21	3.0E-09	39	1.4E-10	49	1.3E-09								
		21	3.0E-09	37	1.4E-10	47	1.3E-09								
		21	3.0E-09	37	1.6E-10	47	1.3E-09								
		20	3.0E-09	33	1.6E-10	45	1.3E-09								
		20	3.0E-09	33	1.6E-10	45	1.3E-09								
		19	3.0E-09	32	1.6E-10	44	1.3E-09								
		19	3.0E-09	32	1.6E-10	44	1.5E-09								
		16	3.0E-09	31	1.6E-10	39	1.5E-09								
		16	3.2E-09	31	1.0E-09	39	1.5E-09								
		15	3.2E-09	30	1.0E-09	37	1.5E-09								
		15	3.4E-09	30	1.4E-09	37	1.7E-09								
		14	3.4E-09	28	1.4E-09	35	1.7E-09								
		14	3.5E-09	28	1.4E-09	35	1.8E-09								
		13	3.5E-09	27	1.4E-09	33	1.8E-09								
		13	3.6E-09	27	1.4E-09	33	1.9E-09								
		12	3.6E-09	24	1.4E-09	32	1.9E-09								
		12	3.6E-09	24	1.7E-09	32	2.0E-09								
		11	3.6E-09	23	1.7E-09	31	2.0E-09								
		11	3.6E-09	23	1.7E-09	31	2.8E-09								
		10	3.6E-09	22	1.7E-09	30	2.8E-09								
		10	3.7E-09	22	1.8E-09	30	3.2E-09								
		9	3.7E-09	21	1.8E-09	29	3.2E-09								
		9	4.1E-09	21	1.8E-09	29	3.2E-09								
		8	4.1E-09	20	1.8E-09	28	3.2E-09								
		8	4.1E-09	20	2.0E-09	28	3.2E-09								
		7	4.1E-09	17	2.0E-09	27	3.2E-09								
		7	4.1E-09	17	2.3E-09	27	3.2E-09								
		6	4.1E-09	16	2.3E-09	26	1.0E-08								
		6	4.1E-09	16	2.4E-09	26	1.1E-08								
		5	4.1E-09	15	2.4E-09	25	1.1E-08								
		5	4.3E-09	15	2.4E-09	25	1.4E-08								
		2	4.3E-09	14	2.4E-09	24	1.4E-08								
		2	4.4E-09	14	2.4E-09	24	1.4E-08								
		1	4.4E-09	13	2.4E-09	23	1.4E-08								
		1	1.4E-08	13	2.4E-09	23	1.4E-08								
		0	1.4E-08	10	2.4E-09	22	1.4E-08								

Risultati: Punti di sostegno delle curve cumulative per il segmento

designazione del segmento: segmento immaginario
numero di elementi: 1
designazione elementi: illustrazione criteri di es

collaboratore: EBP
data dell'elaborazione: 01.04.10

Attenzione: le indicazioni che si riferiscono al segmento e alla elaborazione sono originate nell'elemento 1 (da scegliere in maniera uniforme per tutti gli elementi di un segmento)

[illegible]

Diagramma H-A: rischi per le persone

designazione del segmento: segmento immaginario
numero di elementi: 1
designazione elementi: illustrazione criteri di esclusione

collaboratore: EBP
data dell'elaborazione: 01.04.10

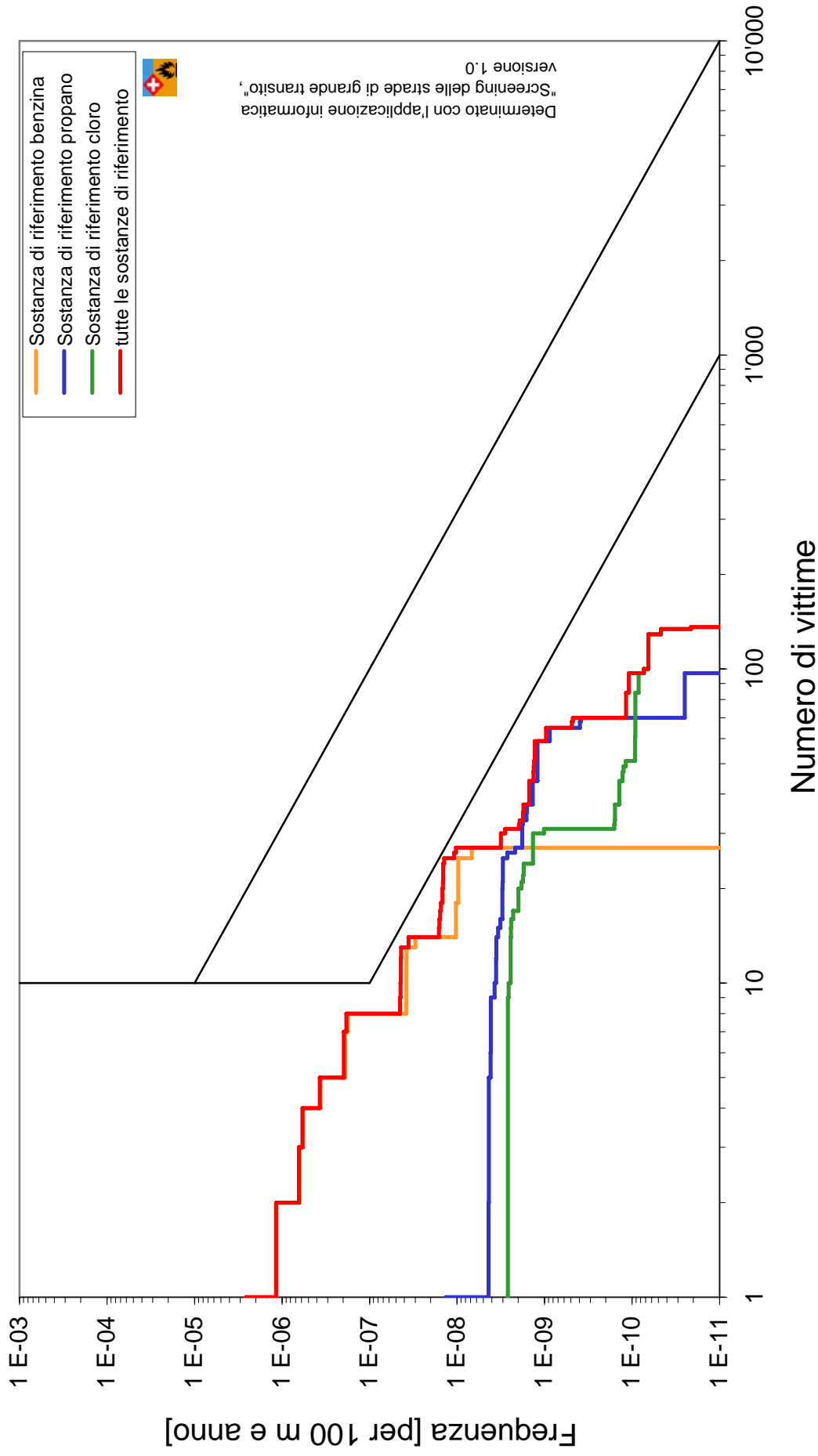


Diagramma H-A: rischi per l'ambiente

designazione del segmento: segmento immaginario
numero di elementi: 1
designazione elementi: illustrazione criteri di esclusione

collaboratore: EBP
data dell'elaborazione: 01.04.10

