CARBURA

Ufficio centrale svizzero
per l'importazione di carburanti e combustibili liquidi

in cooperazione con l'UFAFP
Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP)

Rapporto quadro sulla

Sicurezza degli impianti con serbatoi verticali

per carburanti e combustibili liquidi

Edizione riveduta 2005

Elaborazione rapporto:

SKS *Ingenieure*
CH-8057 Zurigo

Prefazione

Gli impianti con serbatoi verticali per carburanti e combustibili liquidi consentono lo stoccaggio di grandi quantitativi di carburanti e combustibili liquidi e costituiscono dunque un importante pilastro per un sicuro approvvigionamento energetico della Svizzera. In virtù di tali volumi di deposito, questi impianti presentano un considerevole potenziale di pericolo e sono quindi assoggettati all'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti (OPIR). Gli esercenti di impianti con serbatoi verticali sono tenuti ad adottare tutte le misure di sicurezza disponibili necessarie per ridurre i rischi derivanti dall'impianto. Le autorità deputate all'esecuzione dell'OPIR devono verificare, nel quadro di una procedura di controllo e di valutazione, se i gestori adempiono tale obbligo.

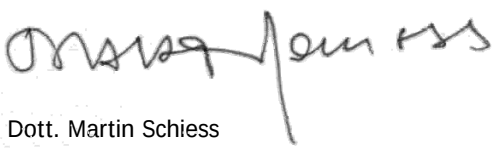
Tanto gli esercenti quanto le autorità esecutive dell'OPIR e l'UFAFP, in qualità di autorità di vigilanza sull'esecuzione dell'OPIR, sono consapevoli dell'importanza dei loro compiti. Essi hanno elaborato di concerto il presente rapporto quadro che facilita la determinazione delle necessarie misure di sicurezza nonché l'allestimento e la valutazione del rapporto breve che va inoltrato dagli esercenti all'organo esecutivo ai fini dell'avviamento della procedura di controllo e valutazione.

L'edizione riveduta del 2005 si basa sul primo rapporto quadro dell'ottobre 1992 e sul progetto inviato in consultazione nel 1999, rielaborato e collaudato nella pratica. Essa tiene conto delle attuali conoscenze in materia delle cerchie specializzate nonché delle esperienze raccolte in sede d'esecuzione dell'OPIR nell'ambito di questi impianti. È stata completata, sulla scorta dei progressi compiuti in Svizzera negli ultimi anni nel settore della sismologia, con un allegato con indicazioni per la valutazione di impianti con serbatoi verticali in relazione a terremoti. L'UFAFP ritiene che con questo rapporto sia disponibile uno strumento adeguato per un'esecuzione omogenea dell'OPIR per gli impianti con serbatoi verticali in tutta la Svizzera. La revisione di questa edizione è stata elaborata, sotto la direzione dell'UFAFP, da un gruppo di lavoro comprendente rappresentanti delle autorità esecutive cantonali e del settore. I relativi costi sono stati assunti, salvo singoli accertamenti tecnici specifici effettuati su mandato dell'UFAFP, dalla CARBURA.

L'esecuzione dell'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti è un compito permanente, dato che lo sviluppo tecnologico interessa anche gli impianti con serbatoi verticali. L'attuale edizione del rapporto quadro mira a migliorare ulteriormente la sicurezza di tali impianti con il consenso di tutti gli interessati. Ringraziamo tutti coloro che, in un modo o nell'altro, hanno contribuito alla riuscita di questo lavoro.

Novembre 2005

Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP)
Divisione Aria, RNI, Sicurezza



Dott. Martin Schiess

Sigla editoriale

All'elaborazione di questo rapporto hanno partecipato i seguenti membri del gruppo di lavoro "Revisione del rapporto quadro sulla sicurezza di impianti con serbatoi verticali per carburanti e combustibili liquidi":

Dott. M. Schiess (Presidente)	UFAFP, Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, sezione Sicurezza degli impianti, Berna (ora UFAM)
R. Mürner	armasuisse, Berna (in precedenza UFIFT Ufficio federale delle intendenze delle Forze terrestri, Sezione dei combustibili)
Dott. F. Berdat	Ufficio cantonale dell'industria, delle arti e mestieri e del lavoro, Sezione protezione dell'ambiente, Berna
R. Braun	KCB, Kontrollstelle für Chemie- und Biosicherheit, Basilea città (già KCGU)
Dott. P. Buss	AFU, Amt für Umweltschutz des Kantons Luzern, Lucerna
Dott. R. Dumont	Kant. Laboratorium Aargau, Sektion Chemiesicherheit und Stoffe, Aarau
G. Fiolka	AFU, Amt für Umweltschutz des Kt. St. Gallen, Abt. Stoffe und Abfälle, San Gallo
Y. Frésard	SEVEN, Service de l'environnement et de l'energie, Epalinges (VD)
J. Rickenbacher	SIT, Sicherheitsinspektorat des Kantons Basel-Landschaft, Liestal
Dott. G. Ruchti	Dipartimento del Territorio, Divisione dell'ambiente SPAAS, Bellinzona
Dott. A. Stämpfli	AFU, Amt für Umweltschutz des Kantons St. Gallen, San Gallo
Dott. A. Susini	OCIRT, Office cantonal de l'inspection et des relations du travail, Ginevra
E. Hofmann	Shell Switzerland, Baar (ZG)
M. Rahn	CARBURA, Ufficio centrale svizzero per l'importazione di carburanti e combustibili liquidi, Zurigo
Redattori del rapporto:	
M. Bernauer	SKS Ingenieure, Zurigo
Dott. M. Montanarini	SKS Ingenieure, Zurigo
P. Gassner	SKS Ingenieure, Zurigo
L. Audergon	SKS Ingenieure, Zurigo
R. Sägesser	SKS Ingenieure, Zurigo

Hanno partecipato temporaneamente:

A. Burri	UFIFT, Ufficio federale delle intendenze delle Forze terrestri, Sezione dei carburanti, Berna
Dott. U. Brühlmann	KSF, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, Zurigo
R. Rettenhaber	CARBURA, Ufficio centrale svizzero per l'importazione di carburanti e combustibili liquidi, Zurigo
Settore eventi sismici:	
Dott. M. Koller	Résonance SA, Ginevra
Dott. T. Wenk	Wenk Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik GmbH, Zurigo
P. Zwicky	Basler & Hofmann AG, Zurigo

Indice

1 Introduzione 1
1.1 Situazione iniziale e obiettivo della revisione 1
1.1.1 Primo rapporto quadro (edizione 1992) 1
1.1.2 Rapporto quadro riveduto (esemplare di consultazione 1999) 1
1.1.3 Versione emendata (edizione 2005) 1
1.2 Contenuto del rapporto quadro 1
1.3 Utilizzazione del rapporto quadro 2

2 Basi 3
2.1 Significato delle basi per la valutazione dell'entità dei danni 3
2.2 Possibili cause ed effetti di incidenti rilevanti 3
2.3 Proprietà fondamentali delle sostanze 6
2.3.1 Proprietà fisico-chimiche di carburanti e combustibili 6
2.3.2 Proprietà ecotossicologiche di carburanti e combustibili 8
2.3.3 Proprietà di agenti estinguenti 9
2.3.4 Conclusioni per la valutazione dell'entità dei danni 9
2.4 Criteri di valutazione 10

3 Descrizione di scenari 12
3.1 Condizioni per la validità degli scenari 12
3.2 Albero degli scenari 13
3.3 Eventi determinanti 13
3.3.1 Basi 13
3.3.2 Scenario principale "incendio" 14
3.3.3 Scenario principale "fuga di liquidi" 14
3.3.4 Scenario principale "esplosione" 14
3.4 Casi speciali 16
3.4.1 Esplosione di una nube di gas (n. 12) 16
3.4.2 Boil Over (n. 16) 16
3.5 Altri scenari 17
3.5.1 Esplosione del serbatoio (n. 2) 17
3.5.2 Incendio del serbatoio (n. 4) 18
3.5.3 Incendio del serbatoio e del bacino (n. 14) 18
3.5.4 Infiltrazione nel sottosuolo (n. 26) 18

4 Entità del danno per lo scenario "incendio del bacino" 19
4.1 Evento determinante 19
4.2 Calcolo dell'irraggiamento termico 19
4.3 Valutazione delle conseguenze 19

5 Entità del danno per lo scenario "fuga di liquidi" 22
5.1 Eventi determinanti 22
5.1.1 Premesse 22
5.1.2 Deflusso nella canalizzazione (n. 21) 22
5.1.3 Deflusso in superficie (n. 22) 22

5.2 Valutazione della quantità di prodotto fuoriuscito 22
5.2.1 Procedimento 22
5.2.2 Deflusso nella canalizzazione (n. 21) 23
5.2.3 Deflusso in superficie (n. 22) 24
5.3 Valutazione delle conseguenze 25

6 Entità del danno per lo scenario "esplosione" 28
6.1 Evento determinate 28
6.2 Calcolo dell'onda d'urto 28
6.3 Valutazione delle conseguenze 28

7 Casi speciali 31
7.1 Esplosione di una nube di gas 31
7.1.1 Condizioni marginali 31
7.1.2 Eventi determinanti 31
7.1.3 Valutazione delle conseguenze (irraggiamento di calore, onda d'urto) 31
7.2 Boil Over 33
7.2.1 Condizione marginale 33
7.2.2 Valutazione delle conseguenze 33
7.2.3 Determinazione di raggi d'evacuazione 33
7.3 Danni materiali (indicatore n_6) 34
7.3.1 Condizione marginale 34
7.3.2 Valutazione delle conseguenze 34

8 Calcolo dell'indice di incidente rilevante 35

Elenco delle tabelle

Tab. 2.1 Cause di incidenti rilevanti verificatisi a livello mondiale in impianti con serbatoi verticali 4
Tab. 2.2 Visione d'assieme delle principali proprietà fisico-chimiche 7
Tab. 2.3 Valori di tossicità per i derivati di oli minerali considerati 9
Tab. 2.4 Entità per un grave danno secondo la direttiva UFAFP 10
Tab. 6.1 Criteri per la valutazione degli effetti di un'onda di pressione sulle persone 29
Tab. 7.1 Criteri per la valutazione degli effetti di un'onda di pressione sulle infrastrutture 34

Elenco delle illustrazioni

Fig. 1.1	Articolazione del rapporto quadro	2
Fig. 3.1	Presupposti di base per la validità degli scenari determinanti	13
Fig. 3.2	Albero degli scenari per impianti con serbatoi verticali	15
Fig. 4.1	Raggi di letalità R_1, R_{50} e soglia del dolore R_S dal bordo del bacino a dipendenza della superficie del bacino considerata	20
Fig. 6.1	Diagramma per la determinazione delle distanze con consequenze inseguita a un'esplosione nella canalizzazione	29
Fig. 7.1	Formazione di una nube di gas per evaporazione da un bacino di lunghezza L ed espansione della nube di gas infiammabile fino alla distanza R dal bordo della vasca	32
Fig. 7.2	Rappresentazione della larghezza B della nube e delle distanze massime del margine della nube dal bordo del bacino R nonché degli intervalli di pressione E (0.21 bar), D (0.17 bar) e F (0.03 bar)	32
Fig. 8.1	Scala per la conversione degli effetti di un incidente rilevante nell'indice di incidente rilevante conforme alla direttiva UFAFP	35

Allegati

Allegato 1	Bibliografia
Allegato 2	Glossario dei termini principali
Allegato 3	Entità del danno per l'indice di incidente rilevante 0.3 secondo la direttiva UFAFP
Allegato 4	Valutazione di impianti con serbatoi verticali in relazione a eventi sismici
Allegato 5	Elenco delle misure generali di sicurezza, modulo per l'esecuzione dell'art. 3 OPIR (rapporto breve parte 1)
Allegato 6	Modulo per la valutazione dell'entità dei danni (rapporto breve parte 2)

1 Introduzione

1.1 Situazione iniziale e obiettivo della revisione

1.1.1 Primo rapporto quadro (edizione 1992)

Nel 1991 è entrata in vigore l'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti (OPIR), con lo scopo "di proteggere la popolazione e l'ambiente da danni gravi in seguito a incidenti rilevanti". Poiché, per la grande quantità di sostanze nocive alle acque e infiammabili immagazzinate, gli impianti con serbatoi verticali superano i quantitativi soglia fissati dall'OPIR [12], essi fanno parte delle aziende tenute ad allestire un breve rapporto sulla sicurezza.
Per promuovere un'esecuzione omogenea dell'OPIR nei diversi Cantoni, negli anni 1990-1992 è stato redatto e pubblicato, su iniziativa del settore, rappresentato dalla CARBURA, e in collaborazione con le autorità, un cosiddetto "Rapporto quadro sulla sicurezza di impianti con serbatoi verticali" [8]. Questo rapporto corrispondeva allo stato delle conoscenze d'allora e, grazie alla descrizione dettagliata dello scenario incendio e al modulo per il rapporto breve, ha dato un importante contributo alla valutazione uniforme di un impianto. In merito ad altri temi, invece, (per es. lo scenario perdite) conteneva soltanto primi accenni per una valutazione generalizzata.

1.1.2 Rapporto quadro riveduto (esemplare di consultazione 1999)

Diverse incertezze emerse in sede di valutazione dei rapporti brevi e quindi nell'esecuzione dell'OPIR, come pure la revisione dei criteri di valutazione, fissati successivamente in modo definitivo nella direttiva UFAFP del settembre 1996 [1], hanno portato a maturazione la decisione di rielaborare il rapporto quadro esistente. Nel 1995 è stato perciò deciso di elaborare migliori fondamenti in un gruppo di lavoro diretto dall'UFAFP.

La revisione del rapporto è stata incentrata sulla determinazione e la descrizione degli scenari rilevanti e del loro impatto nonché, quale nuovo aspetto, sulla compilazione delle misure di sicurezza da adottare a titolo di prevenzione degli incidenti rilevanti ai sensi dell'articolo 3 OPIR.

1.1.3 Versione emendata (edizione 2005)

Durante la fase di consultazione, l'edizione riveduta del 1999 è stata utilizzata per vari impianti in diversi Cantoni. Il modulo e il rapporto d'accompagnamento sono stati ritenuti dai gestori degli impianti e dalle autorità in linea di massima confacenti allo scopo. Negli ultimi anni, i dati rilevati a livello mondiale in occasione di terremoti hanno acquistato notevolmente in spessore dal punto di vista del volume e dell'importanza nel quadro dell'ingegneria sismica internazionale. Parallelamente, la sismologia in Svizzera ha registrato progressi segnatamente in relazione alla migliore conoscenza dell'effetto locale (zonizzazione). Viste tali premesse, l'UFAFP e CARBURA hanno fatto effettuare un'analisi sistemica del comportamento di impianti con serbatoi in caso di evento sismico al fine di dedurne indicazioni per la valutazione degli impianti con serbatoi verticali in relazione a terremoti. Tali indicazioni sono allegate al attuale rapporto (allegato 4).

1.2 Contenuto del rapporto quadro

Il presente rapporto contiene nella sua parte principale la "Guida alla valutazione dell'entità dei danni in caso di incidenti rilevanti in impianti con serbatoi verticali" (Valutazione dell'entità dei danni) con le basi rilevanti relative alle sostanze e agli scenari determinanti incendio, fuga di liquidi ed esplosioni. La base per la validità di questi scenari determinanti di incidente rilevante e quindi anche per la valutazione dell'entità dei danni è data dal rispetto delle misure generali di sicurezza (vedi in proposito il capitolo 3.1 e l' "Elenco delle misure generali di sicurezza" nell'allegato 5 di questo rapporto[A]). L'allegato 6 propone inoltre un modulo per la valutazione dell'entità dei danni, con il quale è possibile effettuare e documentare gli accertamenti relativi a un dato impianto.

Il rapporto è articolato in modo da poter utilizzare i singoli capitoli come moduli per il calcolo dei differenti scenari (cfr. fig. 1.1). Gli allegati 1 e 2 offrono una bibliografia e un glossario dei principali termini e nell'allegato 4, come già detto, le indicazioni per la valutazione di impianti con serbatoi verticali in relazione a terremoti.

[A] La presente compilazione si basa sulle Direttive CARBURA [4], integrate con misure di sicurezza supplementari.

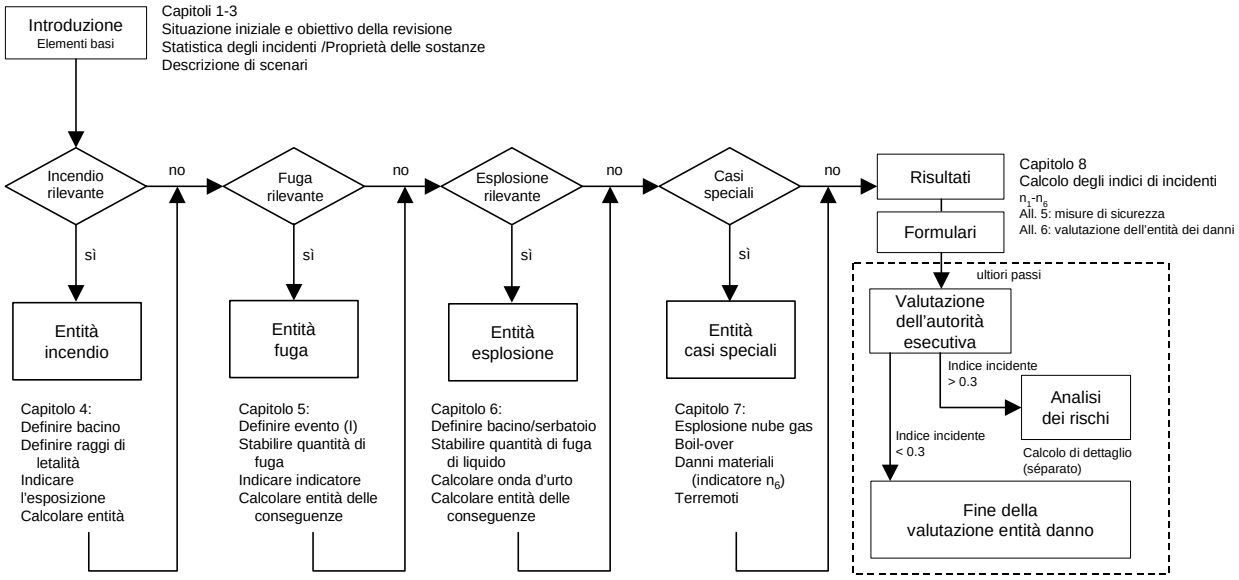


Fig. 1.1: Articolazione del rapporto quadro

1.3 Utilizzazione del rapporto quadro

Il presente rapporto serve all'esercente per verificare la completezza delle misure di sicurezza esistenti, per definire gli scenari determinanti di incidenti rilevanti per il suo impianto e per valutarne l'entità. Inoltre, è articolato in modo da consentire al gestore di compilare le basi necessarie e effettuare da sé le valutazioni. Al termine, le ipotesi assunte e i risultati ottenuti vanno discussi e definiti con l'organo esecutivo. A tal fine si raccomanda un sopralluogo in comune dell'impianto.

Allo scopo di semplificare la documentazione dei risultati, sono stati elaborati due moduli separati che permettono al gestore di compilare rapidamente i documenti necessari e di effettuare le valutazioni in modo semplice. Essi sostituiscono l'esistente modulo del rapporto breve del 1992 (per i dettagli vedi modulo sulla valutazione dell'entità dei danni, allegato 6).

I gestori di impianti che non hanno potuto essere valutati definitivamente sulla scorta del rapporto breve del 1992 hanno ora la possibilità, con il nuovo rapporto quadro, di completare o sostituire i rapporti brevi allestiti, in modo tale da permettere l'attuazione di una valutazione definitiva.

Per gli impianti che in base al rapporto breve del 1992 non hanno dato adito a contestazioni, la rielaborazione del rapporto breve non è necessaria. Tuttavia, la rielaborazione potrebbe fornire indicazioni utili al gestore sullo stato tecnico del suo impianto per quanto concerne la sicurezza.

In ogni caso, il capitolo 7 "Sicurezza antisismica" dell'allegato 5 va compilato e inoltrato all'organo d'esecuzione per una valutazione.

2 Basi

2.1 Significato delle basi per la valutazione dell'entità dei danni

Nella valutazione di un impianto con serbatoi mediante un rapporto breve secondo l'OPIR vengono generalmente assunti scenari di incidenti rilevanti in cui l'entità massima del danno si verifica rapidamente e, di conseguenza, non vengono prese in considerazione misure attive volte a contenere l'impatto.

Contrariamente ad altri impianti a rischio d'incidente rilevante, in seguito all'inerzia dei processi negli incidenti rilevanti in impianti con serbatoi, il fattore tempo assume particolare importanza. Anche dalle statistiche disponibili sugli incidenti (cap. 2.2) si può dedurre che per compiere una valutazione dell'entità dei danni in impianti con più serbatoi non occorre esaminare il potenziale con l'intera quantità stoccata. In effetti, l'entità massima dei danni è causata solo da una parte della quantità immagazzinata. Per stabilire gli scenari determinanti si possono pertanto formulare i seguenti assunti di base:

1) occorre considerare l'avaria di **un** serbatoio; solo in caso di terremoto potrebbero risultare danneggiati più serbatoi di uguale costruzione;
2) è esclusa la (contemporanea) **avaria** di un bacino. Per la motivazione in caso di evento sismico si rimanda all'allegato 4.

Presupposto per questi assunti sono le misure di sicurezza elementari secondo l'articolo 3 OPIR, le quali sono riassunte nell'allegato 5 "Elenco delle misure generali di sicurezza" secondo i temi protezione antincendio, organizzazione d'allarme e pianificazione degli interventi, altre misure di sicurezza, coordinamento con altri settori e il tema speciale costruzione del bacino.

Se quindi in un dato impianto sono rispettate le misure di sicurezza secondo l'allegato 5, è possibile applicare a tale impianto la presente guida con gli eventi determinanti qui descritti. Se alcune misure non sono presenti o lo sono in misura insufficiente, vanno in primo luogo eliminate le carenze evidenziate; altrimenti occorre completare la valutazione dell'entità dei danni con scenari supplementari che dovranno essere definiti a dipendenza della situazione.

Nel seguito gli assunti summenzionati vengono descritti più in dettaglio dal punto di vista della statistica degli incidenti (cap. 2.2), delle proprietà fondamentali delle sostanze (cap. 2.3) e dei criteri di valutazione (cap. 2.4). Quindi vengono descritti gli scenari determinanti (cap. 3) e successivamente esaminate in dettaglio le valutazioni delle conseguenze dei singoli scenari e il loro apprezzamento (cap. 4.3).

2.2 Possibili cause ed effetti di incidenti rilevanti

I serbatoi verticali sono impianti tecnici in uso da decenni su larga scala. Benché presentino grandi differenze per quanto concerne le dimensioni e i dettagli costruttivi, si tratta sempre di una costruzione relativamente semplice adibita al deposito di carburanti e combustibili liquidi. A livello mondiale il numero di serbatoi verticali di grandi dimensioni è stimato a circa 1 milione (senza depositi di stoccaggio nei luoghi di produzione) con in media diversi anni di esercizio.

Di conseguenza, gli incidenti di serbatoi verticali o in impianti di serbatoi verticali sono tra i meglio documentati, benché non esista una statistica completa. Con questi dati è possibile definire in modo abbastanza preciso i possibili scenari di incidenti rilevanti, i quali non devono pertanto essere definiti ipoteticamente come nel caso di eventi molto rari (per esempio per grandi dighe o centrali nucleari).

Un incidente rilevante in un deposito di idrocarburi può avere diverse cause che possono essere raggruppate come segue:

- influenze esterne e ambientali
  (p. es. terremoto, abbassamento del suolo/erosione, frana, fulmine, caduta di aereo)
- errore umano
  (p. es. opere di revisione, negligenza nell'esercizio, incuria nella manutenzione, sabotaggio interno o esterno)
- guasto tecnico
  (per es. corrosione, difetto di costruzione, insufficiente resistenza idrostatica)

La tab. 2.1 dà una visione della frequenza delle cause di incidenti rilevanti in serbatoi verticali [11].

Tab. 2.1: Cause di incidenti rilevanti verificatisi a livello mondiale in impianti con serbatoi verticali (128 incidenti rilevanti su un totale di 138 eventi analizzati 1975-1988 [11])

	Numero eventi				
Cause	**benzina**	**cherosene**	**diesel**	**nafta**	**totale casi**
Errore umano	26 (3*)	4	12 (2*)	1	43
Guasto tecnico	15 (2*)	2	5		22
Influssi ambientali	5 (3*)	2	1	2	10
Cause ignote	40 (7*)	3	9	1	53

* tra parentesi il numero massimo di morti per evento. Le vittime sono generalmente membri della squadra d'intervento aziendale o pompieri.

La causa principale nota secondo questa casistica è l'errore umano. Seguono in ordine decrescente di frequenza gli incidenti rilevanti per guasto tecnico e infine quelli per influssi ambientali.

Gli incidenti rilevanti in impianti con serbatoi con stoccaggio di olio diesel erano nella maggior parte dovuti ad atti vandalici che hanno causato la fuoriuscita del liquido immagazzinato con conseguente inquinamento del suolo e dell'acqua. Nei depositi di idrocarburi in cui vengono immagazzinati esclusivamente olio combustibile o diesel e non sono stoccati carburanti facilmente infiammabili, l'innesco di un incendio è possibile solo in seguito ad apporto di sufficiente calore. Anche intenzionalmente, l'olio combustibile e il diesel sono difficilmente infiammabili. Un incidente rilevante con successivo incendio è quindi molto meno probabile nei depositi di solo olio combustibile che non in impianti con serbatoi per il deposito di benzina.

Un'analisi più approfondita dei dati raccolti a livello mondiale negli ultimi 30 anni [11, 23] mostra inoltre che gli effetti di incidenti rilevanti erano in genere circoscritti all'area aziendale. In molti casi, vi sono stati ingenti danni all'interno dell'area, mentre i danni all'esterno sono stati rari e di minore entità. Costituisce un'eccezione l'unico caso di esplosione di una nube di gas (Saint Herblain, F, 1991), che ha comportato la rottura dei vetri in un raggio di oltre 2 km. Un danneggiamento della parete del bacino è documentato in un solo caso (Jacksonville, USA, 1984), e non è rilevante per gli impianti svizzeri dato che il muro era costruito in mattoni ed è crollato in seguito all'effetto del calore.

In Svizzera, negli ultimi 30 anni si sono verificati 5 incidenti di un certo rilievo in depositi di idrocarburi (Birsfelden BL 1970, Cadenazzo TI 1974, Gerlafingen SO 1982, Vernier GE 1992 und Deisswil BE 1996). Negli incidenti di Birsfelden e Gerlafingen si è trattato di esplosioni del serbatoio. In entrambi i casi i danni sono rimasti circoscritti all'impianto. Nel seguito, a titolo d'esempio vengono descritti più dettagliatamente gli altri tre casi.

Esplosione del serbatoio a Cadenazzo TI, 1974
Il 16 gennaio 1974 una squadra specializzata di 4 operai ha iniziato i lavori di pulizia di un serbatoio di benzina di 4'400 m^3 del deposito idrocarburi di Cadenazzo. In condizioni climatiche fredde, il serbatoio è stato dapprima ventilato per 75 minuti. In seguito, un operaio munito di respiratore ha raccolto i fanghi di carburante all'interno del serbatoio in un secchio passandolo quindi a due operai all'esterno. Un'interruzione di corrente ha causato lo spegnimento improvviso della lampada EX che illuminava l'interno del serbatoio. Durante la ricerca del guasto al trasformatore d'isolamento non protetto EX si è prodotta una scintilla che ha innescato un incendio della miscela di gas di benzina nel bacino del serbatoio. Presumibilmente, durante la ventilazione e i lavori di pulizia, i vapori di benzina sono penetrati nel bacino attraverso il passo d'uomo dando origine a questa miscela di gas infiammabile. Dopo la deflagrazione, i tubi di ventilazione e i vapori di benzina che fuoriuscivano dal passo d'uomo sono bruciati generando una fiamma alta 30-40 m. Un operaio si è salvato riparandosi dietro a un muro di protezione. Con l'ausilio di un estintore, il

secondo è invece riuscito, nel frattempo, a liberare il collega rimasto intrappolato nel serbatoio. Dopo circa 20 minuti, durante i quali la fiamma diminuiva in altezza, si è prodotto un innesco di ritorno nel serbatoio di benzina. Una violenta esplosione, seguita da una vampata, ha squarciato e **s**caraventato in aria il tetto del serbatoio. Una metà del tetto della cisterna ha danneggiato le condotte mentre l'altra metà, dopo aver provocato alcune fenditure in un serbatoio vicino, è precipitata sulla diga del bacino. La benzina e l'olio combustibile che fuoriuscivano dalle condotte danneggiate sono bruciati nel bacino del serbatoio. La chiusura automatica di tutte le valvole del serbatoio ha impedito un'ulteriore propagazione dell'incendio. Al loro arrivo, i pompieri hanno potuto domare con estintori mobili a polvere le fiamme, nel frattempo fortemente regredite. La notevole onda d'urto ha devastato la centrale operativa e divelto i vetri delle finestre dai telai negli edifici vicini. La deflagrazione ha causato ustioni di secondo grado a un operaio dell'impresa di pulizie. Per il resto, l'esplosione e l'incendio hanno causato solo danni materiali.

Fuga di liquidi a Vernier GE, 1992

Il 25 gennaio 1992 (sabato sera) era previsto il pompaggio di 4000 m^3 di cherosene tramite la pipeline da Marsiglia a Vernier. Il trasporto sarebbe dovuto avvenire a porzioni con il riempimento successivo di un serbatoio da 2'000 m^3 e uno da 3'000 m^3. In seguito a un errore, la prima porzione di 2'700 m^3 di carburante venne convogliata nel serbatoio di 2'000 m^3 anziché in quello di 3'000 m^3. Ciò ha causato il trabocco del serbatoio. In un primo momento, il personale ha tentato di fronteggiare l'emergenza con mezzi propri, cercando di ripompare il contenuto del serbatoio in quello da 3'000 m^3. Nel frattempo erano fuoriusciti nel bacino di contenimento circa 250 m^3 di cherosene. I pompieri vennero allarmati da una persona che abitava nelle immediate adiacenze. Benché i vigili del fuoco fossero sul posto e attivi dopo soli 15 minuti, ca 10 m^3 di cherosene si sono riversati nell'impianto di depurazione attraverso la canalizzazione. Per smaltire tale quantità di cherosene senza mettere a repentaglio i processi di depurazione, le acque reflue sono state immesse direttamente nel Rodano. Al fine di prevenire un'eventuale esplosione, sono stati approntati grandi quantitativi di mezzi d'estinzione, il cui impiego è però risultato superfluo (cfr. rif. 8: Rapporto quadro 1992).

Esplosione del serbatoio e incendio a Deisswil BE, 1996

Nell'impianto con serbatoi verticali a nordovest di Deisswil (capacità = 5 x 2000 m^3) il 25 marzo 1996, poco prima delle 16.30, è esploso un serbatoio contenente ca 500 m^3 d'olio pesante. La violenza dell'esplosione ha scagliato il tetto del serbatoio sulle installazioni elettriche ai bordi del vicino campo di calcio. La parete del serbatoio, fortemente danneggiata dall'esplosione e dall'incendio, ha ceduto e si è flessa formando una copertura sul contenuto del serbatoio in fiamme. Il tempestivo intervento dei servizi d'emergenza ha permesso di raffreddare i serbatoi vicini. È stato così possibile evitare lo scoppio sia di un serbatoio pieno con conseguente fuoriuscita del contenuto sia di un serbatoio semipieno. Solo dopo ore, il servizio d'emergenza è riuscito a spegnere l'incendio, introducendo schiuma estinguente attraverso fori nell'involucro della cisterna praticati con una pesante macchina edile. Durante l'intervento, una quantità indeterminata di agente estinguente si è riversata nel torrente "Worbla", che scorre lungo la vasca di ritenzione, per giungere poi nella Aar. Inoltre, una perdita nella vasca ha permesso a una miscela di acqua, olio pesante e schiuma di spegnimento di defluire sino nel torrente "Worbla". Per tale ragione il giorno dopo si è dovuto svuotare tempestivamente la vasca. Oltre a inquinare le acque, l'incidente ha causato gravi danni anche all'impianto.

Un'analisi piuttosto sistematica di incidenti, anche di minore entità, è stata realizzata in Francia [23]. Essa si basa sui dati di 400 impianti con serbatoi che nel giro di 5 anni hanno fatto registrare 58 tra contrattempi e incidenti poi sottoposti a valutazione. Dall'analisi dei dati è risultato che gli effetti si ripercuotono soltanto in via eccezionale all'esterno degli impianti. Inoltre, è risultato che l'80 % degli incidenti in impianti con serbatoi è costituito da perdite senza incendio e sono quindi la forma d'incidente più frequente. Tuttavia, anche nei pochi grandi incidenti in impianti con serbatoi verticali non si sono verificati danni gravi secondo le direttive relative ai criteri di valutazione dell'UFAFP [1].

2.3 Proprietà fondamentali delle sostanze

Per una comprensione chiara e condivisibile degli scenari, delle valutazioni dell'entità dei danni e delle determinazioni del rischio è necessaria la conoscenza delle proprietà fondamentali delle sostanze. In genere non sono sufficienti i dati puramente scientifici relativi alle sostanze, altrettanto essenziali sono, infatti, le quantità effettivamente presenti in caso di possibili incidenti rilevanti. Tra le sostanze che in caso di incidente rilevante possono comportare danni per la popolazione e l'ambiente non vi sono solo i prodotti depositati (combustibili e carburanti), bensì anche gli agenti estinguenti impiegati in caso d'incendio e che in presenza di un incidente rilevante si diffondono nell'ambiente con l'acqua di spegnimento. Qui di seguito vengono descritte le proprietà dei quattro principali prodotti petroliferi depositati in impianti con serbatoi verticali [4, 24, 25].

2.3.1 Proprietà fisico-chimiche di carburanti e combustibili

L'esatta composizione chimica dei prodotti petroliferi può variare in dipendenza del luogo d'estrazione, della raffinazione, della stagione e dell'impiego. In genere, queste variazioni sono di scarso rilievo per quanto attiene le considerazioni relative alla sicurezza. Gli idrocarburi depositati vengono attribuiti a classi di pericolo in funzione del punto di infiammabilità [4]. Essi possono essere caratterizzati come segue.

- **Benzina** (benzina per autoveicoli, benzina avio, benzina per motori, ingl. gasoline)

  Classe di pericolosità cat. F1 ℓ

  La benzina è costituita principalmente da composti di idrocarburi con 5-9 atomi di carbonio (composti di C_5 - C_9) del gruppo degli alcani, cicloalcani, alcheni, aromatici. La benzina è un liquido incolore infiammabile con un intervallo di ebollizione di 40°-220°C, che può formare vapori infiammabili più pesanti dell'aria già a -20°C (punto di infiammabilità). La benzina è pressoché immiscibile con acqua. La solubilità in acqua di benzina per autoveicoli è, secondo [25] di ca 120 mg/l (a 20°C).

- **Cherosene** (carburante per motori a reazione degli aerei, carburante per turboreattori, petrolio per aeroplani, ingl. jet fuel, kerosene)

  Classe di pericolosità cat. F2 ℓ

  Il cherosene è un prodotto della distillazione frazionata del petrolio risultante tra la benzina e il gasolio. È costituito da una complessa miscela di idrocarburi. A causa dell'impiego come propellente per motori a getto, gli idrocarburi aromatici devono essere limitati a meno del 20 - 25%, il tenore di naftalina a meno del 3%. Il cherosene ha un intervallo di ebollizione compreso tra ca 160° e 280°C e un punto di infiammabilità di 30° - 40°C. La sua solubilità in acqua è di ca 5 a 40 mg/l. Gli aerei supersonici usano miscele di carburante composte prevalentemente da isoalcani e cicloalcani con un intervallo di ebollizione tra 200°C e 300°C. Per un'accensione, il cherosene dev'essere riscaldato rispetto alle normali temperature ambiente.

- **Diesel** (carburante per motori diesel, gasolio, ingl. gas oil, diesel oil)

  Classe di pericolosità cat. F3 ℓ

  L'olio diesel è ottenuto nella distillazione del petrolio come frazione intermedia tra circa 200° e 380°C. La composizione può variare considerevolmente, ma, come nell'olio combustibile, predominano composti di idrocarburi a catena lunga (composti da C_7 a C_{14}). Il diesel si differenzia dalla benzina soprattutto per l'intervallo di ebollizione e il punto di infiammabilità più elevati (>55°C). La sua solubilità in acqua è di circa 10 mg/l. Per un'accensione all'aperto il diesel dev'essere riscaldato.

- **Oli combustibili** (olio da riscaldamento, nafta, ingl. Fuel oil, domestic heating oil)

  Classe di pericolosità cat. F3 ℓ - F4 ℓ

  L'olio combustibile è un derivato liquido o di facile liquefazione del petrolio, dell'olio di scisto o di catrami di diversa provenienza. È destinato principalmente alla produzione di calore. A dipendenza della fluidità si distingue tra olio combustibile EL (extraleggero), olio combustibile M (medio) e olio combustibile S (pesante). In Svizzera si utilizza ancora l'olio combustibile EL la cui composizione è molto simile a quella del diesel. L'olio combustibile ha, come il diesel, un punto di infiammabilità ele-

vato (>55°C) e una solubilità nell'acqua di ca 10 mg/l. Alla pari del diesel, per un'accensione all'aperto l'olio da riscaldamento dev'essere riscaldato.

Altri due prodotti petroliferi, anche se immagazzinati con minore frequenza, sono il petrolio greggio e l'olio pesante (olio combustibile S). Questi prodotti presentano una densità oscillante tra 900 - 970 kg/m³, mentre il punto d'infiammabilità si situa tra 23° e 55°C (greggio) risp. oltre 65°C (olio pesante). In caso di incendio persistente dei serbatoi, il greggio e l'olio pesante sono importanti nella prevenzione degli incidenti rilevanti perché possono essere all'origine di fenomeni di Boil Over (vedi 3.4.2).

Quantitativi soglia secondo l'UFAFP [12]:

Benzina, cherosene	ciascuno 200'000	kg
Diesel	500'000	kg
Olio combustibile EL, S	ciascuno 500'000	kg
Petrolio greggio	2'000	kg

La seguente tabella 2.2 riassume le principali caratteristiche fisico-chimice. Dalla tabella risultano chiaramente gli aspetti comuni e le diversità tra i vari carburanti e combustibili. Essi sono tutti più leggeri dell'acqua, le temperature di autoaccensione sono tutte superiori a 200°C e il potere calorifico oscilla tra 40 e 44 MJ/kg. La benzina si distingue dagli altri combustibili e carburanti descritti per il basso punto d'infiammabilità. Le benzine possono formare vapori infiammabili già a basse temperature da -20°C. Il cherosene, il diesel e l'olio combustibile devono dapprima essere riscaldati al punto d'infiammabilità.

Tab. 2.2: Visione d'assieme delle principali proprietà fisico-chimiche [24, 25]

Proprietà	**Benzina**	**Cherosene**	**Diesel**	**Olio c. EL**	**Olio c. S**	**Greggio[2)]**
N. sost. secondo Hommel	38/38a	119	83	103	120	155/155a
Punto d'infiammabilità [°C]	- 20	30-40	> 55	> 55 -80	> 65	20-55
Potere calorico [MJ/kg]	41.0-44.0[4)]	40.6-42.7[3)]	42.3-43.1[4)]	42.6[1)]	39.8[1)]	
Limiti di esplosività [Vol.% vapore]	0.6-8.0	0.6-6.5	0.6-6.5	0.6-6.5	1.5 - ?	
Tensione di vapore metodo Reid a 40°C [kPa]	73.8[5)]	< 5	< 1	< 1	< 1	-
Temp. autoaccensione [°C]	220	220	ca 220[6)]	ca 220[6)]	210-220	
Densità a 15°C [kg/m³]	725-780	ca 800	815-855[1)] (a 15°C)	830-860	970	830-950

1) secondo prontuario DIN 51603 183, 1982

2) valori a dipendenza della provenienza del greggio [24]

3) Dubbel 1974

4) Kaufhold, Verbrennen und Löschen, 1991

5) studio EMPA/LPMR: valore medio per la Svizzera. Benzina senza piombo 95 (a 37.8°C) (intervallo valori 58.6 - 98.6 kPa)

6) Varia a dipendenza della composizione e del luogo d'accensione. In ambienti chiusi con temperatura nel complesso maggiore, la temperatura di autoaccensione è attorno a 220 °C. In superfici libere, in un sistema aperto, risultano valori superiori fino a 320°C.

2.3.2 Proprietà ecotossicologiche di carburanti e combustibili

L'effetto tossico di prodotti di oli minerali sugli esseri viventi dipende:

- dal tipo di organismi
- dalla sensibilità specifica della specie a un determinato prodotto o a una determinata sostanza
- dal precedente carico ambientale sull'habitat naturale.

Per questa ragione sussistono grandi differenze tra gli organismi e non può essere fissato un valore di validità generale. Per la valutazione dell'entità dei danni possono quindi essere indicati solo valori di massima sotto forma di intervalli.

Spesso si tratta di indicazioni relative a concentrazioni letali per una certa quota di organismi entro una durata determinata (p. es. il valore LC_{50} esprime la concentrazione letale per il 50% degli organismi per una durata d'esposizione di generalmente 96 h. Il valore EC_{50} è il valore di concentrazione in grado di produrre un'incidenza del 50% di un dato effetto).

Questi valori indicativi si basano su diversi metodi di prova standardizzati, impiegati per esempio per la determinazione della tossicità acuta per batteri o pesci.

Per il calcolo di una superficie d'acqua inquinata si può ricorrere al metodo proposto in [1], dove una superficie d'acqua è considerata inquinata in presenza di oltre 15 g di olio minerale per m^2 di superficie[B]. Con questo approccio è possibile valutare, a quantità di prodotto nota, l'estensione dell'inquinamento e quindi l'entità del danno secondo [1].

Per le acque sotterranee e l'acqua potabile, l'ordinanza sulle derrate alimentari (ODerr) prevede valori limite riferiti alla concentrazione di idrocarburi. Il criterio principale è la solubilità delle sostanze, di modo che per tutti i prodotti petroliferi, in generale difficilmente solubili in acqua, può essere ammesso il valore limite di 20 μg/l o 20 mg/m^3 previsto dall'ODerr.

Per il deterioramento del suolo derivante da sostanze [7, 29, 30], l'ordinanza contro il deterioramento del suolo (O suolo) definisce valori indicativi, di guardia e di risanamento relativi a sostanze nocive inorganiche e a determinate sostanze nocive organiche, mentre non vi sono definiti valori analoghi per prodotti petroliferi. L'entità del danno nel suolo (n_5) dipende sostanzialmente dai parametri del luogo come la topografia, la struttura del sottosuolo, l'utilizzazione agricola e le caratteristiche fisiche dei suoli interessati nonché dalle condizioni meteorologiche al momento dell'incidente rilevante (tra cui temperatura, suolo gelato). In considerazione della molteplicità di questi fattori è assai difficile fare una previsione generale riguardo all'estensione di un inquinamento del suolo. L'estensione dell'inquinamento a una superficie maggiore di 2 ha, che determinerebbe un valore di incidente rilevante di 0.3, può praticamente essere esclusa. Poiché la maggior parte degli incidenti provoca soltanto un inquinamento del suolo limitato al raggio locale e siccome un eventuale danno successivo in acque superficiali o sotterranee è già considerato con altri indicatori, i danni nel suolo non vengono considerati ulteriormente per la valutazione dell'entità dei danni.

[B] Secondo la legge, i Cantoni hanno facoltà di stabilire obiettivi di protezione e quindi valori limite che si scostano da quelli stabiliti dall'UFAFP [1]. I proprietari d'impianti sono tenuti a informarsi sui valori limite applicati nel rispettivo Cantone.

Tab. 2.3: Valori di tossicità per i derivati di oli minerali considerati [38, 39]

Prodotto petrolifero	**Solubilità nell'acqua [mg / l]**	**Simbolo di pericolo**	**Tossicità p. dafnie [EL_{50}(mg/l)]****	**Tossicità p. pesci [LL_{50}(mg/l)]****
Senza piombo 95 / 98 (Gasolines, low boiling point naphtas)	ca 120	F+*, T* o Xn*, N	1 – 10 ***	1 – 10 ***
Cherosene (Kerosines, straight-run gas oils)	5 - 40	Xn, N	0,4 – 4 ***	1 – 10 ***
Diesel / olio combustibile EL (Other gas oils, distillate fuel oils)	ca 10	Xn, N	6 – 210	21 – 230
Olio combustibile S (Heavy fuel oil components)	1.5 - 12	T	10 – 100 ***	10 – 100 ***
Olio grezzo (Crude oil)		T, (ev. anche F+ o F)*	17 ***	34 ***

* Attribuzioni in funzione delle caratteristiche particolari del prodotto, vedi [39]

** EL = "effective loading" e LL = "lethal loading": grandezze che, in virtù del metodo di misurazione, si scostano dagli usuali valori di LC_{50} e EC_{50} (cfr. [38], p.10)

*** Valori di tossicità stimati in base ai componenti usuali del prodotto petrolifero corrispondente (cfr. [38], p. 10 seg.)

2.3.3 Proprietà di agenti estinguenti

Gli agenti estinguenti solitamente impiegati per lo spegnimento di incendi di combustibili e carburanti possono essere suddivisi in due grandi gruppi in base alla loro composizione chimica, ossia schiumogeni a base proteinica e schiumogeni sintetici a base di alcoli grassi (schiumogeni tensioattivi).

Oltre alla sostanza di base (proteine e tensioattivi), gli agenti estinguenti contengono, a dipendenza del prodotto e dell'uso, una parte variabile di sali metallici, disinfettanti, antigelo, anticorrosivi e solventi. Queste componenti immesse nell'ambiente possono comportare danni agli organismi.

L'effetto degli agenti estinguenti sugli organismi può essere valutato effettuando delle prove di tossicità. L'intervallo dei valori limite così determinati per un danno agli organismi è relativamente ampio in seguito alla diversità dei test e degli organismi considerati: per es. per pesci LC_{50} = 100-3000 mg agente estinguente per litro d'acqua durante 96 ore (secondo le indicazioni dei produttori). Tuttavia, si può ritenere che in genere i carburanti e i combustibili disciolti siano più tossici degli agenti estinguenti solubili nell'acqua.

Per questo motivo, la valutazione dell'entità dei danni non terrà ulteriormente conto dei danni causati all'ambiente dall'immissione di agenti estinguenti.

2.3.4 Conclusioni per la valutazione dell'entità dei danni

- Per quanto concerne gli effetti di un incendio (irraggiamento termico) non occorre distinguere tra i diversi derivati del petrolio.
- Lo scenario "esplosione" è rilevante solo per la benzina.
- Per lo scenario "fuga di liquidi" sono determinanti per i danni alle acque superficiali i valori LC_{50} per pesci specifici e per prodotto (volume inquinato), risp. il valore limite per superfici inquinate di 15 g di olio minerale per m^2.

- Per quanto concerne l'inquinamento dell'acqua potabile può essere assunto il valore limite per gli idrocarburi dell'ordinanza sulle derrate alimentari, fissato per tutti i derivati del petrolio a 20 mg/m³.

- L'inquinamento del suolo e i danni causati dall'immissione nell'ambiente di agenti estinguenti non sono rilevanti per la valutazione dell'entità dei danni.

2.4 Criteri di valutazione

Le possibili conseguenze di un incidente rilevante in considerazione della convenzione descritta in precedenza vengono esaminate nella prossima sezione. Per la determinazione e la valutazione dell'entità vengono dapprima considerati gli indicatori dei danni secondo la direttiva UFAFP [1].

Nella direttiva UFAFP, l'entità del danno è determinata tramite sei indicatori relativi a possibili effetti sugli esseri umani e sull'ambiente. A dipendenza della natura del danno, per la descrizione dell'entità vengono applicati uno o più indicatori (cfr. fig. 8.1). Per ciascun indicatore di danno è stabilito un indice di incidente rilevante. Tali indici sono comparabili tra loro. La tab. 2.4 indica la corrispondente entità che determina un indice di incidente rilevante di 0.3 concretizzato per impianti con serbatoi verticali nell'allegato 3. Questo valore limite per un grave danno è stato fissato singolarmente per ciascun indicatore.
Gli incidenti rilevanti con incendio e irraggiamento termico hanno effetto soprattutto sulle persone. Nella commisurazione dell'entità viene effettuata una distinzione generale tra numero di morti (indicatore n_1) e numero di feriti (indicatore n_2). A titolo di semplificazione, nel presente rapporto si rinuncia in sede di valutazione dell'entità del danno all'indicatore n_2 (feriti). In seguito all'irraggiamento termico si producono generalmente solo scarsi danni materiali all'esterno dell'impianto. L'indicatore n_6 per i danni materiali non è quindi rilevante per gli scenari d'incendio.

Gli incidenti rilevanti dovuti a perdite riguardano in primo luogo le acque. Gli effetti possono essere descritti tramite gli indicatori n_3 (inquinamento delle acque superficiali) e n_4 (inquinamento delle acque sotterranee).
L'indicatore n_5 riguarda l'impatto sul suolo. Tali effetti in genere non sono rilevanti per la valutazione dell'entità dei danni di impianti con serbatoi verticali (cfr. cap. 2.3.2).

Tab. 2.4: Entità per un grave danno secondo la direttiva UFAFP [1]

Indicatore del danno		**Entità per indice di incidente rilevante = 0.3**
Morti	n_1	L'ordine di grandezza di 10 morti
Feriti	n_2	L'ordine di grandezza di 100 feriti
Inquinamento di acque superficiali	n_3	L'inquinamento con sostanze, prodotti o rifiuti speciali di circa 10^6 m^3 o 1 km^2 [1)]
Inquinamento di acque sotterranee	n_4	La messa fuori uso di una captazione d'acque sotterranee nella misura di circa 10'000 persone.mesi [2)]
(Suolo) non rilevante	(n_5)	(il pregiudizio della fertilità del suolo su una superficie di circa 2 ha di suolo mediante sostanze, prodotti o rifiuti speciali per la durata di 1 anno)
Danni materiali	n_6	Danni materiali per circa 50 milioni di franchi. [3)]

1) in casi motivati sono possibili anche parametri più severi

2) applicabile anche ad acque sotterranee note ma non utilizzate

3) Indice 1996

Tramite l'indicatore n_6 vengono valutati i danni materiali che per gli impianti con serbatoi verticali sono rilevanti solo in casi particolari (segnatamente esplosioni e irraggiamento termico). Questo argomento è affrontato e spiegato nel capitolo 7.3.

La direttiva UFAFP non stabilisce alcun indicatore per la valutazione dell'inquinamento dell'aria. In caso di un incendio di olio minerale nell'impianto con formazione di fuliggine e inquinamento dell'aria, un eventuale rischio indiretto per persone o impianti può essere considerato tramite gli indicatori n_1 e n_6.

Per l'esercizio quotidiano di un impianto valgono altre norme di legge che l'OPIR.

3 Descrizione di scenari

3.1 Condizioni per la validità degli scenari

La condizione di base per la validità degli scenari determinanti definiti nel presente rapporto è il rispetto delle misure generali di sicurezza ai sensi dell'articolo 3 OPIR così come sono elencate nell'allegato 5. Tali misure sono caratterizzate dal fatto che da un lato determinano, in quanto misure attive, la limitazione dell'entità del danno in caso di incidente rilevante e, dall'altro, in quanto misure passive, contribuiscono a diminuire il potenziale di pericolo e a prevenire incidenti rilevanti. Concretamente si tratta delle misure esposte nella figura. 3.1.

A Il controllo della parete del bacino serve ad appurare che in caso di perdita di un serbatoio la vasca resista alla pressione del liquido o a un'altra azione considerata nel calcolo statico. È così possibile escludere, in caso d'incidente rilevante, la contemporanea avaria del serbatoio e del relativo bacino.

B Nella progettazione del sistema di canalizzazione occorre tenere conto dello scenario fuga di liquidi in modo da evitare nella misura del possibile danni all'ambiente circostante l'impianto. In particolare è necessario dimensionare i volumi di ritenzione nell'impianto in funzione degli scenari calcolati.

C Questa misura (deviazione e / o raccolta di prodotto fuoriuscito) costituisce un provvedimento cautelativo per evitare l'estensione dell'incidente rilevante e quindi danni all'esterno dell'impianto. Per l'evento fuga di liquidi i bacini tra loro collegati dovrebbero poter mettere a disposizione volumi di riserva per evacuare i prodotti dalle zone di pericolo ed evitare la tracimazione di un bacino.

D Le prescrizioni delle direttive CARBURA in materia di prevenzione degli incendi servono in prima linea ad impedire una propagazione dell'incendio con altri danni all'impianto e all'esterno dell'area aziendale. Nella direttiva sono contenute anche indicazioni per il calcolo del fabbisogno d'acqua e di agenti estinguenti.

E In caso di incidente rilevante, la tempestiva identificazione e un intervento mirato sono di importanza decisiva per limitare i danni. Una condizione necessaria a tal fine è una stretta collaborazione del gestore con le istanze competenti e l'organizzazione di catastrofe. Un elemento importante sono le regolari esercitazioni nell'impianto e la relativa analisi tenendo presente le peculiarità locali.

Gli incidenti rilevanti in serbatoi verticali sono generalmente processi lenti. Si può quindi ritenere che le misure adottate (ed ev. ripetute) diano risultati al più tardi entro alcune ore, che l'evento sia sotto controllo e che (ulteriori) danni o pericoli per le persone all'esterno dell'impianto possano essere esclusi. Non occorre quindi presupporre che gli eventi di uno scenario possano estendersi incontrastati coinvolgendo col tempo l'intero impianto con i relativi effetti sull'ambiente circostante. Il fattore tempo costituisce quindi la base per la definizione degli scenari determinanti nella valutazione dell'entità dei danni.

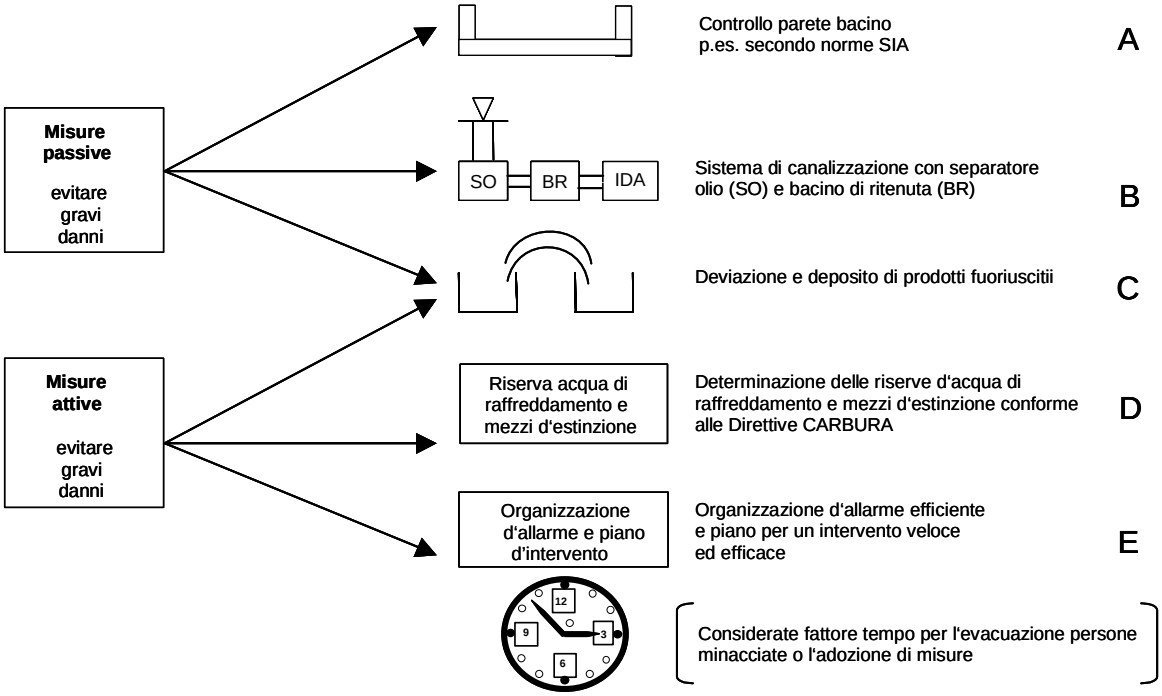


Fig. 3.1: Presupposti di base per la validità degli scenari determinanti

3.2 Albero degli scenari

Dal capitolo sui fondamenti (cap. 2) risulta l'albero degli scenari (fig. 3.2), la rappresentazione grafica delle possibili sequenze degli eventi in impianti con serbatoi verticali. Esso costituisce la base della guida alla valutazione dell'entità dei danni.

I tre colori contrassegnano i tre scenari principali incendio (rosso), fuga di liquidi (blu) ed esplosione (giallo). Per facilitare la lettura, tutti gli eventi sono numerati e gli eventi determinanti sono inoltre contrassegnati con un riquadro nel relativo colore attorno al numero dell'evento.

3.3 Eventi determinanti

3.3.1 Basi

I possibili incidenti rilevanti possono essere suddivisi in base ai loro effetti in tre scenari principali. Lo scenario principale **"incendio"** comporta un irraggiamento termico potenzialmente dannoso per le persone, gli impianti e le infrastrutture in un largo raggio. Lo scenario principale **"fuga di liquidi"** comporta la fuoriuscita del prodotto immagazzinato nel perimetro dell'impianto o nelle adiacenze. In questo caso sono minacciati da inquinamento segnatamente le vicine acque superficiali o sotterranee nonché eventualmente il suolo. Nello scenario **"esplosione"** il pericolo maggiore deriva dalle onde di pressione che possono causare la distruzione di impianti e infrastrutture vicine. Questi tre scenari principali "incendio", "fuga di liquidi" ed "esplosione" implicano diversi sottoscenari, dei quali è definito a livello di rapporto breve come evento determinante quello con il probabile maggior potenziale di pericolo. Inoltre, vengono trattati come casi speciali altri sottoscenari. Questi casi speciali possono essere rilevanti per impianti con condizioni marginali speciali (per es. zona densamente popolata).

Nel seguito vengono descritti dapprima i tre scenari principali con i relativi eventi determinanti e in seguito i casi speciali.

3.3.2 Scenario principale "incendio"

Incendio del bacino (n. 10)
L'accensione di un prodotto immagazzinato fuoriuscito o l'incendio di un serbatoio che collassa possono dare origine a un incendio del bacino. Gli effetti di un tale incendio sono determinati principalmente dall'irraggiamento termico della fiamma che a dipendenza della superficie del bacino può portare al ferimento di persone in un raggio di fino a 100 m attorno allo stesso.

Un'estensione dell'incendio ai serbatoi e ai bacini vicini è possibile soltanto dopo alcune ore, il tempo necessario affinché gli altri serbatoi si surriscaldino e cedano con conseguente fuoriuscita e accensione del prodotto immagazzinato. Una tale estensione dell'incendio del bacino ai serbatoi e ai bacini vicini è possibile solo a condizione di un (ev. ripetuto) fallimento delle previste misure antincendio e di protezione dei serbatoi vicini. In seguito all'estensione dell'incendio aumenta anche l'irraggiamento termico. Tuttavia, poiché i raggi di letalità aumentano in misura proporzionalmente inferiore all'estensione della superficie dell'incendio, v'è da temere solo in casi eccezionali (per es. insediamento molto vicino e densamente popolato) un'entità dei danni maggiore rispetto all'incendio di un singolo bacino. Per la valutazione dell'entità dei danni si considera pertanto generalmente solo l'incendio del bacino con la superficie maggiore. Nel caso eccezionale è determinante l'incendio del bacino con la minore distanza rispetto agli oggetti minacciati.

3.3.3 Scenario principale "fuga di liquidi"

Deflusso nella canalizzazione (n. 21)
Tale evento è rilevante per la valutazione dell'entità dei danni, quando sussiste un collegamento con la canalizzazione pubblica o con corsi d'acqua. Il deflusso accidentale del prodotto immagazzinato o di miscele di agenti estinguenti e prodotto nella canalizzazione può verificarsi in seguito a un errore di manipolazione durante lo svuotamento del bacino, il travaso o la tracimazione (debordamento) del liquido dal bacino indirettamente attraverso pozzi e superfici impermeabilizzate. A dipendenza della canalizzazione esistente, il prodotto fuoriuscito può quindi giungere in acque vicine (acque superficiali o sotterranee, con o senza captazione di acqua potabile) o all'IDA e inquinarle. L'entità del danno di un simile evento dipende essenzialmente dalle misure di sicurezza esistenti nell'impianto. Tramite p. es. vani di raccolta tampone nella canalizzazione o misure costruttive in superficie nonché un tempestivo riconoscimento e intervento in caso di incidente con perdita è possibile contenere il prodotto fuoriuscito nell'area dell'impianto per evitare un possibile inquinamento dell'ambiente circostante.

Deflusso in superficie (n. 22)
L'inquinamento delle acque in seguito al deflusso superficiale è rilevante per la valutazione dell'entità dei danni solo se le acque si trovano nelle immediate vicinanze dell'impianto. L'entità del danno dipende da un lato dalla situazione locale (topografia, impermeabilizzazione delle superfici) e dall'altro dalle misure di sicurezza adottate (avvallamenti, scarichi in vani di raccolta). Nel caso di un deflusso in superficie si tratta di un processo visibile che facilita quindi un tempestivo riconoscimento e intervento.

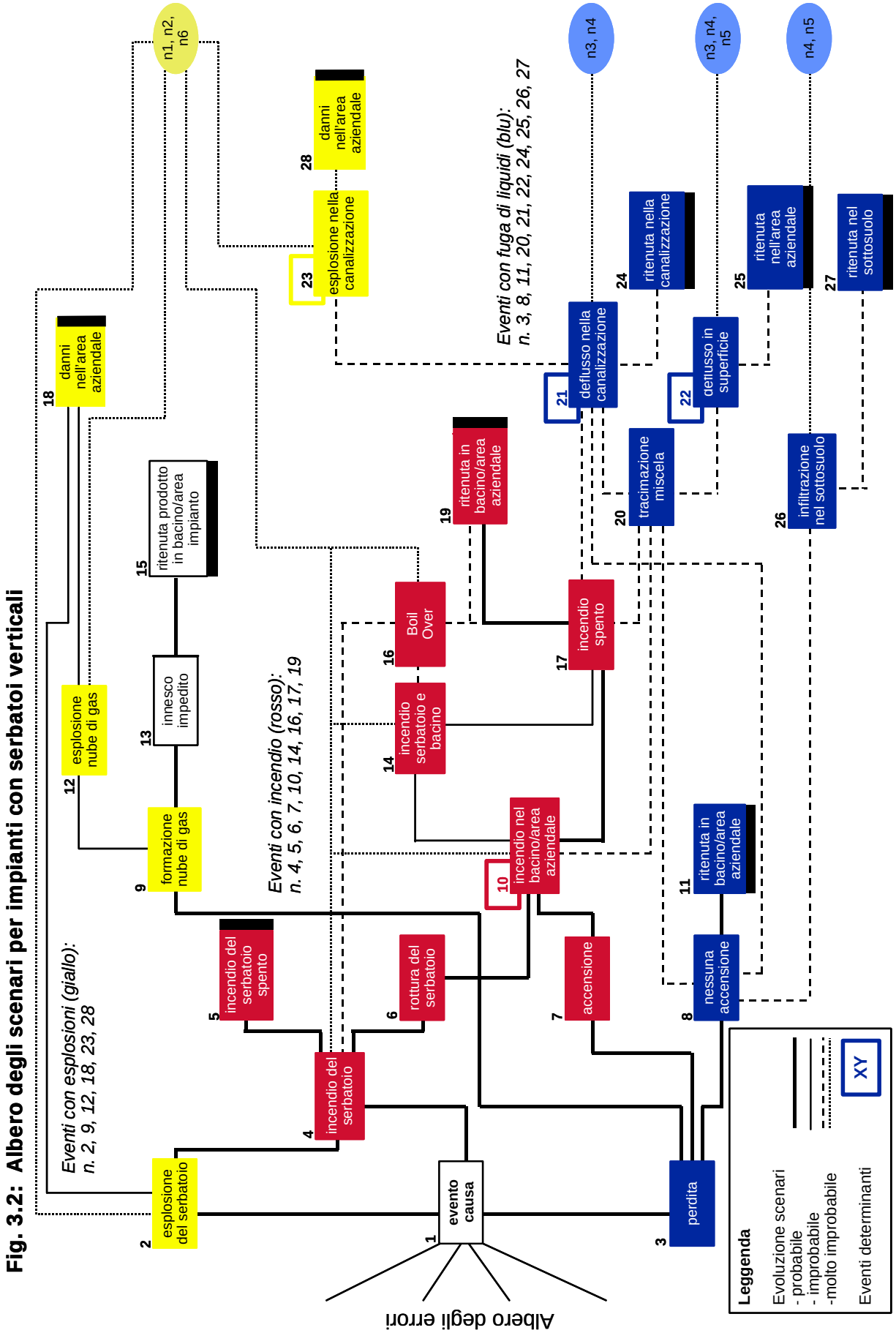
3.3.4 Scenario principale "esplosione"

Esplosione nella canalizzazione (n. 23)
Un'esplosione nella canalizzazione può comportare gravi danni nell'area circostante, segnatamente in presenza di zone densamente utilizzate o importanti infrastrutture in prossimità dell'impianto.

In ragione del suo basso punto d'infiammabilità e della sua elevata volatilità, soprattutto la benzina sviluppa con l'aria miscele esplosive di gas nella canalizzazione o in altri vani chiusi come per esempio gallerie per condotte. In caso d'accensione di questa miscela gassosa di benzina e aria, per esempio a causa di scintille elettriche, l'esplosione può provocare, nelle immediate vicinanze del luogo d'esplosione, una notevole forza d'urto. A dipendenza della localizzazione della canalizzazione possono verificarsi gravi danni in presenza di un'elevata densità di edificazione o utilizzazione. Una minaccia per le persone sussiste in seguito alla proiezione di frantumi (per es. chiusini saltati). In questi casi, tale scenario è rilevante.

In impianti senza deposito di benzina o senza allacciamento alla canalizzazione pubblica, un'esplosione nella canalizzazione non è possibile ed è quindi irrilevante.

Fig. 3.2: Albero degli scenari per impianti con serbatoi verticali



3.4 Casi speciali

3.4.1 Esplosione di una nube di gas (n. 12)

Esplosione all'aperto: la polverizzazione di carburanti volatili (benzina) in seguito a fuoriuscita da una condotta (formazione di aerosol) e l'evaporazione da una pozza possono formare una nube di gas. La dimensione della nube dipende tra l'altro dall'intensità della fuoriuscita, dalla grandezza della pozza e dalla velocità di evaporazione. Poiché una siffatta nube di gas è più pesante dell'aria, può rimanere sospesa nell'aria in prossimità del suolo e, a dipendenza delle condizioni atmosferiche, penetrare in una canalizzazione o espandersi sopra l'area del deposito. In caso di accensione di una nube di gas di benzina non confinata[C] o un'accensione poco dopo la fuoriuscita di benzina si verifica un breve incendio (flash fire), ma nessuna esplosione. In seguito a un ritorno di fiamma può incendiarsi anche la pozza presso il punto di perdita.

I serbatoi vicini possono determinare una parziale trattenuta dei gas, il che favorisce tramite turbolenze la miscelazione con l'aria circostante. Se una miscela gassosa di benzina e aria si infiammasse in queste condizioni soltanto dopo alcuni minuti, si raggiungerebbero velocità di combustione molto più elevate e quindi maggiori sovrappressioni. L'esplosione si propagherebbe nell'atmosfera con un'onda di pressione rapidissima. Come mostrano i calcoli effettuati in seguito a incidenti d'esplosione, con l'esplosione di una nube di gas parzialmente confinata all'aperto possono verificarsi sovrappressioni iniziali di 0.3 bar fino a un massimo di 0.42 bar [20]. In tali condizioni, le persone e le infrastrutture nelle immediate vicinanze dell'impianto sono esposte a pericolo. Un siffatto evento presuppone tuttavia grandi quantità di prodotto fuoriuscito (per esempio una perdita di lunga durata). Occorre tenere in considerazione questo evento nelle situazioni in cui non possono essere esclusi gravi danni a infrastrutture importanti o la messa in pericolo di un numero elevato di persone nel raggio di ca 100 m attorno all'impianto.

Esplosione nella sala pompe chiusa: in seguito a perdite nell'impianto di pompaggio possono svilupparsi vapori di carburante (benzina) all'interno della sala pompe che in caso d'accensione danno origine all'esplosione di una nube di gas confinata. La sovrapressione massima all'interno dell'edificio chiuso è per breve tempo di ca 7 bar [6, 18]. A dipendenza della posizione della sala pompe sono quindi possibili seri danni all'interno dell'area dell'impianto, mentre i danni all'esterno sono rilevanti solo in casi particolari (per es. se la sala pompe è ubicata ai margini dell'area dell'impianto in prossimità di un terreno limitrofo ad elevata densità di utilizzazione).

3.4.2 Boil Over (n. 16)

Questo scenario si presenta soprattutto con il greggio, l'olio pesante, la nafta ed ev. il diesel, mentre può essere escluso con la benzina e il cherosene. Il Boil Over è un evento durante il quale grandi quantità di olio ribollente e incendiato vengono improvvisamente e violentemente espulse dal serbatoio. La causa dell'evento risiede in un precedente riscaldamento dell'olio che dopo un certo tempo porta a un'evaporazione spontanea dell'acqua alla base del serbatoio. Secondo la teoria classica, l'origine del riscaldamento del contenuto e del successivo Boil Over risiede in un incendio del serbatoio. Tuttavia, poiché nella letteratura è documentato anche un evento con causa diversa ma effetto simile a quello di un Boil Over (Lione: riscaldamento del contenuto del serbatoio dovuto all'incendio del bacino esterno), nel seguito viene introdotta una distinzione nella designazione. Al classico Boil Over viene contrapposto un evento con "effetto simile al Boil Over" (per la definizione di Boil Over vedi anche [9, 22, 26]).

A) Boil Over classico con formazione di zone di calore in caso di incendio di serbatoio
Il Boil Over classico con formazione di zone di calore si verifica unicamente negli incendi di serbatoi contenenti oli minerali con un largo spettro d'ebollizione (greggio, olio combustibile S). Affinché il fenomeno possa verificarsi, è necessaria la presenza di acqua sul fondo del serbatoio (acqua

[C] Al di sotto del punto di infiammabilità di un qualunque carburante non è possibile né la sua accensione né la sua combustione. Per l'olio diesel e l'olio combustibile, il punto di infiammabilità è superiore a 55°C. Una tale temperatura può essere raggiunta solo mediante un riscaldamento esterno di lunga durata del liquido. A temperature ambiente, soltanto la benzina costituisce una grave minaccia in virtù del suo basso punto di infiammabilità (-20°C) e della sua elevata volatilità. Se nell'impianto non sono depositate sostanze facilmente infiammabili, il caso speciale dell'esplosione di una nube di gas da diesel o olio combustibile può essere trascurato, poiché è molto più improbabile che in presenza di benzina.

di condensa o introdotta con le operazioni di spegnimento). Il seguito all'incendio del serbatoio, nel prodotto che brucia si forma un fronte di calore all'origine di una distillazione frazionata in superficie. Le componenti più volatili evaporano e bruciano, mentre le componenti meno volatili si accumulano sulla superficie riscaldata. L'evaporazione prosegue all'interfaccia tra il residuo caldo e l'olio freddo, e le componenti a bassa volatilità rimanenti aumentano la zona calda. Se la zona calda in continua espansione raggiunge lo strato d'acqua sul fondo del serbatoio, avrà inizio l'evaporazione dell'acqua che determinerà l'eiezione di grandi quantità di olio ribollente e incendiato.

Provvedimenti
Nel caso del Boil Over classico i possibili provvedimenti da adottare in seguito a un incendio del serbatoio consistono soprattutto nella prevenzione di altri danni. Dato che il movimento del fronte di calore può essere seguito facilmente sul serbatoio e l'eiezione del prodotto inizia solo dopo alcune ore, in questo lasso di tempo occorre provvedere all'evacuazione di tutte le persone dalla zona di pericolo.

B) "Effetti simili al Boil Over" in seguito a incendio del bacino
Gli "effetti simili al Boil Over" possono accadere anche con prodotti con uno spettro di ebollizione abbastanza ristretto come olio diesel e olio combustibile EL. Questi prodotti non formano grandi zone di calore. In questo caso, la causa dell'"effetto simile al Boil Over" risiede nel riscaldamento del serbatoio in seguito a irraggiamento termico esterno, quindi in seguito all'incendio del bacino. In caso di un incendio di lunga durata in un bacino e se non è possibile provvedere a un sufficiente raffreddamento del serbatoio si produce un forte riscaldamento delle pareti dei serbatoi che si trovano nel bacino. L'acqua sul fondo del serbatoio viene quindi riscaldata principalmente tramite conduzione termica nella parete del serbatoio. L'effetto sarà tanto più rilevante quanto minore è il diametro del serbatoio e quanto maggiore sarà quindi la conduzione termica attraverso la parete del serbatoio. La condizione per il verificarsi di un tale evento è un basso livello di riempimento nel serbatoio, che aumenta il contatto termico tra la fiamma e la parete dello stesso. La quantità massima d'eiezione del prodotto sarà quindi minore rispetto al classico Boil Over.

Provvedimenti
Questo effetto è provocato da un impatto termico esterno. Il primo obiettivo dell'intervento deve pertanto essere l'eliminazione della fonte di calore mediante un'azione concentrata di spegnimento dell'incendio del bacino. Per quanto possibile, i serbatoi vicini vanno raffreddati evitando di introdurre altra acqua nei serbatoi surriscaldati.

3.5 Altri scenari

Gli altri eventi dell'albero degli scenari non sono rilevanti per la valutazione dell'entità dei danni e un'analisi dei rischi più approfondita deve essere eseguita solo in casi eccezionali. Si tratta degli eventi seguenti.

3.5.1 Esplosione del serbatoio (n. 2)

In caso di un eventuale innesco di un volume di gas confinato in un serbatoio, per esempio durante una revisione del serbatoio o a causa del surriscaldamento di un serbatoio quasi vuoto, può verificarsi un'esplosione del serbatoio. Le esplosioni avvengono generalmente sotto forma di reazioni chimiche, in cui la miscela di gas reagente si espande rapidamente mediante cessione di calore. Spesso in seguito all'esplosione di un serbatoio salta il tetto del serbatoio e sovente il prodotto immagazzinato si incendia con conseguente incendio del serbatoio (n. 4, cfr. più avanti). Gli effetti di un'esplosione in quanto tale si limitano di regola all'area aziendale e non sono quindi rilevanti per la valutazione dell'entità dei danni.

Va considerata anche l'eventualità di un'*esplosione del gasometro dei vapori di benzina di un bilanciamento dei gas*. I sistemi di bilanciamento dei gas di benzina negli impianti con serbatoi verticali recuperano le eccedenze di vapori di benzina delle oscillazioni quotidiane o stagionali di temperatura o i vapori di benzina spostati in occasione di trasbordi di benzina. In una prima fase, questi vapori di benzina vengono accumulati in un grande serbatoio tampone. Di regola, si tratta di miscele supersature. I vapori di benzina

eccedenti vengono liquefatti. Questo serbatoio tampone dei gas può esplodere in seguito a surriscaldamento. In un simile evento i frantumi scagliati attorno possono danneggiare le infrastrutture vicine. Tuttavia, di regola non dovrebbero verificarsi gravi danni al di fuori dell'area aziendale.

3.5.2 Incendio del serbatoio (n. 4)

Un serbatoio può incendiarsi in seguito a danni che provocano la combustione dei prodotti immagazzinati. I danni risultanti dall'irraggiamento termico rimangono circoscritti alle immediate vicinanze del serbatoio e sono minori rispetto all'incendio del bacino del serbatoio. Un pericolo per le persone risulta solo in un raggio inferiore ai 100 m. Inoltre, in seguito all'inerzia dei processi, in caso d'incendio di un serbatoio (sviluppo rallentato dell'irraggiamento termico massimo) v'è la possibilità di abbandonare per tempo la zona di pericolo. Un incendio di serbatoio può essere spento mediante l'intervento mirato dei vigili del fuoco muniti di sufficienti agenti estinguenti e acqua di raffreddamento evitando così scenari successivi (segnatamente l'incendio del bacino). A causa del suo scarso impatto, un incendio del serbatoio privo di scenario successivo è meno grave di un incendio del bacino e quindi irrilevante per la valutazione dell'entità dei danni.

3.5.3 Incendio del serbatoio e del bacino (n. 14)

L'incendio del serbatoio e del bacino costituisce una combinazione di due singoli eventi. L'entità del danno è dato soprattutto dalla minaccia per le persone dovuta all'irraggiamento di calore. Dato che l'effetto sull'ambiente circostante di un serbatoio incendiato in un bacino in fiamme è solo lievemente maggiore, si rinuncia a un calcolo separato di questo evento combinato nell'analisi dell'entità dei danni. È determinante l'incendio del bacino.

3.5.4 Infiltrazione nel sottosuolo (n. 26)

L'inquinamento del suolo o delle acque sotterranee possono essere causati da un difetto di tenuta nel bacino o la fuoriuscita di prodotti su un suolo permeabile all'esterno dell'impianto. Nel caso di un bacino perdente i quantitativi che possono filtrare nel suolo sono generalmente ridotti. Il prodotto fuoriuscito si espande con una velocità variabile a dipendenza delle caratteristiche del suolo. Nel caso di suoli impermeabili senza la presenza di acque sotterranee, come spesso risultano negli impianti con serbatoi, di norma si può ritenere che l'espansione sia abbastanza lenta da non minacciare le acque sotterranee a una certa distanza dall'impianto. Un considerevole inquinamento della falda freatica e del suolo all'esterno dell'impianto in seguito a infiltrazione nel sottosuolo è quindi poco probabile. Inoltre, l'inquinamento delle acque sotterranee è già considerato nello scenario "fuga di liquidi". Se quindi per mezzo delle esistenti misure di sicurezza è possibile assicurare un tempestivo riconoscimento e la rapida eliminazione di una perdita, e se il funzionamento della costruzione del bacino è stato collaudato, questo scenario non è rilevante per la valutazione dell'entità dei danni. L'evento infiltrazione nel sottosuolo può essere trascurato nella valutazione dell'entità del danno.

4 Entità del danno per lo scenario "incendio del bacino"

4.1 Evento determinante

In base all'albero degli scenari, un incendio del bacino si verifica quando:

- un prodotto nel serbatoio si infiamma e il serbatoio cede, così che il prodotto immagazzinato in fiamme può fuoriuscire nel bacino (sequenza degli eventi: n. 2-4-6-10), o
- se in seguito a una perdita in un serbatoio si verifica una fuoriuscita di prodotto immagazzinato che si incendia nel bacino (seq. eventi: n. 3-7-10).

Per gli effetti è determinante l'irraggiamento termico dell'incendio del bacino. Per questo scenario si parte dal presupposto che l'incendio che ha colpito il prodotto immagazzinato si estenda su tutta la superficie del bacino (senza la base del serbatoio). La quantità effettiva di prodotto fuoriuscito è rilevante soltanto se in un bacino sono presenti delle pareti di separazione (basse) supplementari che possono impedire l'espansione del prodotto fuoriuscito su tutta la superficie del bacino. È sempre determinante il volume utile del serbatoio più grande di un bacino. Nella definizione del bacino determinante fa stato da un lato la superficie e dall'altro la distanza dalle persone potenzialmente minacciate. A dipendenza dell'impianto, possono essere necessari più calcoli con diversi bacini. Un incendio del bacino è rilevante allorquando nel raggio di ca 150 m attorno allo stesso si trovano persone non facenti parte dell'area aziendale (per es. persone residenti, spettatori di una manifestazione, sportivi, persone che circolano su vie di comunicazione ecc.).

4.2 Calcolo dell'irraggiamento termico

Con il modello d'irraggiamento della fiamma a cilindro [5, 10, 15] si può calcolare l'irraggiamento termico a una determinata distanza dal centro dell'incendio, risp. dal bordo del bacino. L'area del bacino è rappresentata mediante un cerchio di superficie uguale. La base di calcolo è data dalla superficie del bacino nonché dall'energia d'irraggiamento per superficie (densità d'irraggiamento) della relativa sostanza [13]. Nella maggior parte degli incendi di bacini le fiamme vengono schermate fino al 50% dalla formazione di fuliggine. Per tutti i derivati del petrolio considerati si può ammettere con buona approssimazione un'energia d'irraggiamento uniforme di 84 kW/m^2, cosicché nel calcolo dei raggi d'azione non occorre più distinguere il tipo di prodotto (cfr. fig. 4.1).

4.3 Valutazione delle conseguenze

Per l'entità dei danni è determinante l'indicatore n_1 (morti). I feriti non sono considerati a livello di rapporto breve. Anche l'indicatore n_6 (danni materiali) non è generalmente rilevante per quanto concerne l'irraggiamento termico. Per le squadre di pronto intervento può essere inoltre rilevante la cosiddetta soglia del dolore, ossia la distanza entro la quale l'irraggiamento termico raggiunge ancora 5 kW/m^2. A questo valore un essere umano prova dolore dopo 10-20 secondi [3]. Il valore può quindi costituire un punto di riferimento per la circonferenza entro la quale le persone possono essere colpite dall'irraggiamento di calore di un incendio del bacino.

Nel caso d'incendio di una pozza l'irraggiamento termico rimane costante per un periodo relativamente lungo. Per il calcolo si ammette che tutte le persone interessate si trovino all'aperto (senza protezione di un edificio), ma che vengano colpite solo nei primi 30 secondi, poiché entro tale lasso di tempo dovrebbero aver trovato una via di fuga. Risultano così i seguenti raggi d'impatto sugli esseri umani [17]:

1% di letalità a 15 kW/m^2
50% di letalità a 24 kW/m^2
99% di letalità a 57 kW/m^2

Gli effetti della radiazione termica sulle persone, così come vengono calcolate nel presente rapporto, sono basati sulla letalità constatata in caso di esplosioni nucleari [17] e sull'analisi di una casistica d'incidenti con incendio di idrocarburi [11]. Il modello risultante sulla base di una funzione probit secondo Eisenberg [17] con un tempo d'esposizione di 30 secondi e i tre raggi d'azione con letalità costante (R_1 per letalità 1%, R_{50} per letalità 50%, R_{99} per letalità 99%) offre una buona approssimazione per la valutazione dell'entità del danno.

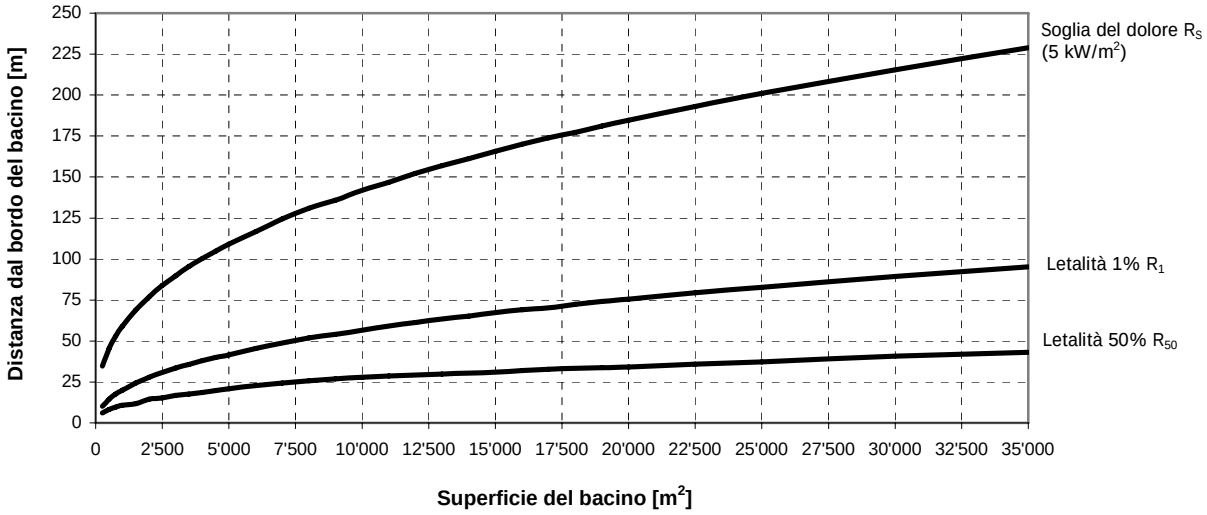


Fig. 4.1: Raggi di letalità R_1, R_{50} e soglia del dolore R_S dal bordo del bacino a dipendenza della superficie del bacino considerata (approssimazione per i carburanti benzina, cherosene, diesel e nafta)

I raggi di letalità a dipendenza della grandezza del bacino possono essere dedotti dalla fig. 4.1; il raggio di letalità 99% per le superfici dei bacini prese in considerazione è sempre inferiore a 20 m e non viene quindi rappresentato.

Questi raggi vanno ora riferiti alle adiacenze del relativo bacino. In seguito va stimato il numero delle persone colpite (tramite un sopralluogo, un piano delle zone o in caso di stabili abitativi tramite l'ufficio controllo abitanti del Comune). Con questi dati è possibile calcolare l'entità dei danni in caso d'incendio del bacino (cfr. esempio 1).

Per un accertamento più preciso, per esempio nell'ambito di un'analisi dei rischi, sono stati elaborati modelli più dettagliati. Per esempio nel Green Book TNO [19] si trovano formule sviluppate specificatamente per gli incendi di idrocarburi e che descrivono in dettaglio gli effetti dell'irraggiamento sulle persone considerando l'abbigliamento protettivo e le possibilità di fuga. Questi calcoli sono puramente aritmetici e, a causa della necessità del rilevamento di dati di base (spesso conosciuti solo in modo approssimativo) assai più impegnativi della valutazione dell'entità dei danni proposta. Sono quindi considerati poco adatti per la stesura del rapporto breve.

Esempio 1: incendio del bacino (n. 10)

Un impianto è costituito da 16 serbatoi collocati in 4 bacini di contenimento. Il bacino maggiore ha una superficie di 5'500 m^2 (senza le basi dei serbatoi). Non dispone di pareti di separazione e il prodotto fuoriuscito può espandersi su tutta la superficie.

Con una tale superficie, in caso d'incendio si raggiungono in base alla fig. 4.1 i seguenti raggi di letalità:

R_{50} = 22 m	*(calcolo del numero dei morti con F = 0.65)*
R_1 = 45 m	*(calcolo del numero dei morti con F = 0.15)*
Soglia del dolore R_S = 115 m	*(rilevante per le forze d'intervento per l'evacuazione)*

L'impianto è situato in prossimità di un quartiere residenziale e accanto a una linea ferroviaria regionale. La distanza dal bordo del bacino alla più vicina casa d'abitazione (12 persone) è di 40 m, altri tre stabili abitativi (3x15 = 45 persone) si trovano entro un raggio di 100 m, mentre la linea ferroviaria (media delle persone trasportate = 50 persone) dista solo 30 m.

Per l'indicatore n_1 (morti) vale quindi:
all'interno del raggio R_{50} (= 22 m) non vi sono persone colpite;
tra R_{50} (= 22 m) e R_1 (= 45 m) si trovano 12 + 50 = 62 persone.
Il numero totale dei morti risulta quindi da 62 x 0.15 = 9.3 morti.

La conversione del numero dei morti in indice di incidente rilevante avviene in base alla fig. 8.1 (o con le formule): indice di incidente rilevante = 0.3 x log (numero morti) = 0.3 x log(9.3) = 0.29.

Risultato

L'indice massimo di incidente rilevante 0.29 è di poco inferiore al valore 0.3. Normalmente con questo valore non occorre effettuare un'analisi dei rischi per lo scenario incendio del bacino. In caso di un aumento della popolazione residente (per esempio in seguito a costruzione densificata) la situazione va di nuovo verificata.

Conclusioni

Poiché la linea ferroviaria si trova in prossimità dell'impianto, occorre appurare che, in caso d'evento, sia assicurata la reciproca informazione tramite i rispettivi piani d'intervento o altri mezzi idonei e che le squadre di soccorso siano istruite sulle misure da adottare.

La soglia del dolore si trova a 115 m. Nell'esempio qui illustrato, 3 edifici abitati con complessivamente 45 persone si trovano all'interno di tale limite. In caso d'incidente rilevante occorre quindi provvedere affinché queste persone siano tempestivamente allarmate.

Se gli edifici adiacenti all'impianto sono di difficile evacuazione come ospedali o case per anziani, l'eventuale evacuazione delle persone presenti dev'essere integrata nei piani d'intervento.

5 Entità del danno per lo scenario "fuga di liquidi"

5.1 Eventi determinanti

5.1.1 Premesse

Il danno determinante per lo scenario "fuga di liquidi" è l'inquinamento di acque superficiali. In casi eccezionali possono essere rilevanti anche gli effetti per le acque sotterranee e le captazioni dell'acqua potabile.

Affinché in seguito a una perdita possa verificarsi un inquinamento delle acque superficiali devono essere adempiute le seguenti condizioni marginali:

- l'area è dotata di una canalizzazione aziendale che sfocia direttamente o indirettamente in acque superficiali (evento 21) oppure
- l'area aziendale presenta superfici impermeabilizzate o una topografia tale che un prodotto o una miscela può giungere attraverso vie superficiali in acque superficiali (evento 22).

Se l'inquinamento delle acque superficiali o sotterranee può essere escluso, gli eventi 21 e 22 non sono rilevanti. La valutazione dell'entità dei danni può essere continuata con il capitolo 6 (esplosione).

5.1.2 Deflusso nella canalizzazione (n. 21)

Il deflusso nella canalizzazione è possibile soprattutto in seguito a tre sequenze d'eventi:

- se in seguito a una falla in un serbatoio il prodotto fuoriesce nel bacino e giunge, per esempio attraverso il drenaggio del bacino, nella canalizzazione aziendale. Se questa è collegata direttamente o indirettamente (per esempio tramite un separatore di olio) ad acque superficiali , le acque superficiali possono rimanere inquinate (sequenza 3-8-21);
- se a causa di una perdita in un serbatoio il prodotto fuoriesce oltre l'orlo del bacino (per esempio in seguito a getto libero o per trabocco) o se viene rilasciato durante un travaso e giunge tramite il drenaggio del sedime aziendale nella canalizzazione aziendale (sequenza 3-8-20-21);
- se in seguito a una falla nel serbatoio il bacino si riempie di prodotto al quale vengono aggiunte successivamente schiuma e acqua di spegnimento per impedire o spegnere un incendio del bacino, cosicché la capienza del bacino risulta insufficiente. Ciò comporta la tracimazione della schiuma dal bacino nell'area dell'impianto dalla quale può giungere nella canalizzazione aziendale (sequenza 3-7-10-(17)-20-21).

5.1.3 Deflusso in superficie (n. 22)

In linea di massima si possono verificare le stesse sequenze di eventi come nel caso del deflusso nella canalizzazione. La differenza risiede nel fatto che il prodotto fuoriuscito o la miscela non raggiungono la canalizzazione aziendale ma si espandono in superficie (sequenze degli eventi 3-8-20-22 e 3-7-10-(17)-20-22).

5.2 Valutazione della quantità di prodotto fuoriuscito

5.2.1 Procedimento

Nello scenario "fuga di liquidi" viene stabilita sulla scorta degli eventi determinanti la quantità di prodotto che fuoriesce da un serbatoio o da una condotta. Questo quantitativo si espanderà in modo differente a dipendenza dell'impianto. Una parte rimarrà trattenuta all'interno dell'impianto stesso (bacino, volume di ritenzione, avvallamenti, suolo), mentre la rimanenza fuoriesce dall'impianto, per esempio tramite la canalizzazione o in superficie. Questa parte rimanente può inquinare le acque o un'IDA e definisce quindi l'effettiva entità del danno.

Se le acque superficiali possono infiltrarsi in acque sotterranee, sussiste inoltre il rischio d'inquinamento dell'acqua potabile. L'entità del danno può in tal caso essere calcolata mediante l'indicatore "persone.mesi" (= durata inutilizzazione captazione x n. persone colpite). Quest'entità del danno dipende dalla dimensione dell'inquinamento e dalla quantità di captazione, sostanzialmente quindi dalla quantità di prodotto fuoriuscito, dalle condizioni del suolo nella zona

(comportamento d'infiltrazione, condizioni di flusso), dalla distanza tra l'impianto e la captazione dell'acqua potabile e dal numero delle persone allacciate.
Se nella zona di pericolo non vi sono captazioni d'acqua potabile, l'inquinamento dell'acqua di falda sfruttabile può essere stimato mediante i dati del potenziale consumo d'acqua per ottenere una valutazione per le acque sotterranee non utilizzate [1].

L'entità del danno che ne risulta dipende soprattutto dalle condizioni locali che presentano grandi differenze da un impianto all'altro. Mediante la presente definizione degli eventi determinanti è stata raggiunta una generalizzazione di base. Ciò, tuttavia, non esime l'esercente dell'impianto dalla verifica della validità degli scenari per il proprio impianto e di applicare eventualmente valutazioni proprie.

5.2.2 Deflusso nella canalizzazione (n. 21)

Errore di manipolazione nel drenaggio bacino
Un deflusso diretto nella canalizzazione può avvenire in seguito a una manipolazione errata del drenaggio del bacino qualora vi si trovi del prodotto fuoriuscito. La quantità di prodotto fuoriuscito nella canalizzazione dipende in tal caso dalla durata del drenaggio (accidentale) e dalla portata della pompa durante questo tempo. Per il worst case si stima un tempo di 15 minuti durante il quale un prodotto di olio minerale è pompato (condotto) inostacolato (inavvertitamente o in modo incontrollato) nella canalizzazione. Al più tardi dopo questo tempo, l'errore di manipolazione è riconosciuto e il deflusso bloccato. La quantità massima di prodotto nella canalizzazione risulta pertanto di:
quantità massima nella canalizzazione [m^3] =
15 min. x portata pompa (risp. deflusso) [m^3/min.]

L'ulteriore dispersione del prodotto fuoriuscito dipende dalla concezione della canalizzazione aziendale e dalle misure costruttive di ritenzione presenti nell'area dell'azienda. Se è possibile un arresto del drenaggio o la chiusura delle saracinesche, l'entità potenziale del danno può essere ridotta in corrispondenza.

Esempio 2: deflusso nella canalizzazione (n. 21)

Errore di manipolazione del drenaggio del bacino
In un impianto l'evacuazione delle acque dai 4 bacini viene effettuata tramite tubi di pompaggio con saracinesche manuali normalmente chiuse e bloccate. In seguito a un errore di manipolazione di questo sistema di drenaggio dei bacini il prodotto immagazzinato fuoriuscito viene pompato nella canalizzazione. Le misure di sicurezza dell'impianto consentono di riconoscere l'errore di manipolazione entro 15 minuti. Con una portata di pompaggio di 40 l/s la quantità massima di prodotto petrolifero che giunge nella canalizzazione può pertanto essere calcolata come segue:
quantità [m^3] = durata x portata di pompaggio = 15 minuti x 40 l/s = 15' x 60'' x 0.040 m^3/s = 36 m^3

La condotta di drenaggio dei bacini passa attraverso un separatore dell'olio con un volume di accumulazione di 30 m^3. Questa quantità rimane nell'accumulatore e potrà essere evacuata tramite pompaggio. I rimanenti 6 m^3 di olio minerale inquinano il ruscello collegato al troppopieno del separatore. La superficie massima inquinata risulta di:

superficie mass [km^2] = quantità fuoriuscita [m^3] x 0.0567 [km^2/m^3] = 0.340 [km^2] (vedi par. 5.3)

La conversione dell'entità in indice di incidente rilevante avviene in base alla fig. 8.1 o con la formula:
indice massimo di incidente rilevante n_3 per acque superficiali = ca 0.16

Conclusione
L'indice massimo di incidente rilevante è inferiore a 0.3, non occorrono quindi ulteriori accertamenti.

5.2.3 Deflusso in superficie (n. 22)

Getto libero oltre il bordo del bacino con falla nel serbatoio

In caso di perdita da un serbatoio con punto di fuoriuscita superiore alla sommità del muro del bacino è possibile che il getto libero oltrepassi il muro del bacino. Ne consegue uno spargimento in superficie del prodotto nell'impianto.

In considerazione di tale eventualità, le direttive CARBURA [4] prevedono prescrizioni sulle distanze minime tra il serbatoio e il muro del bacino. Lo scenario getto libero oltre il bordo del bacino è quindi rilevante soprattutto nel caso in cui tali distanze siano inferiori.

Per il calcolo dell'entità occorre dapprima stimare la quantità massima di prodotto fuoriuscito, la quale dipende sostanzialmente dalle dimensioni della falla, dall'altezza del muro del bacino, dalla distanza del serbatoio dal muro del bacino e dalla differenza d'altezza tra la perdita e il livello di riempimento del serbatoio. Con il modello semplificato della parabola di lancio è possibile valutare la quantità massima che supera il muro del bacino per un determinato impianto (cfr. esempio 3a).

L'ulteriore dispersione (in superficie) del prodotto fuoriuscito dipende essenzialmente dall'impianto considerato (topografia, grado di impermeabilizzazione, rete della canalizzazione ecc.) e dalle possibilità d'intervento, e dev'essere valutata distintamente per ogni impianto.

Debordamento

In caso di improvviso cedimento di un serbatoio e in presenza di un sufficiente livello di riempimento si forma un'ondata che si dirige verso il muro del bacino. Se l'onda vi si infrange con una certa velocità, una parte della quantità fuoriuscita può essere proiettata oltre il muro.

La sequenza temporale della proiezione oltre il muro del bacino dipende dalla natura della perdita del serbatoio (per es. collasso totale, scoppio di un giunto saldato o rottura di un passo d'uomo). Nel caso peggiore, ossia di cedimento totale, circa metà della quantità proiettata cade al suolo sul lato esterno del muro del bacino [27]. Poiché la quantità proiettata è al massimo pari al volume dell'ondata frontale, in caso di distanze e costruzione del bacino conforme alle prescrizioni la quantità di carburante traboccante risulta inferiore a 1 m^3.

L'esempio dimostra che questo scenario è di importanza subordinata, anche nel caso in cui immediatamente dietro al muro del bacino dovessero esservi delle acque superficiali o un pozzetto della canalizzazione.

Perdita durante il travaso o dalla condotta

Se durante le operazioni di travaso si verifica una perdita da una tubatura, la quantità massima di fuoriuscita viene calcolata in base alla portata attuale di pompaggio nella condotta o alla pressione statica e al tempo necessario fino all'arresto delle pompe o all'otturazione della falla. Sulla scorta delle misure di sicurezza esistenti (separatore dell'olio, volume di ritenzione) e delle condizioni topografiche è possibile valutare, per un dato impianto, la quantità di prodotto che si disperde in superficie e che eventualmente fuoriesce dall'impianto (cfr. esempio 3b).

Tracimazione del bacino

La tracimazione del bacino in seguito a una perdita del serbatoio non è possibile in caso di volume del bacino conforme alle prescrizioni, poiché deve sempre essere intercettabile almeno il volume utile del serbatoio maggiore. Una tracimazione è possibile solo se in caso di una perdita del serbatoio viene immesso nel bacino un volume supplementare, per esempio sotto forma di schiuma, acqua di spegnimento o di raffreddamento. Il rischio di tracimazione sussiste pertanto segnatamente nel caso in cui si tratta di bacini piccoli con scarsa riserva di volume o di bacini grandi con molti serbatoi che devono essere raffreddati in caso d'incendio. Le quantità di tracimazione vanno quindi valutate separatamente per ogni impianto in base ai bacini esistenti e alla concezione di spegnimento (incl. le quantità d'acqua utilizzabili).

Per la valutazione degli effetti occorre considerare una perdita nel più grande serbatoio pieno del bacino con la minore riserva di volume. Al volume di prodotto fuoriuscito va addizionato il volume della schiuma (prevenzione antincendio) e il volume di acqua di raffreddamento per gli altri serbatoi nel bacino. Per l'apporto di agente estinguente occorre ritenere una

durata di 1 ora. La durata dell'intervento dei pompieri va stimata in 2 ore, per apporto di acqua di raffreddamento almeno un quarto d'ora[D]. Dalla differenza tra il volume totale del prodotto fuoriuscito, dell'agente estinguente e dell'acqua di raffreddamento addotti e il volume del bacino risulta la quantità di tracimazione dal bacino.

5.3 Valutazione delle conseguenze

Acque superficiali (indicatore n_3)
Un'acqua superficiale è inquinata quando il carico superficiale è maggiore di 15 g di prodotto di olio minerale al m^2 (= 0.015 kg/m^2), indipendentemente dal tipo di prodotto. Questo valore limite [1] [E] consente, in base alla quantità stimata di prodotto nelle acque e alla sua densità, il calcolo della superficie delle acque inquinata. Per semplicità viene fissato per la densità delle sostanze un valore medio unitario di 850 kg/m^3. La formula per il calcolo della superficie delle acque inquinata sarà quindi:

Superficie [km^2] = (quantità fuoriuscita x densità della sostanza) /
valore limite = quantità fuoriuscita [m^3] x 0.0567 [km^2/m^3]

con densità sost. = 850 [kg/m^3] e
valore limite = 0.015 [kg/m^2].

Dato che i prodotti di oli minerali galleggiano in superficie, non avviene pressoché nessuna mescolanza e non si verificano sostanziali trasformazioni chimiche e biologiche, l'inquinamento di un volume d'acqua secondo [1] non è rilevante e viene quindi trascurato. La precedente formula per l'inquinamento di una superficie d'acque con idrocarburi può quindi essere impiegata in generale per le acque.

Acque sotterranee (indicatore n_4)
Giusta la direttiva UFAFP [1], l'inquinamento di acque sotterranee è riferito al pregiudizio dell'acqua potabile. Per l'inquinamento dell'acqua potabile fa stato l'ordinanza sulle derrate alimentari (ODerr). Il valore limite per prodotti di oli minerali è di 20 mg di idrocarburi per m^3 d'acqua. Partendo dal consumo specifico di acqua per persona (stima: 400 l/giorno = 12 m^3/mese) [16] l'inquinamento, risp. la durata di inutilizzazione di una captazione d'acqua potabile in persone.mesi [PM] possono essere calcolati come segue:

Persone.mesi
= (volume prodotto fuoriuscito x densità della sostanza) /
(consumo d'acqua x valore limite)
= volume prodotto fuoriuscito [m^3] x 3.5x10^6 [PM/m^3]

[D] Poiché i serbatoi in bacini in fiamme non vengono raffreddati, si presuppone un'adduzione per errore di acqua di raffreddamento per la durata di un quarto d'ora. Giusta DC 2.1 a) F6 vanno raffreddati i serbatoi esposti, segnatamente in bacini parziali adiacenti.

[E] Cfr. nota B, cap. 2.3.2

Esempio 3: deflusso in superficie (n. 22)

Esempio 3a: getto libero oltre il bordo del bacino con falla nel serbatoio

Un serbatoio pieno di 20 m d'altezza e 20 m di diametro (base = 315 m^2) perde sopra l'altezza del muro del bacino di 4 m. Il muro del bacino dista 5 m dal serbatoio, la distanza corrisponde pertanto alle direttive CARBURA (C 2.1.5). Con il modello della parabola di lancio (rapporto apertura falla e livello di riempimento < 1/100) si ottiene la quantità massima di fuoriuscita nell'area esterna al muro del bacino a una posizione della falla di 6.5 m (= mezza distanza del muro + altezza del muro). Tramite il getto libero fuoriesce nell'area dell'impianto oltre il muro del bacino il seguente volume massimo di prodotto:

volume mass. di fuoriuscita prodotto [m^3] = (livello massimo – distanza muro – altezza muro) x base serbatoio

= (20 - 5 - 4) x 315 = 3465 [m^3]

volume di fuoriuscita del prodotto entro 6 / 12 ore a una dimensione della falla di 0.0001 m^2 = 1 cm^2:

V (6 h) = 35 [m^3] V (12 h) = 70 [m^3]

A dipendenza dell'ulteriore dispersione sull'area (topografia, impermeabilizzazione), delle esistenti misure di sicurezza (volume di ritenzione) e dei dintorni dell'impianto (distanza dalle acque) l'entità dei danni dev'essere valutata singolarmente per ciascun impianto.

Conclusione

La quantità massima di fuoriuscita è raggiunta nel peggiore dei casi (worst case) quando il serbatoio è pieno, la piccola falla si trova a un'altezza sfavorevole e non è possibile per un tempo prolungato otturare la falla o deviare il getto di liquido nel bacino di contenimento. Lo scenario può essere rilevante segnatamente in caso di grandi serbatoi con muri bassi del bacino e una distanza ridotta tra il serbatoio e il muro del bacino. Con l'intervento delle squadre d'intervento in caso di catastrofe almeno entro alcune ore la quantità di fuoriuscita si riduce drasticamente. Il problema può così essere messo sotto controllo.

Esempio 3b: perdita durante il travaso o dalla condotta

Un impianto è dotato di una piazzola di travaso dove il carburante può essere travasato mediante condotte dai serbatoi in autocisterne o vagoni ferroviari. Durante il travaso si rompe una tubazione e per circa 10 minuti fuoriescono complessivamente circa 25 m^3 di olio combustibile. La piazzola di travaso è impermeabilizzata e viene drenata tramite un separatore di olio con un volume di 20 m^3. Il troppopieno scarica direttamente nel lago vicino. Grazie alle caratteristiche topografiche, nel sedime stesso possono essere trattenuti in superficie oltre ai 20 m^3 nel separatore d'olio altri 3 m^3 di olio combustibile. I rimanenti 2 m^3 defluiscono in superficie nel lago causando il seguente inquinamento:

superficie [km^2] = vol. fuoriuscita [m^3] x 0.0567 [km^2/m^3] = 2 x 0.0567 = 0.113 km^2 (secondo cap. 5.3)

La conversione di questo inquinamento in indice di incidente rilevante avviene in base alla fig. 8.1 o con la formula: indice massimo di incidente rilevante n_3 per acque superficiali = ca 0.02

Risultato

L'indice massimo di incidente rilevante è chiaramente inferiore a 0.3, non occorrono quindi ulteriori accertamenti.

Conclusione

Se quest'impianto non disponesse di un volume di ritenzione sotto forma di un separatore dell'olio, il volume di deflusso nel lago sarebbe di circa 22 m^3. L'inquinamento sarebbe circa 11x maggiore, il che porterebbe l'indice di incidente rilevante a circa 0.33. In un caso del genere sarebbero necessari ulteriori accertamenti (cfr. anche la tabella in allegato 3).

6 Entità del danno per lo scenario "esplosione"

6.1 Evento determinate

Per l'evento "esplosione nella canalizzazione" si parte dal presupposto che della benzina fuoriuscita da un bacino, un serbatoio o durante un travaso giunga nella canalizzazione pubblica. Ciò può accadere quando:

- la benzina (per esempio tramite il drenaggio del bacino) raggiunge la canalizzazione aziendale e successivamente la canalizzazione pubblica (sequenza degli eventi n. 3-8-21-23);

- la benzina si disperde sulla superficie impermeabilizzata dell'impianto, raggiungendo in seguito direttamente o indirettamente (tramite la canalizzazione aziendale) la canalizzazione pubblica (sequenza degli eventi n. 3-8-20-21-23).

Se in un impianto non viene immagazzinata benzina o se può essere escluso un collegamento tra un serbatoio di benzina con relativo bacino di contenimento o un punto di travaso e la canalizzazione pubblica, questo evento non è rilevante e non dev'essere ulteriormente approfondito.

Per impianti in cui è rilevante lo scenario "esplosione", viene trattata nel seguito una valutazione degli effetti sulle persone (cfr. anche esempio 4), mentre l'impatto sulle infrastrutture è trattato come caso speciale nel capitolo 7.3.

6.2 Calcolo dell'onda d'urto

Se la benzina giunge nella canalizzazione (o in altri vani chiusi come per esempio cunicoli di condotte), possono formarsi, a causa della sua volatilità e del basso punto di infiammabilità, miscele gassose esplosibili di benzina e aria che si diffondono lungo la canalizzazione. In caso di un successivo innesco di questa nube di gas (per esempio tramite scintille elettriche) può formarsi una forte onda di pressione che tuttavia decresce rapidamente per riflessione negli angoli e nelle diramazioni della rete di canalizzazione [6, 18]. A dipendenza del luogo d'esplosione, l'onda d'urto può nondimeno costituire un pericolo per le persone.

L'entità del danno di una tale esplosione dipende dalle caratteristiche della canalizzazione interessata (diametro, lunghezza, posizione ed esposizione) e dalle misure tecniche di sicurezza esistenti nell'impianto (per esempio bacino di ritenzione, segnalatore di gas, installazioni protette EX). Le conseguenze sono rilevanti segnatamente nel caso in cui in prossimità dell'impianto risulta una grande densità abitativa o costruttiva o se sono presenti importanti infrastrutture (cfr. anche il cap. 7.3 casi speciali con danni materiali in seguito a esplosione).

Vanno distinti due scenari [18]:

- in un piccolo tubo di canalizzazione (fino a un diametro di circa 400 mm) con una grande distanza (> 20 m) tra i punti di scarico (per es. pozzetti), l'accensione di vapori di benzina può dare origine a una detonazione che a causa dell'elevata sovrappressione iniziale di ca 25 bar può comportare un rischio per le persone o danni rilevanti alle sovrastrutture;

- in tubature fognarie di dimensioni maggiori, l'esplosione che si produce in seguito a un'eventuale accensione dei vapori di benzina raggiunge una sovrappressione iniziale di al massimo 7 bar.

In entrambi i casi la sovrappressione decresce rapidamente all'aperto (nel raggio di pochi metri), cosicché per la valutazione dell'entità del danno può essere assunta per entrambi i casi una sovrappressione iniziale di 7 bar.

6.3 Valutazione delle conseguenze

Il seguente diagramma (fig. 6.1) rappresenta i raggi d'azione per tre diverse sovrappressioni a dipendenza del volume infiammabile presente nella canalizzazione (secondo [6], cfr. anche esempio 4).

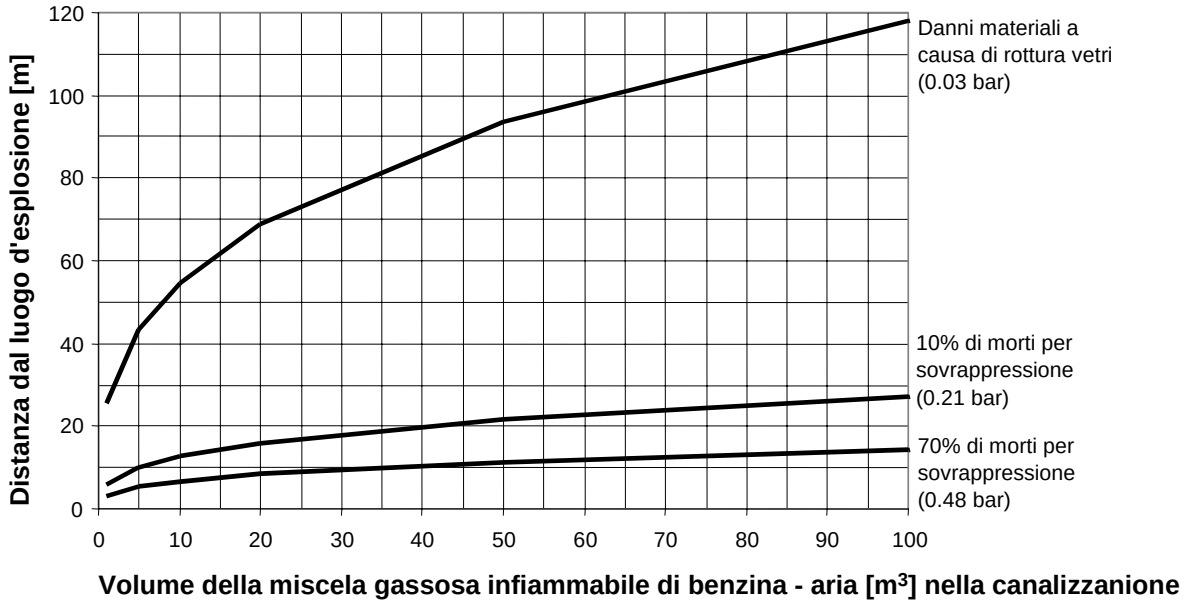


Fig. 6.1: Diagramma per la determinazione delle distanze con conseguenze in seguito a un'esplosione nella canalizzazione

I raggi $R_{0.21}$ (sovrappressione 0.21 bar) e $R_{0.48}$ (sovrappressione 0.48 bar) vanno riportati ai dintorni di un possibile luogo d'esplosione (risp. lungo la canalizzazione interessata). Tramite il rilevamento delle persone presenti può essere determinato il numero delle persone minacciate.

Per gli effetti delle onde di pressione sulle persone può essere fatto riferimento a [3]. I principali valori sono esposti qui di seguito.

Tab. 6.1: Criteri per la valutazione degli effetti di un'onda di pressione sulle persone [3]

Sovrappressione [bar]	**Effetto sulle persone**
1	95% morti e feriti all'aperto; 1% fissurazione polmonare
0.48	**70 % morti e feriti all'aperto (supposizione per la valutazione dell'entità: 70 % morti)**
0.34	25% morti e feriti all'aperto
0.21	**10 % morti e feriti all'aperto (supposizione per la valutazione dell'entità: 10 % morti)**
0.17	danni all'udito
0.02-0.03	possibili lesioni dovuti a frammenti di vetro

Esempio 4: esplosione nella canalizzazione (n. 23)

In un impianto, durante il trasbordo fuoriesce della benzina. Una parte della quantità fuoriuscita viene intercettata in un bacino di ritenzione, il resto si disperde sulle superfici impermeabilizzate dell'area dell'impianto e raggiunge la canalizzazione pubblica. Un segmento di 100 m di lunghezza della canalizzazione si riempie di vapori di benzina che si incendiano. Il tubo della canalizzazione presenta un diametro di 600 mm. Il volume della miscela gas-aria infiammabile nella canalizzazione risulta di:

V = 100 m x superficie della sezione del tubo = 100 m x $(0.3)^2 \times \pi$ = 28.3 m^3.

Dalla fig. 6.1 risultano raggi d'azione di $R_{0.48}$ = 10 m, $R_{0.21}$ = 18 m.

La canalizzazione pubblica segue il tracciato di una strada di transito con case d'abitazione sui due lati a una distanza di 20 m . Entro una distanza di 10 m si trovano al massimo 3 persone presenti casualmente, altre 5 persone entro 18 m. Ai sensi di un'ipotesi conservativa, per la valutazione dell'entità le persone negli edifici sono considerate come persone all'aperto.

Con questi dati, l'entità del danno per l'indicatore n_1 si calcola come segue:
all'interno di $R_{0.48}$ si trovano 3 persone. Il fattore di letalità è di 0.7 (70% morti). Tra $R_{0.48}$ e $R_{0.21}$ si trovano altre 5 persone (fattore di letalità 0.1). Le persone negli edifici si trovano all'esterno dell'isobara di 0.21 bar e quindi non entrano in considerazione.
Totale numero dei morti: (0.7 x 3) + (0.1 x 5) = 2.6 morti.

La conversione del numero dei morti in indice di incidente rilevante avviene in base alla fig. 8.1 (o con la formula): indice massimo di incidente rilevante n_1 = 0.3 x log(numero morti) = 0.3 x log(2.6) = 0.12.

Risultato

In seguito alle ridotte distanze d'azione risultano indici di incidente rilevante nettamente inferiori a 0.3. Non occorrono ulteriori accertamenti. Eventuali danni materiali vanno valutati separatamente.

7 Casi speciali

7.1 Esplosione di una nube di gas

7.1.1 Condizioni marginali

L'esplosione di una nube di gas è rilevante quando in un raggio di circa 150 m attorno all'impianto risulta un'elevata densità di popolazione con edifici abitativi e commerciali-artigianali oppure se vi si svolgono spesso eventi di grande richiamo. In questi casi, la valutazione va effettuata secondo la seguente descrizione.

7.1.2 Eventi determinanti

Evaporazione di una pozza: a dipendenza delle condizioni atmosferiche (temperatura, irraggiamento solare) e del vento, dalla benzina fuoriuscita può formarsi ed espandersi una nube di gas di grandezza variabile (cfr. fig. 7.1). Questo processo è determinato dalle proprietà termodinamiche del liquido. Maggiore è la temperatura dell'ambiente circostante e più è vicina all'intervallo di ebollizione del carburante, tanto più elevata è la tensione di vapore, ossia la volatilità della sostanza. La benzina, il cui intervallo di ebollizione si estende da ca 40C a 220°C e che inoltre ha un punto di infiammabilità basso (-20°C), può, per questi motivi, formare con l'aria miscele di gas esplosivi. Per contro, il cherosene, il gasolio e gli oli combustibili sono caratterizzati da un intervallo di ebollizione molto più elevato (da 140°C) e da un punto di infiammabilità maggiore (>30°C).

Le alte temperature estive determinano un elevato tasso di evaporazione. D'inverno, invece, il tasso d'evaporazione è ridotto in virtù delle basse temperature in seguito dalla minore durata dell'irraggiamento solare.

Nebulizzazione in seguito a perdita del tubo: il fenomeno della nebulizzazione risulta soltanto in caso di perdita con falla stretta e non è possibile con una rottura completa del tubo. Tale fenomeno si verifica per tutti gli oli minerali, ma è rilevante solo per la benzina. In caso di nebulizzazione si forma, in assenza di influenza del vento, una nube di goccioline le cui particelle in parte evaporano e in parte scendono lentamente al suolo (rain out) formando una pozza. La nube si comporta come una nube pesante di gas, simile alla nube di evaporazione di una pozza di combustibile o di carburante.

In considerazione della ridotta dimensione della perdita, l'entità del danno rimarrà comunque limitata localmente. Per lo scenario esplosione di una nube di gas rimane determinante l'evaporazione di una pozza.

7.1.3 Valutazione delle conseguenze (irraggiamento di calore, onda d'urto)

La dispersione della nube di gas pesante può essere stimata con modelli per gas pesanti, per esempio EFFECTS 2.0/4.0, HGSYSTEM 3.0 o FLACS.

Nella fig. 7.2 sono rappresentate le misure geometriche di possibili nubi di gas infiammabili in dipendenza della superficie di evaporazione. Per il calcolo della grandezza massima della nube di gas infiammabile con il programma EFFECTS 2.0 sono stati assunti i seguenti valori:

clima estivo (D5) con

velocità del vento	5	ms^{-1}
temperatura dell'aria	20	°C
classe di stabilità Pasquill	D (neutrale)	
rugosità del suolo	0.3	m

Per la valutazione delle conseguenze dell'irraggiamento termico di una nube di gas incendiata sulla popolazione si suppone che il 50% delle persone avvolte dalla nube vengano ferite mortalmente [2], mentre negli edifici risulterebbe minacciato solo il 10% [2] delle persone. In considerazione della breve durata di combustione, gli effetti dell'irraggiamento termico all'esterno della nube possono essere trascurati. Per le persone non c'è pericolo.

Per una valutazione dell'entità dei danni per irraggiamento termico è necessario determinare l'espansione massima di una nube di gas (secondo le fig. 7.1 e 7.2). Queste dimensioni vanno simulate tramite il rettangolo B x (L+R) e riportate alle adiacenze dell'impianto concreto. A seconda della direzione d'espansione e dell'esposizione risulta un'entità del danno diversa. Per la valutazione dell'entità è rilevante solo la direzione di espansione con la massima entità del danno.

L'impatto sulle persone e le infrastrutture di un'onda d'urto prodotta dall'accensione di una nube di gas possono essere determinate mediante [6]. I raggi dei singoli livelli di pressione dipendono dall'energia di combustione, ossia dalla massa esplodibile. La sovrappressione iniziale per la combustione deflagrativa all'aperto raggiunge al massimo 0.3 bar [20]. La fig. 7.2 rappresenta gli intervalli di pressione 0.21 bar (10% letalità) e 0.17 bar (danni all'udito) tramite le distanze massime E e D dal bordo del bacino (fig. 7.1), in dipendenza della superficie d'evaporazione (superficie del bacino).

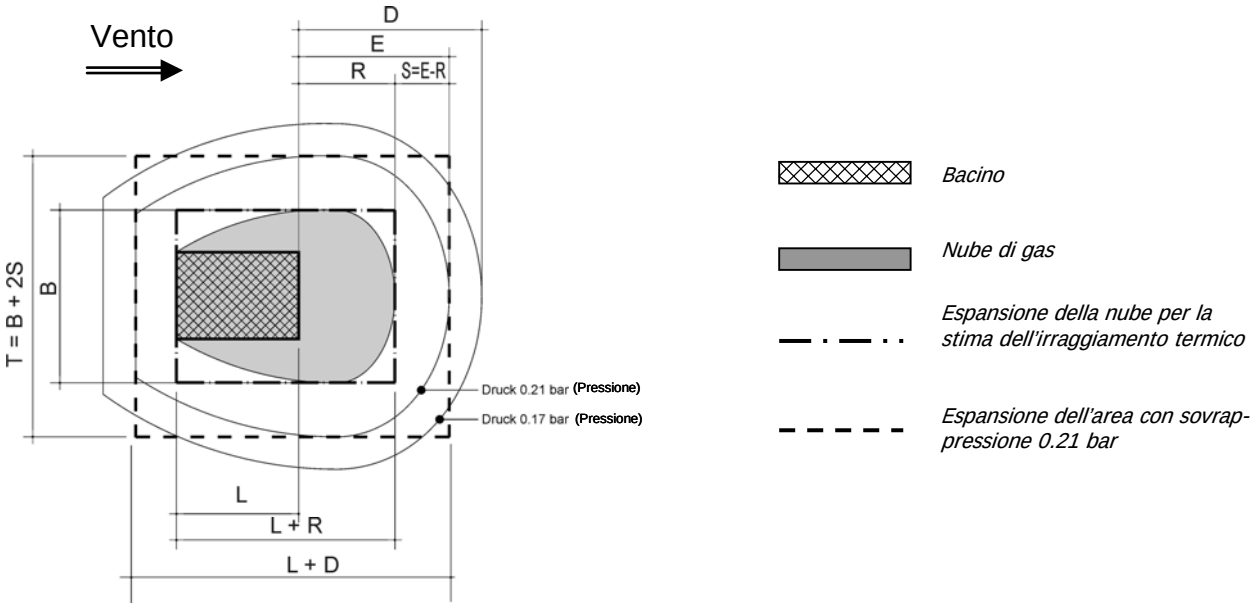


Fig. 7.1: Formazione di una nube di gas per evaporazione da un bacino di lunghezza L ed espansione della nube di gas infiammabile fino alla distanza R dal bordo della vasca. In seguito all'accensione si verifica un'esplosione di una nube di gas parzialmente localizzata con un'onda di pressione (distanza E dal bordo del bacino per 0.21 bar, distanza D dal bordo del bacino per 0.17 bar).

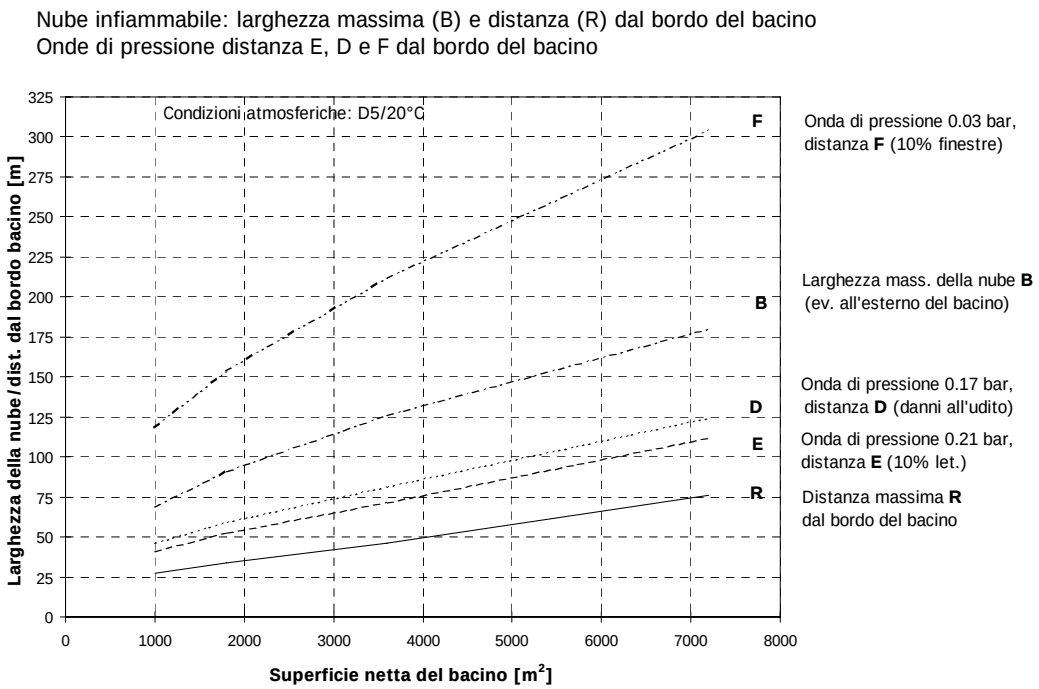


Fig. 7.2: Rappresentazione della larghezza B della nube e delle distanze massime della nube dal bordo del bacino R nonché degli intervalli di pressione E (0.21 bar), D (0.17 bar) e F (0.03 bar)

Per la valutazione dell'entità dei danni causati da onde d'urto, il rettangolo T x (L+D) secondo la fig. 7.1 va determinato in base alla fig. 7.2, riportando l'area di pressione alle adiacenze dell'impianto concreto. L'entità del danno risulta dal prodotto delle persone colpite nell'area e della letalità corrispondente. Il vento può soffiare da qualsiasi direzione. Per la determinazione dell'entità dei danni è quindi rilevante la posizione della zona di pressione con la massima entità dei danni.

7.2 Boil Over

7.2.1 Condizione marginale

Se in un deposito idrocarburi vengono immagazzinati olio grezzo, olio pesante, diesel o olio combustibile e se in un raggio di 300-400 m si trovano luoghi molto frequentati (per es. impianti sportivi, stazioni ferroviarie) o edifici difficilmente evacuabili (per es. ospedali, case per anziani), occorre esaminare l'impatto di questo scenario.

7.2.2 Valutazione delle conseguenze

Nelle bibliografie non si trovano indicazioni per il calcolo dell'entità del danno. Per questo motivo, sono stati analizzati gli incidenti con Boil Over finora avvenuti e raffrontati con quelli di un incendio di bacino. Da questa valutazione risulta che la minaccia letale di persone in seguito a irraggiamento termico dovuto a un Boil Over può essere rappresentata con buona approssimazione con lo scenario incendio del bacino. Per il calcolo del numero dei morti si fa quindi riferimento alle indicazioni del capitolo 4 e segnatamente alla fig. 4.1. Bacino determinante è considerato in questo caso il bacino con la superficie maggiore in cui si trovano serbatoi verticali contenenti olio grezzo, olio pesante, diesel o olio combustibile.

In caso di un'utilizzazione intensa del territorio in prossimità dell'impianto o in presenza di edifici difficilmente evacuabili si raccomanda inoltre la definizione di raggi d'evacuazione da considerare nei piani d'intervento (vedi cap. 7.2.3).

Anche per il calcolo di danni alle infrastrutture non si trovano indicazioni nelle bibliografie. Gli effetti sono però generalmente limitati localmente in una direzione (proiezione di frantumi) e possono quindi essere trascurati in sede di valutazione dell'entità dei danni rispetto agli effetti dell'irraggiamento termico.

7.2.3 Determinazione di raggi d'evacuazione

Per la determinazione dei raggi d'evacuazione si può fare capo a due approcci diversi:

A) Approccio teorico con il modello incendio del bacino

Dal calcolo dell'irraggiamento di calore di un Boil Over e dalla valutazione dei dati di incidenti risulta che l'incendio del bacino rappresenta una buona approssimazione per quanto concerne gli effetti del calore. Secondo [3] lesioni alle persone sono possibili sino a una distanza d'irraggiamento termico di 5 kW/m^2. Tale distanza è detta nel presente rapporto soglia del dolore. Tramite la fig. 4.1 viene determinato il corrispondente raggio R_s che indica la distanza di evacuazione entro la quale tutte le persone presenti sono esposte a pericolo.

B) Approccio del Ministero francese dell'ambiente

In [21] si trovano indicazioni su un raggio d'esposizione al pericolo determinato mediante una formula empirica d'approssimazione:

$$R[m] = 5.86 \times M^{1/3}$$

con M = 10% del contenuto massimo del serbatoio [kg]

Con questa formula risultano raggi maggiori rispetto all'approccio teorico. Tali raggi possono essere significativi in casi speciali, per esempio quando un evento va fuori controllo o se entro la circonferenza si trovano persone difficilmente evacuabili.

7.3 Danni materiali (indicatore n_6)

7.3.1 Condizione marginale

I danni materiali possono prodursi soprattutto se, in seguito a esplosioni, si verificano onde d'urto o proiezioni di frantumi:

- esplosione in una canalizzazione pubblica (all'esterno dell'area dell'impianto)
- esplosione di una nube di gas

e se importanti infrastrutture sono ubicate nelle immediate vicinanze dell'evento. Per la valutazione dell'entità dei danni gli effetti di un'onda di pressione sono determinanti rispetto alla proiezione di frantumi. Nel seguito viene quindi descritta più dettagliatamente solo la propagazione di un'onda di pressione e il suo impatto sugli edifici e gli impianti.

7.3.2 Valutazione delle conseguenze

Secondo la direttiva UFAFP [1], l'indicatore danni materiali è rilevante solo laddove tali danni non siano già considerati con un altro indicatore. Inoltre, non possono essere considerati i costi per le degenze in ospedale, le evacuazioni, le misure provvisorie e le interruzioni d'esercizio. Dato che il valore limite per un grave danno è di 50 milioni di CHF, si può ritenere che effetti di tale entità siano limitati a casi eccezionali (per es. minaccia di importanti infrastrutture). Questi possono essere stimati approssimativamente con la tab. 7.1 e la fig. 6.1.

Tab. 7.1: Criteri per la valutazione degli effetti di un'onda d'urto sulle infrastrutture [3]

Sovrappressione [bar]	Effetti sull'infrastruttura
1	distruzione di costruzioni industriali
0.48	**ribaltamento di carri merci**
0.34	99% danni strutturali a costruzioni
0.30	crollo di edifici
0.21	**50 % danni a costruzioni**
0.17	50% distruzione di murature
0.06-0.08	1% danni a edifici
0.02-0.03	**10 % dei vetri si infrangono**

8 Calcolo dell'indice di incidente rilevante

Scala delle entità (indice di incidente rilevante):

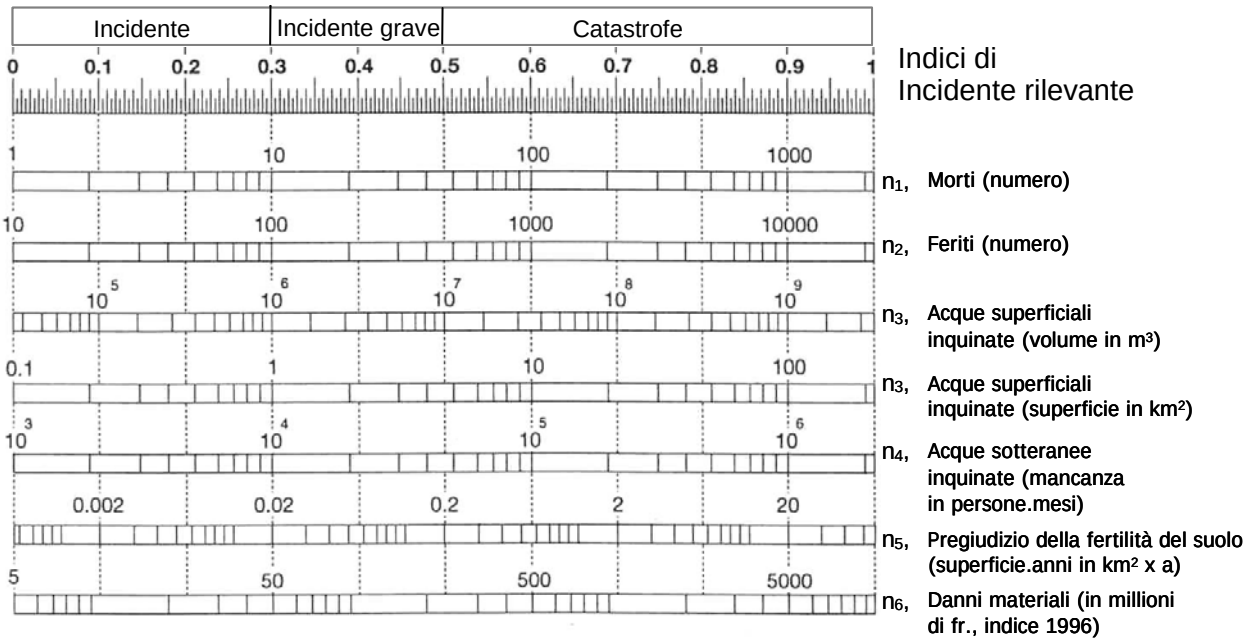


Fig. 8.1: Scala per la conversione degli effetti di un incidente rilevante nell'indice di incidente rilevante conforme alla direttiva UFAFP [1]

Le entità di danno ottenute possono essere convertite secondo la direttiva UFAFP [1] negli indici di incidente rilevante dei corrispondenti indicatori.

Gli indici di incidente rilevante n_1, n_3, n_4 e n_6 possono essere calcolati anche mediante le seguenti formule:

n_1 = 0.3 x log (numero morti)

n_3 = 0.3 x (log (superficie in km^2) + 1)

n_4 = 0.3 x (log (persone.mesi) - 3)

n_6 = 0.3 x (log (mln di CHF) - log 5)

L'allegato 3 propone la tabella A3, la quale indica l'entità per ciascun indicatore di danno che secondo la direttiva UFAFP (conversione secondo [1]) dà un indice di incidente rilevante di 0.3. Per esempio, per l'inquinamento delle acque viene calcolata la quantità di olio minerale necessaria per inquinare 1 km^2 di superficie delle acque, pari a un'entità del danno n_3 di 0.3. Per il calcolo vengono considerate le diverse proprietà delle sostanze, poiché i calcoli servono da riferimento per la valutazione dei risultati della valutazione dell'entità dei danni.

Allegati

Allegato 1 Bibliografia

Allegato 2 Glossario dei termini principali

Allegato 3 Entità del danno per l'indice di incidente rilevante 0.3 secondo la direttiva UFAFP

Allegato 4 Valutazione di impianti con serbatoi verticali in relazione a eventi sismici

Allegato 5 Elenco delle misure generali di sicurezza, modulo per l'esecuzione dell'art. 3 OPIR (rapporto breve parte 1)

Allegato 6 Modulo per la valutazione dell'entità dei danni (rapporto breve parte 2)

Allegato 1

Bibliografia

Bibliografia

[1] UFAFP, Richtlinie, Beurteilungskriterien I zur Störfallverordnung, Reihe Vollzug Umwelt, 1996

[2] UFAFP, Methodikbeispiel für eine Risikoermittlung einer Flüssiggastankanlage, Reihe Vollzug Umwelt, 1996

[3] DIREKTION DES INNERN DES KANTONS ZÜRICH, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, Schadenausmasseinschätzung, Referenzbeispiele und Hilfsmittel, 1992

[4] CARBURA, Richtlinien für Tankanlagen, 1974 (con aggiunta 1992)

[5] TNO, Methods for the Calculation of the Physical Effects Resulting from Release of Hazardous Materials (Liquids and Gases), CPR 14E-Report of the committee for the prevention of Disasters (Yellow Book), 3a ed. Voorburg, 1997

[6] VAN DEN BERG, A.C., The Multi Energy Method, A framework for vapour cloud explosion blast prediction, Journal of Hazardous Materials, Vol. 12, 1, 1985

[7] Ordinanza del 1° luglio 1998 contro il deterioramento del suolo (O suolo) RS 814.12

[8] CARBURA, Rahmenbericht über Stehtankanlagen für flüssige Brenn- und Treibstoffe im Hinblick auf die Störfallvorsorge, SKS Ingenieure AG, 1° ottobre 1992

[9] J.F.ROURE ET AL, Le Boil Over, in: Sciences et Techniques, n° 28, luglio-agosto 1996

[10] P.P.K.RAJ, Calculation of thermal radiation hazards from LNG fires, a review of the state of the art, AGA Transmission Conference, St. Louis, U.S.A., 1977

[11] TNO, estratto dalla banca dati FACTS sugli incidenti rilevanti, 1991 (non pubblicato)

[12] UFAFP, Mengenschwellen gemäss Störfallverordnung, Reihe Vollzug Umwelt, stato 1993

[13] K.S.MUDAN, Thermal radiation hazards from hydrocarbon poolfires, Prog. Energy Combust. Sci. 10, 1984

[14] A. SCHÖNBUCHER, D. GRÖCK, R. FIALA, X. ZHANG, Technische Überwachung, VDI Verlag vol. 33 n. 6, 1992

[15] VDI WÄRMEATLAS, 4a ed., VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1984

[16] STATISTISCHES AMT DES KANTONS ZÜRICH, Statistisches Jahrbuch des Kantons Zürich 1997

[17] F.P. LEES, Loss Prevention in the Process Industries, Hazard Identification, Assessment and Control, Butterworths, 1996

[18] W. BARTKNECHT, Explosionen, Ablauf und Schutzmassnahmen, Springer Verlag, 1993

[19] TNO, Methods for the Determination of Possible Damage (Green Book), Voorburg, prima edizione 1992

[20] GIESBRECHT H. ET AL, Analyse der potentiellen Explosionswirkung von kurzzeitig in die Atmosphäre freigesetzten Brenngasmengen, Chemie Ing Tech: 53, parte 2, 1981

[21] OBERRHEIN-KONFERENZ, Arbeitsgruppe Umwelt, Dritter Bericht über industrielle Risiken: Gefahrenpotentiale von Lägern für Kohlenwasserstoffe, 1995

[22] BROECKMANN B., SCHECKER H.G.: Heattransfer Mechanismus and Boilover in Burning Oil-water Systems, J. Loss Prev. Process Ind. vol. 8, n. 3, 1995

[23] INERIS, Retour d'expérience, Les Accidents dans les Dépôts d'hydrocarbures, Journée professionnelle, Lione, 1996

[24] HOMMEL, G., Handbuch der gefährlichen Güter, terza edizione 1988

[25] HOMMEL, G., Handbuch der gefährlichen Güter, nona edizione 1997

[26] VISINONI, G., Les apports du retour d'expérience pour la définition des scénarios de référence liés aux hydrocarbures, 1996

[27] PHELPS P.J., JURLIDINI R., The Computer Modelling of Tank Spills and Containment of Overflows, 7th Int. Symp. on Loss Prev. Process Ind., Taormina (I), maggio 1992

[28] SOCIETÀ SVIZZERA DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI; norma SIA 160, Azioni sulle strutture portanti, edizione 1989

[29] Ordinanza sul risanamento dei siti inquinati (ordinanza sui siti contaminati, OSiti) del 26 agosto 1998

[30] UFAFP, Istruzioni “Esame e riciclaggio del materiale di sterro (Istruzioni Materiale di sterro)”, Serie Ambiente-Esecuzione, dicembre 2001

[31] UFAFP, “Erdbebensicherheit bestehender unverankerter Stehtanks, Beurteilung aus der Sicht der Störfallverordnung“, studio di RÉSONANCE Ingénieurs-Conseils SA su mandato UFAFP, 2003

[32] KANTON ZÜRICH, Checkliste CL2 des Zürcher Behelfs "Erdbeben und Störfallvorsorge", ottobre 2001

[33] API 650 „Welded Steel Tanks for Oil Storage“, Appendix E, American Petroleum Institute, 10a edizione nov. 1998, addendum 1° marzo 2000.

[34] MALHOTRA P. Practical Nonlinear Seismic Analysis of Tanks, Earthquake, Spectra, vol. 16, 473-492, 2000.

[35] SOCIETÀ SVIZZERA DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI; norma SIA 261, Azioni sulle strutture portanti, edizione 2003

[36] EUROCODICE 8, parte 4: silos, serbatoi e tubazioni. Norma europea sperimentale ENV 1998-4, Allegato A. Comitato Europeo di Normalizzazione, Bruxelles, 1998.

[37] Ordinanza del 1° luglio 1998 contro l’inquinamento delle acque con liquidi nocivi (Oliq) (stato 15 dicembre 1998)

[38] CONCAWE, environmental classification of petroleum substances – summary data and rationale, report n. 01/54, Bruxelles, ottobre 2001 (v. www.concawe.org)

[39] CONCAWE, classification and labeling of petroleum substances according to the EU dangerous substances directive (CONCAWE recommendations – luglio 2005), report n. 6/05, Bruxelles, agosto 2005 (v. www.concawe.org)

[40] SOCIETÀ SVIZZERA DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI; norma SIA 260, Basi per la progettazione di strutture portanti, edizione 2003

Allegato 2

Glossario dei termini principali

Glossario dei termini principali

Canalizzazione
Nel presente rapporto, per canalizzazione si intende sia la canalizzazione aziendale sia la canalizzazione pubblica. Per le valutazioni dell'entità dei danni nell'impianto o sul suolo pubblico adiacente sono d'interesse soltanto gli impianti di canalizzazione che potrebbero essere toccati da un evento (generalmente la canalizzazione delle acque meteoriche).

Deflagrazione o reazione esplosiva non violenta
Esplosione relativamente lenta di miscele infiammabili di gas e aria, la cui sovrappressione iniziale dipende dal tipo di gas, dalla quantità di massa esplosibile e dalle condizioni ambientali (per esplosioni di nubi di gas semiconfinate all'aperto 0.3 bar, per un'esplosione nella canalizzazione 7 bar).

Detonazione
Esplosione percussiva estremamente rapida di miscele di aria e gas infiammabili con propagazione supersonica del fronte delle fiamme. La sovrappressione iniziale e la pressione d'urto possono raggiungere valori molto elevati per esempio in canalizzazioni di piccolo diametro.

Entità del danno
L'evento di uno scenario comporta diversi effetti sulla popolazione e l'ambiente (irraggiamento termico, inquinamento delle acque, onde d'urto). Questi effetti causano dei danni la cui entità è espressa dall'entità del danno.

Esplosione
Esplosione è un termine generico per un'improvvisa liberazione d'energia in seguito a una reazione rapida di ossidazione o decomposizione. Essa causa un rapido aumento della temperatura, onde di pressione e onde d'urto. Nel presente rapporto, l'espressione è utilizzata come concetto superiore per la deflagrazione e la detonazione.

Incidente rilevante
Nel presente rapporto è definito incidente rilevante un evento straordinario in cui vengono immessi nell'ambiente in modo incontrollato combustibili e carburanti con un notevole impatto all'esterno dell'area dell'impianto.

Indicatore del danno
Gli indicatori del danno sono strumenti ausiliari per una rappresentazione e valutazione uniformi dell'entità dei danni per i settori ambientali e le persone potenzialmente colpiti da un incidente rilevante. L'impiego di indicatori del danno consente in particolare una descrizione sufficiente dei danni conseguenti a pressoché la totalità dei tipi di incidente rilevante e quindi un paragone tra i diversi impianti. Gli indicatori sono stabiliti in una direttiva UFAFP come segue [1]:

n_1	morti	rischio umano
n_2	feriti	rischio umano
n_3	acque superficiali	inquinamento superficie/volume
n4	acque sotterranee	indisponibilità captazione acqua potabile
n5	suolo	pregiudizio della fertilità del suolo
n6	valori materiali	danni materiali in milioni di CHF

Indice di incidente rilevante
L'indice di incidente rilevante è una grandezza normalizzata per l'entità calcolata e corrisponde per tutti gli indicatori a un valore tra 0 e 1. La conversione è definita nella direttiva UFAFP [1]. Con l'indice di incidente rilevante viene valutata l'entità. Il valore limite per un incidente grave, in cui non si possono escludere gravi danni alle persone e all'ambiente, è di 0.3.

Letalità
Per letalità si intende la quota di persone di un gruppo colpito che viene mortalmente ferita in seguito a influssi esterni (per es. sostanze tossiche, incendio, onde di pressione). In caso di incidenti rilevanti in impianti con serbatoi, per le persone sono determinanti le letalità per irraggiamento termico o le onde di pressione.

Raggio di letalità
La distanza dal centro di un incidente rilevante al punto di una data letalità è detta raggio di letalità. Pertanto, una letalità del 50% a una distanza di 100 m (R_{50} = 100 m), significa che a una distanza di fino a 100 m dal luogo dell'incidente rilevante il 50% delle persone presenti è ferito mortalmente. Le persone che si trovano più vicine al luogo dell'incidente rilevante sono più esposte al rischio. Per semplicità nel presente rapporto sono considerati solo i raggi di letalità 1%, 50% e 99%.

Scenari di incidenti rilevanti
Gli scenari rappresentano una sequenza di cause ed effetti assunti sulla scorta della situazione reale dell'impianto e dei suoi dintorni che possono causare effetti notevoli e da ciò eventualmente danni alla popolazione o all'ambiente.

Allegato 3

Entità del danno per l’indice di incidente rilevante 0.3 secondo la direttiva UFAFP

Entità del danno per indice di incidente rilevante (INIR) 0.3 giusta la direttiva UFAFP [1]

Indicatore	Valore limite per INIR= 0.3	Entità del danno per INIR = 0.3*	
		benzina	**olio c./cherosene/diesel**
n_1 morti	10 morti	**incendio: 15 pers. in R_{50} o 67 pers. tra R_1 e R_{50}**	
		esplosione: 14 pers. in $R_{0.48}$	**nessuna esplosione poss.**
n_2 feriti	non considerati per la valutazione dell'entità dei danni (livello rapporto breve)		
n_3 acque superficiali	inquinamento di 10^6 m^3 o 1 km^2 (10^6 m^2) è considerato inquinamento:	densità: benzina: ρ = 720-770 kg/m^3	densità: olio c.: ρ = 860 kg/m^3 cheros.: ρ = 750-850 kg/m^3 diesel: ρ = 815-855 kg/m^3
	A) > 15 g prodotto petrolifero per m^2 superficie acque	A) **quantità necess.: 15 t** vol. benzina: 19-21 m^3	A) **quantità necess.: 15 t** vol. olio c.: 17 m^3 vol. cheros.: 17-20 m^3 vol. diesel: 17-18 m^3
caso B) rilevante solo in condiz. particolari (p. es. importanti riserve ittiche)	B) > LC_{50} per ido[1] (secondo tab. 2.3) s. pb 95 = 2-120 mg/l s. pb 98 = 2 mg/l olio c. EL = 120-264 mg/l cherosene = 120-175 mg/l diesel = 120-160 mg/l	B) **quantità necess: [1]** **senza piombo 95: 2-120 t** volume: 2.5 - 167 m^3 senza piombo 98 2 t volume 2.5 m^3	B) **quantità necess.:[1]** **olio comb.: 120-264 t** volume: 140-307 m^3 **cherosene: 120-175 t** volume: 141-233 m^3 **diesel: 120-160 t** volume: 140-196 m^3
n_4 acque sotterranee	indisponibilità di una captazione d'acque sotterranee per 10^4 persone.mesi [PM] la captazione è inutilizzabile se • la concentrazione nella presa d'acqua AS > valore limite giusta ODerr art. 275	valore limite: 20 mg/m^3 consumo d'acqua: 400l/mp 10'000 PM = 120'000 m^3 **quantità necess.: 2.4 kg** volume di benzina: ca 3.1-3.4 l	valore limite: 20 mg/m^3 consumo d'acqua: 400l/mp 10'000 PM = 120'000 m^3 **quantità necess.: 2.4 kg** volume olio c.: ca 2.8 l volume cheros.: ca 2.8-3.2 l volume diesel: ca 2.8-2.9 l
n_6 danni materiali	danni materiali per 50 mln di CHF. applicabile per danni: • all'esterno dell'area aziendale • a infrastrutture, edifici ecc. non applicabile a: • costi di risanamento • costi di evacuazione ecc.	danni materiali in seguito a esplosione nella canalizzazione, limiti d'accensione: 0.6 - 8 vol% stima costi: - ca 1000.-/m canalizzazione - danni alle infrastrutture secondo uso e costruzione **lunghezza canalizzazione necessaria: 50 km distrutti**	nessuna esplosione possibile altri danni per importi di milioni improbabili

*** Indicazioni (grassetto): quantità determinanti per indice di incidente rilevante 0.3**

[1] : per altre specie, per es. trota iridea, i valori possono essere notevolmente più bassi

Allegato 4

Valutazione di impianti con serbatoi verticali in relazione a eventi sismici

Valutazione di impianti con serbatoi verticali in relazione a eventi sismici

1. Introduzione

Gli impianti con serbatoi verticali vengono costruiti e gestiti da decenni su ampia scala in tutto il mondo. Anche se si differenziano per dimensione e dettagli, sono pur sempre costruzioni staticamente piuttosto semplici per il deposito di carburanti e combustibili liquidi. Ciò consente di far capo a esperienze a livello mondiale per quanto concerne i serbatoi verticali, segnatamente per la valutazione degli effetti da terremoti. Con l'obiettivo di riconoscere con criteri possibilmente semplici i serbatoi verticali a prova sismica (lista di controllo), l'UFAFP ha fatto svolgere uno studio comparativo degli esistenti e attuali metodi di valutazione [31]. I risultati dedotti in vista della valutazione dei rapporti brevi sono riassunti nel seguito.

2. Comportamento di serbatoi verticali esposti all'effetto di eventi sismici

La particolarità di serbatoi verticali rispetto ad altre opere edili è la grande incidenza del "carico utile", ossia della massa di merce depositata rispetto alla massa totale dell'opera edile. Il comportamento di serbatoi verticali esposti all'effetto di eventi sismici dipende quindi in larga misura dal grado di riempimento. Per la valutazione dal punto di vista della prevenzione degli incidenti rilevanti si parte dal presupposto di un serbatoio pieno. In considerazione della tecnica costruttiva usuale nell'industria petrolifera, le seguenti osservazioni si riferiscono unicamente a serbatoi verticali non ancorati. La valutazione del loro comportamento in caso di terremoto (fig. 1) richiede calcoli assai più complessi che per i serbatoi ancorati. Per la valutazione dei serbatoi verticali ancorati si raccomanda il ricorso ai calcoli facilmente effettuabili in base alle norme europee.

3. Norma attuale di dimensionamento (SIA 261 [2003])

La norma SIA 261 "Azioni sulle strutture portanti" (2003) [35] tratta nel capitolo 16 anche gli effetti dei terremoti in dipendenza di zone sismiche definite, condizioni del terreno di fondazione e classi d'opera (CO). Giusta la norma SIA 261, la Svizzera è suddivisa nelle 4 zone sismiche Z1, Z2, Z3a e Z3b. L'assegnazione geografica risulta dall'appendice F alla norma. A ogni zona è associato per un terremoto di dimensionamento (design earthquake, con un periodo di ritorno di riferimento di 475 anni) un valore quantificato dell'accelerazione orizzontale del terreno. Le accelerazioni minori risultano nella zona Z1, le maggiori nella zona Z3b.

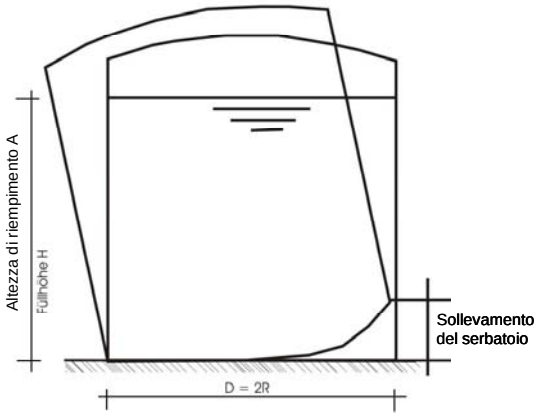


Figura 1: Sollevamento del serbatoio non ancorato

L'influsso delle condizioni del terreno di fondazione va considerata mediante la classificazione dell'ubicazione dell'impianto con serbatoi in una delle classi di terreno A - F secondo la tabella 25 della norma.

Inoltre, giusta la norma SIA 261, le costruzioni con un rischio "limitato" per l'ambiente vanno attribuite alla CO II, e quelle con un rischio "considerevole" alla CO III. Nel presente allegato i serbatoi con contenuto difficilmente infiammabile (olio combustibile, diesel, cherosene) sono attribuiti alla CO II e i serbatoi di benzina alla CO III.

Gli obiettivi di protezione di un'opera edile sono definiti nelle norme SIA 260 [40] e SIA 261 [35]. Per le opere dev'essere comprovata la sicurezza strutturale, considerando un periodo di ritorno del terremoto di progetto rilevante per costruzioni senza particolare importanza (CO I) di 475 anni, pari a una probabilità di emanazione del 10% in 50 anni. Per le CO II e III il terremoto di dimensionamento per CO I viene moltiplicato con un fattore di rilevanza 1.2 risp. 1.4, il che prolunga il periodo di ritorno del terremoto di progetto a circa 800 anni per la CO II e circa 1'200 anni per la CO III.

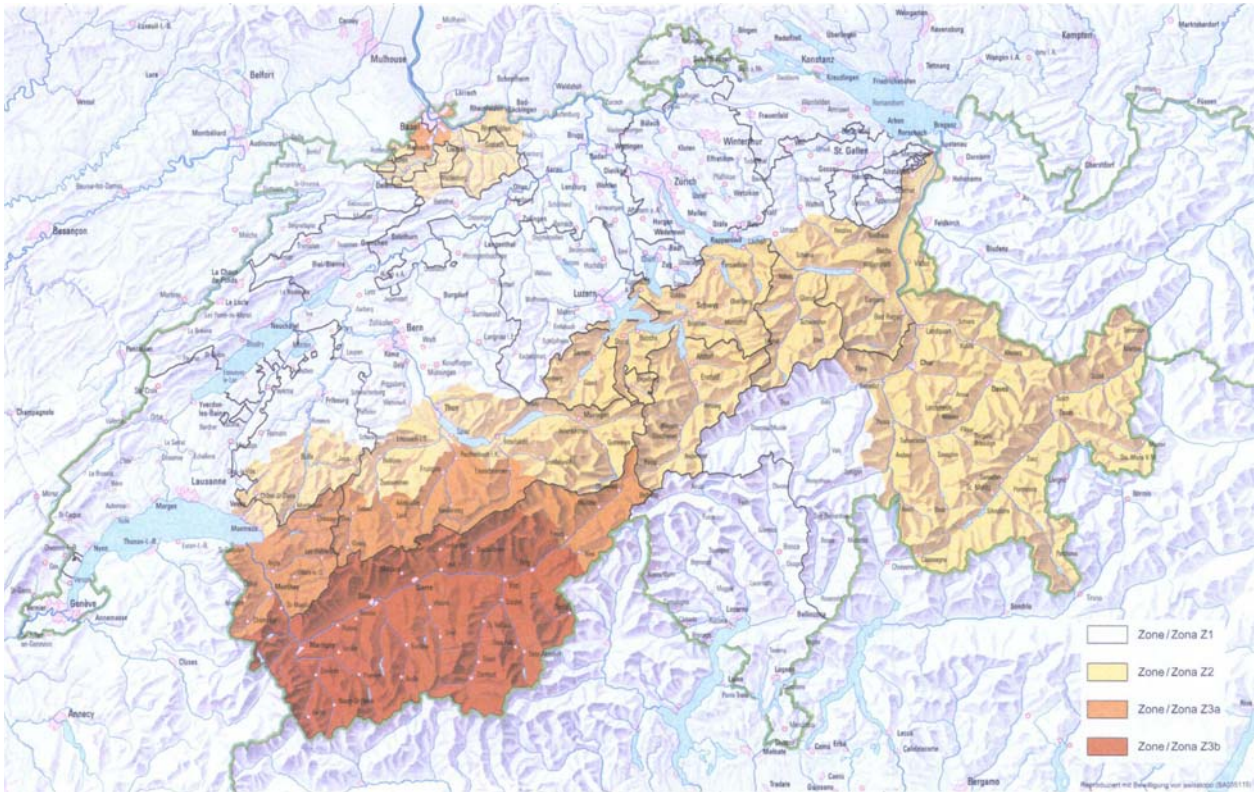


Figura 2: Visione d'assieme zone di rischio sismico [35]

4. Comparazione dei metodi di valutazione

Nello studio menzionato [31] sono stati ricalcolati in base alle più recenti conoscenze alcuni serbatoi verticali non ancorati caratteristici per la Svizzera per quanto concerne il rapporto altezza/raggio (A/R) progettati in base alle norme SIA relative al carico e alla costruzione precedentemente vigenti. In particolare sono stati utilizzati i seguenti metodi:

- la checklist CL2 del Zürcher Behelf [Vademecum zurighese] "Erdbeben und Störfallvorsorge" dell'ottobre 2001 [32]
- l'allegato informativo A dell'Eurocodice (EC) 8, parte 4, stato 1998 [36]. Questo codice è considerato "stato della tecnica"
- lo standard americano API 650, stato 2000 [33]
- il calcolo nonlineare secondo Malhotra (2000) [34]. Questo metodo è considerato alla redazione del presente rapporto "stato della scienza".

Un collegio d'esperti composto da un costruttore di serbatoi e tre ingegneri sismici è giunto alla conclusione che un serbatoio non ancorato presenta una sufficiente sicurezza antisismica in relazione a danni d'incidente rilevante se è data la prova sismica giusta l'Eurocodice 8 o un metodo di riconosciuta corrispondenza allo stato della scienza (per es. secondo Malhotra). Questa conclusione appare plausibile e sufficientemente conservativa anche alla luce di ricerche statistiche su danni sismici a serbatoi verticali non ancorati.

In base ai calcoli effettuati sono stati sviluppati i seguenti diagrammi di flusso mediante i quali è possibile determinare senza calcolo i serbatoi verticali non ancorati esistenti con sicurezza antisismica sufficiente ad evitare danni d'incidente rilevante.

5. Valutazione di serbatoi verticali esistenti

I seguenti diagrammi di flusso delle figure 3, 4 e 5 si applicano a serbatoi non ancorati esistenti, di tecnica costruttiva "usuale". Il termine "usuale" è qui definibile solo indirettamente.

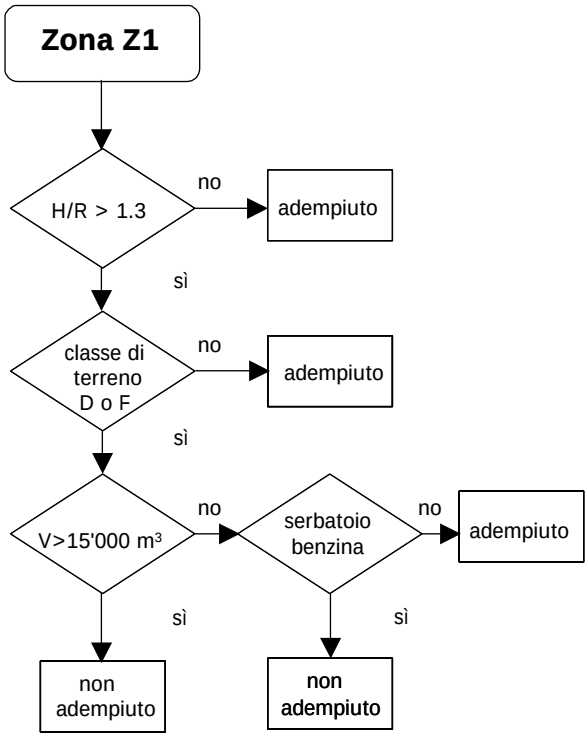


Figura 3: Diagramma di flusso per la zona Z1

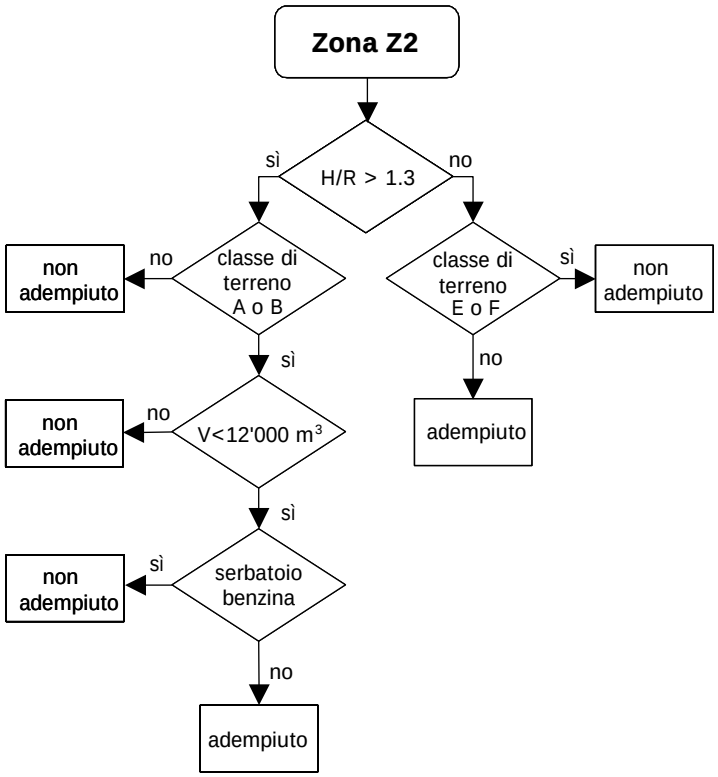


Figura 4: Diagramma di flusso per la zona Z2

Inusuale" sarebbe per esempio un serbatoio con un'altezza del mantello considerevolmente superiore a 26 m, o un serbatoio molto snello con un rapporto di A/R > 4. Per i serbatoi con dimensioni inusuali si deve ritenere, in assenza di prova speciale (vedi par. 6), che non adempiono i criteri di prova e che quindi, in caso d'evento, ne fuoriesce il liquido. Per i serbatoi ancorati si applicano i calcoli di facile esecuzione giusta l'Eurocodice 8.

Al fine di mantenerli possibilmente semplici e di facile impiego, i diagrammi di flusso non sono stati allestiti per impianti con serbatoi completi ma soltanto per singoli serbatoi. Vanno quindi controllati con un diagramma di flusso tutti i serbatoi di un impianto con serbatoi. "Adempiuto" significa che il relativo serbatoio può essere considerato senza ulteriore calcolo – per quanto concerne i danni d'incidente rilevante in caso di evento sismico giusta la norma SIA 261 (2003) [35] – a prova sismica. Il risultato "Non adempiuto" significa che il serbatoio pieno non può essere considerato senz'altro non problematico. In tal caso si procede come per un serbatoio verticale nuovo (vedi par. 6).

La maggior parte dei serbatoi usuali in Svizzera supererebbero un terremoto di dimensionamento della zona Z1. Fanno eccezione i serbatoi con A/R > 1.3 su terreno di fondazione di classe D ed eventualmente F, che inoltre sono voluminosi o contengono benzina.

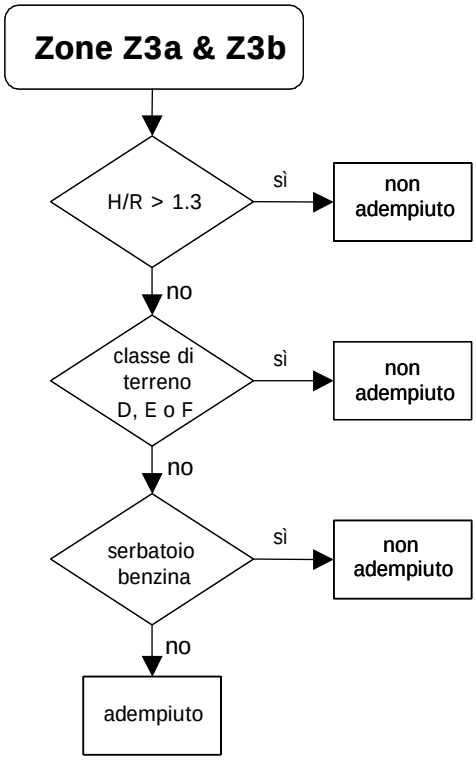


Figura 5: Diagramma di flusso per le zone Z3a & Z3b

I serbatoi molto compatti resisterebbero a un terremoto di progetto della zona Z2 quando non sono ubicati in un terreno di classe E o F. I serbatoi nella zona Z2 con A/R > 1.3 sono a priori a prova sismica solo se si trovano su un terreno di fondazione della classe A o B (assai raro!), non sono molto voluminosi e inoltre non contengono benzina.
Nelle zone Z3a e Z3b possono essere definiti a priori a prova sismica solo i serbatoi che risultano allo stesso tempo molto compatti, si trovano su un terreno di fondazione della classe A, B o C e inoltre non contengono benzina.

6. Valutazione di nuovi serbatoi verticali

In caso di nuova costruzione o trasformazione di un serbatoio verticale va prodotta in ogni caso una prova dettagliata della sicurezza antisismica. Ciò vale anche per i serbatoi verticali che in base ai diagrammi di flusso sopra indicati presentano il risultato "Non adempiuto".

La prova va fornita con l'ausilio di calcoli secondo Eurocodice 8 [36], Malhotra [34] o un altro metodo riconosciuto e di comprovata corrispondenza allo stato attuale della scienza.

7. Bacini di contenimento

In Svizzera, i serbatoi per oli minerali sono generalmente collocati in un bacino di contenimento. In caso di 5 o più serbatoi nello stesso bacino, la sua capienza deve corrispondere almeno al maggiore dei seguenti valori delle direttive Carbura [4], risp. dell'ordinanza contro l'inquinamento delle acque con liquidi nocivi (Oliq) [37]:

- 40 % del volume di tutti i serbatoi nello stesso bacino (cfr. [4]) o
- volume del serbatoio maggiore nel bacino (cfr. [4] e [37]).

Per i serbatoi verticali costruiti prima del 1972 valgono in parte norme divergenti. Se un bacino di contenimento è in grado di trattenere tutto il liquido che fuoriesce dai serbatoi perdenti in seguito a un evento sismico, non risulterebbe un danno d'incidente rilevante. Da ciò consegue che, dal punto di vista dell'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti, il danno è irrilevante se il volume esistente del bacino è maggiore del volume complessivo dei serbatoi non a prova sismica e fintanto che il bacino di contenimento rimane intatto. Questa condizione si basa sul caso più sfavorevole con tutti i serbatoi a rischio sismico pieni. Dovrà essere valutato nel singolo caso se è opportuno allentare lievemente questa condizione laddove è improbabile che tutti i serbatoi a rischio siano contemporaneamente pieni.

Il bacino può essere racchiuso mediante muri o dighe in terra battuta senza interruzione. Le opere di protezione sono generalmente costruzioni robuste in grado di resistere adeguatamente alle sollecitazioni di un evento sismico. I singoli elementi sono predisposti a una pressione unilaterale del liquido. Per motivi co-

struttivi, nei muri perimetrali, lo strato di armatura esterno è generalmente solo insignificativamente più debole dell'armatura all'interno del bacino. La sollecitazione dovuta alla pressione del liquido è di regola maggiore delle forze che si manifestano in caso d'evento sismico. Si può anche assumere che in caso di terremoto inizialmente le vasche siano vuote. Le eventuali costruzioni giuntate devono essere in grado di assorbire i reciproci spostamenti di elementi di muratura adiacenti senza spaccarsi.

Il gruppo d'esperti è giunto alla conclusione che in Svizzera si può partire generalmente dal presupposto che i bacini di contenimento nelle zone sismiche 1 e 2 rimangono intatti in caso di un terremoto di dimensionamento giusta la norma SIA 261.

Nelle zone 3a e 3b, per contro, non è possibile una siffatta affermazione generale. In queste zone occorre produrre la corrispondente prova.

8. Procedimento per serbatoi che non adempiono i criteri

Il risultato "Non adempiuto" nei diagrammi di flusso significa che il serbatoio pieno non può essere definito a priori non problematico e che occorre pertanto una prova singola o del serbatoio o mediante calcoli secondo EC 8 [36], Malhotra [34] o un altro metodo riconosciuto e di comprovata corrispondenza allo stato della scienza se la capienza e/o la resistenza antisismica del bacino di contenimento risulta insufficiente.

"Adempiuto" per contro significa che il relativo serbatoio può essere considerato senza ulteriore calcolo – per quanto concerne i danni d'incidente rilevante in caso di evento sismico giusta la norma SIA 261 (2003) [35] – a prova sismica.

9. Osservazione conclusiva

Le indicazioni sulle probabili forze dei terremoti giusta la norma SIA 261 sono vincolate, in base all'uso internazionale, a una probabilità di emanazione del 10% entro 50 anni. Il corrispondente periodo di ritorno di 475 anni è utilizzato in diverse norme edilizie per il dimensionamento di opere dell'edilizia usuali (CO I secondo la norma SIA 261). Con la scelta della classe d'opera CO II per serbatoi per olio combustibile e CO III per serbatoi di benzina, questi valori vengono di fatto aumentati e ammontano per la CO II a ca 800 e per la CO III a ca 1200 anni.

Allegato 5

Elenco delle misure generali di sicurezza
Modulo per l'esecuzione dell'art. 3 OPIR (rapporto breve parte 1)

Allegato 5

Elenco delle misure generali di sicurezza (rapporto breve parte 1)

Sommario:

Riassunto e firma 2

Introduzione e osservazione preliminare per la compilazione 3

Indicazioni generali 4

1. Descrizione dell'impianto 5
   - 1.1 Indirizzi
   - 1.2. Indicazioni relative all'azienda / impianto
   - 1.3. Assicurazioni cose e responsabilità civile dell'azienda
   - 1.4 Indicazioni sui dintorni dell'impianto
   - 1.5 Indicazioni su altre sostanze depositate e rifiuti speciali
   - 1.6 Annessi 1 e 2

2. Protezione antincendio 16

3. Altre misure di sicurezza 21

4. Organizzazione d'allarme e pianificazione degli interventi 26

5. Coordinamento con altri settori 29
   - 5.1 Protezione delle acque (segnatamente Oliq)
   - 5.2 Polizia del fuoco (segnatamente VKF/AICAA)
   - 5.3 Protezione contro le esplosioni (segnatamente WeT/DeDC)
   - 5.4 Protezione dell'aria (segnatamente OIAt con tema bilanciamento dei gas)
   - 5.5 Sicurezza sul lavoro (legge sul lavoro, legge sull'assicurazione contro gli infortuni)

6. Controllo visivo della funzionalità della costruzione del bacino 32

   Allegato: funzionalità della costruzione del bacino

7. Evento sismico 36

Riassunto e firma:

Azienda:	
Recapito di corrispondenza:	
Rappresentante dell'azienda: Nome: Tel.:	
Incaricato della sicurezza: Nome: Tel.:	
Allegati:	
Il sottoscritto attesta che le indicazioni sono complete e veritiere: Luogo/data:	Timbro/firma: _____

Abbreviazioni utilizzate per le ordinanze e le direttive

DC	CARBURA Richtlinien für Tankanlagen [Direttive per impianti con cisterne], stato agosto 1992
OPIR	Ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti, 27.2.91
Oliq	Ordinanza contro l'inquinamento delle acque con liquidi nocivi, 1.7.98
OIAt	Ordinanza contro l'inquinamento atmosferico, 16.12.85

Altre basi importanti per l'esecuzione dell'art. 3 OPIR sono per esempio il bollettino SUVA 2153 sulla protezione contro le esplosioni, la WeT sugli effetti pericolosi della corrente elettrica e le norme VKF/AICAA sulla protezione antincendio.

Introduzione e osservazione preliminare per la compilazione

Situazione di partenza e scopo

Per assicurare un'esecuzione uniforme dell'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti nei Cantoni, negli anni 1990-1992 è stato elaborato e pubblicato su iniziativa del settore, rappresentato da CARBURA, e in collaborazione con le autorità, un cosiddetto 'Rapporto quadro sulla sicurezza di impianti con serbatoi verticali per carburanti e combustibili liquidi'. Diverse incertezze emerse nell'applicazione del rapporto e nella valutazione dei risultati nonché la revisione dei criteri di valutazione (Direttiva UFAFP 1996) hanno portato a maturazione la decisione di rielaborare il rapporto quadro esistente. I risultati della rielaborazione, effettuata da un gruppo di lavoro a livello svizzero diretto dall'UFAFP con la collaborazione della Commissione tecnica CARBURA sono stati raccolti in un primo tempo in tre documenti:

A) documentazione dettagliata dei fondamenti con descrizione delle sostanze e dei possibili scenari di incidente rilevante e relative ipotesi (agosto 1996, non pubblicato);

B) elenco delle misure generali di sicurezza, guida all'esecuzione dell'art. 3 OPIR;

C) istruzione per la valutazione dell'entità dei danni con riassunto dei fondamenti del documento A e modulo.

I documenti B e C sono quindi stati integrati nel presente rapporto e costituiscono la base per la valutazione di un impianto in relazione alla prevenzione degli incidenti rilevanti.
L'elenco delle misure generali di sicurezza serve da guida all'esecuzione dell'articolo 3 OPIR. Sulla scorta dell'elenco è possibile procedere alla verifica dei dispositivi e delle misure rilevanti per un esercizio sicuro e la prevenzione degli incidenti in un impianto. Esso costituisce segnatamente la base per la valutazione dell'entità del danno nella parte principale del presente rapporto, che parte dal presupposto dell'esistenza e del funzionamento di questi dispositivi elementari di sicurezza.

Indicazioni sulla procedura

Le misure di sicurezza secondo quest'elenco vanno rilevate dal gestore e documentate preferibilmente durante un sopralluogo svolto assieme all'autorità competente per l'esecuzione.
I dispositivi e le misure di sicurezza determinanti vengono rilevati mediante domande generali. A ogni domanda occorre indicare se le esigenze secondo le relative prescrizioni sono adempiute. In caso di risposta negativa, nella colonna 'Osservazioni' v'è la possibilità di specificare i motivi ed eventuali misure alternative che possono essere approfondite e discusse con le autorità esecutive in occasione del sopralluogo.

Obiettivo dell'elenco

Il modulo compilato serve da base per la decisione dell'autorità esecutiva in merito alla necessità di adottare ulteriori misure e, in caso affermativo, della loro natura. In caso di necessità di altre misure va elaborato assieme all'esercente uno scadenziario per l'attuazione, tenendo conto tra l'altro anche delle previste opere di revisione e trasformazioni e dell'onere finanziario.

Quando sono adempiuti tutti i requisiti si può procedere alla valutazione dell'entità dei danni propriamente detta mediante il modulo allegato 6.

Procedura per l'allestimento del rapporto breve

In relazione alla procedura per l'allestimento del rapporto breve possono essere distinti due casi.

A) Impianti per i quali non esiste ancora un rapporto breve.
I gestori di questi impianti compilano dapprima le pagine da 1 a 13 (dati generali) e la descrizione dell'impianto dell'allegato 5. In seguito, verificano le misure di sicurezza esistenti in base ai capitoli 2 - 6 dell'allegato 5 e discutono il risultato con le autorità competenti. Infine va compilato e inoltrato il presente modulo per la valutazione dell'entità dei danni.

B) Impianti per i quali esiste già un rapporto breve.
In questi impianti occorre dapprima verificare le misure di sicurezza e compilare in seguito il presente modulo. La valutazione dei risultati dei due documenti può essere effettuata, d'intesa con le autorità, anche in comune. A dipendenza del tipo d'impianto e dello stato della procedura di valutazione delle autorità è possibile che debbano essere esaminati in modo approfondito solo singoli temi della valutazione dell'entità dei danni. In tali casi, il presente modulo, più dettagliato, funge da complemento al rapporto breve esistente.

Se, dal momento dell'allestimento del rapporto breve, risultano sostanziali modifiche all'impianto o nelle adiacenze dell'area aziendale, è necessario indicarle a pagina 4.

I gestori di impianti per i quali è stato allestito e valutato definitivamente un rapporto breve, devono procedere ad approfonditi accertamenti allorquando sulla scorta del rapporto breve è stata chiesta un'analisi dei rischi. Tale analisi dei rischi non è tuttavia oggetto della presente documentazione e va allestita separatamente.

Istruzioni:
- **compilare le caselle con sfondo giallo**
- **in caso non ci sia abbastanza spazio nelle caselle notate il testo sulla pagina vuota alla fine di ogni capitolo.**
- **nelle risposte sì/no indicare la risposta corretta con una crocetta**

È già stato allestito un rapporto breve?	☐ sì ☐ no, in data:
Qualora dall'allestimento del rapporto breve secondo il rapporto quadro sugli impianti con serbatoi verticali, edizione 1° ottobre 1992, si fossero prodotte importanti modifiche all'impianto o nelle adiacenze dell'area aziendale, vogliate indicarle qui. Allegate p.f. copie dei capitoli 1-5 e degli allegati 1 e 2 o rilevate nuovamente tutti i dati tramite il presente modulo.	
Modifiche in azienda	☐ sì ☐ no
per es. riduzione delle quantità massime di stoccaggio, rinuncia al deposito di benzina, diversa utilizzazione dei serbatoi di stoccaggio, diminuzione (aumento) delle quantità di travaso, modifica nelle installazioni antincendio, quantità/tipo riserve di schiumogeni ecc.	se sì, quali?
Modifica della densità della popolazione	☐ sì ☐ no
p. es. costruzione di nuovi appartamenti/stabili commerciali, cambiamenti d'utilizzazione ecc.	se sì, quali?
Modifiche dell'ambiente naturale circostante	☐ sì ☐ no
p. es. rivitalizzazione di corsi d'acqua, nuovi oggetti naturali protetti ecc.	se sì, quali?
Modifiche della protezione delle acque	☐ sì ☐ no
p. es. modifiche di azzonamento o estensione di settori di protezione delle acque o delle zone, risp. aree di protezione delle acque sotterranee	se sì, quali?

1. Descrizione dell'impianto			
1.1 Indirizzi			
Nome dell'impianto con serbatoi (impianto d'esercizio): via, località:		Tel. Nr. Fax/Mail	
Nome del detentore/ditta: via, località:		Tel. Nr. Fax /Mail	
Nome dell'esercente/ditta: via, località:		Tel. Nr. Fax /Mail	
Nome del capo deposito: funzione: via, località:		Tel. Nr. Fax/Mail	
Nome del responsabile per il rapporto breve: funzione: via, località:		Tel. Nr. Fax/Mail	
Altre persone di contatto (ev. incaricato della sicurezza): funzione: via, località:		Tel. Nr. Fax/Mail	
Altre persone di contatto: funzione: via, località:		Tel. Nr. Fax/Mail	

1.2 Indicazioni relative all'azienda / impianto

- **Organico del personale:** - Azienda / impianto ____ persone
  - Amministrazione ____ persone
- **Piano di situazione dell'impianto:** Piano n. ____ Data: (come allegato)
- **Superficie dell'area aziendale:** [m^2]
- **Sviluppo costruttivo:**

Anno di costruzione	Tappa di costruzione	Ampliamenti successivi:	Ampliamenti successivi:	Ultimo risanamento:	Prot. acque:	Antincendio	Imp. elettrico	Altro
Anno:				Anno:				
Osservazioni:				Osservazioni:				

- **Elenco di tutti i serbatoi secondo bacini di contenimento, numero dei serbatoi e capacità nell'annesso 1**
- **Elenco della quantità massima in azienda:**

Benzina senza piombo 95	[m^3]	Benzina senza piombo 98	[m^3]	Petrolio aerei / cherosene	[m^3]
Diesel	[m^3]	Olio c. EL	[m^3]	Olio c. M	[m^3]
Olio c. S	[m^3]	Additivi	[m^3]	Altro	[m^3]

- **Quantità di travaso all'anno [m^3]**

	Mezzo di trasporto	Benzina	Cherosene	Diesel	Olio combustibile
Immagazzinaggio	Autocarro				
	Ferrovia				
	Battello				
	Pipeline				
Prelievo	Autocarro				
	Ferrovia				
	Battello				
	Pipeline				

1.3 Assicurazioni cose e responsabilità civile dell'azienda

Assicurazioni esistenti (copie delle polizze in allegato)

Somma assicurata:

Responsabilità civile :

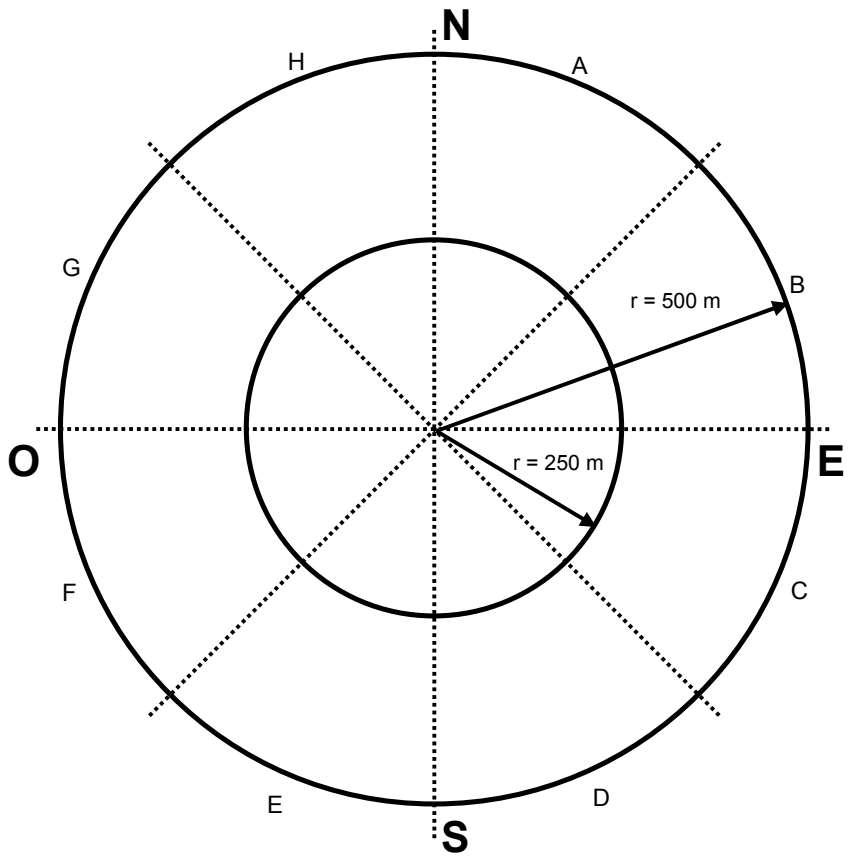
Assicurazione cose:

Altre:

1.4 Indicazioni sul dintorni dell'impianto

Piano corografico

Inserire la rosa in scala in un piano corografico ed allegare su un foglio separato (vedi anche istruzioni).



- **Indicazione di fiumi e laghi** (inserire direttamente nella rosa o nel piano corografico)

- **Indicazione delle principali vie di comunicazione e zone d'insediamento**

Linee ferroviarie:	b1:	
	b2:	
	b3:	
Strade:	s1:	
	s2:	
	s3:	
Zone d'insediamento:	SG1:	
	SG2:	

- **Altri importanti impianti d'infrastruttura** (linee dell'alta tensione, pipeline, canalizzazioni ecc.)

i1:	
i2:	

- **Oggetti e potenziali di pericolo** (descrizione):

Oggetti particolari nei dintorni secondo la rosa: 0 – 250 m

Settore	Insediamento	N.	Descrizione dell'oggetto	Osservazioni
A 250 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
B 250 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
C 250 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
D 250 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			

Settore	Insediamento	N.	Descrizione dell'oggetto	Osservazioni
E 250 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
F 250 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
G 250 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
H 250 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			

Oggetti particolari nei dintorni secondo la rosa: 250 – 500 m

Settore	Insediamento	N.	Descrizione dell'oggetto	Osservazioni
A 500 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
B 500 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
C 500 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
D 500 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			

Settore	Insediamento	N.	Descrizione dell'oggetto	Osservazioni
E 500 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
F 500 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
G 500 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			
H 500 m	Industria/commercio Alloggi, elevata densità Alloggi, bassa densità Agricoltura			

- **Oggetti naturali e aree protette nel raggio dell'impianto** (fino a 500 m)

Nelle vicinanze vi sono riserve naturali o biotopi meritevoli di protezione?

Quali acque superficiali si trovano in prossimità dell'impianto (settore della rosa)?

Atri oggetti naturali particolari:

- **Indicazioni sulla geologia e l'idrogeologia** (cfr. spiegazioni)

Zona di protezione acque	Au		Ao		Zu	ÜB	
	S1		S2		S3		

Se è disponibile una relazione geologica:

Struttura e caratteristiche degli strati del suolo (ev. allegato)

Livello della falda freatica nel settore dell'impianto: min: m.s.m.

mass: m.s.m.

Permeabilità del suolo:

- **Altre indicazioni sui dintorni:**

1.5 Indicazioni su altre sostanze depositate e rifiuti speciali

- **Indicare i prodotti e le quantità depositate nell'annesso 1.**
  Annesso 1: vedi pagina 13

- **Rifiuti speciali soggetti all'OPIR** (vedi allegato 2 delle istruzioni)

  Indicare le quantità e i quantitativi soglia nell'annesso 2.
  Annesso 2: vedi pagina 14

  Codici OTRif[1], indicare le quantità di sostanze depositate nell'annesso 2

[1] L'ordinanza sul traffico dei rifiuti speciali (OTRS) sarà sostituita per il 1° gennaio 2006 dall'ordinanza sul traffico di rifiuti (OTRif). Il codice della sostanza depositata va tratto dal relativo elenco dei rifiuti (OLTRif). Dev'essere inserito il codice dell'ordinanza vigente.

1.6 Annessi 1 e 2

Annesso 1: elenco delle sostanze depositate, dei serbatoi, dei bacini

Data:
Incaricato:

Num. bacino serbatoi	Volume del bacino [m^3]	Numero serbatoio	Diametro serbatoio [m]	Altezza serbatoio [m]	Volume utile serbatoio [m^3]	Tipo serb. G,F,P,FM,C,A *)	Contenuto depositato per prodotto			
							Benzina [m^3]	Cherosene [m^3]	Diesel [m^3]	Olio comb. [m^3]

*) G = a tetto galleggiante
F = a tetto fisso
A = altro tipo
P = a pressione
C1 = cilindrico orizzontale (soprassuolo)
C2 = cilindrico orizzontale (interrato)
FM = a tetto fisso con membrana

Annesso 2: elenco dei rifiuti speciali, altre sostanze depositate

Data:
Incaricato:

	Codici OTRif **)	Designazione ramo di provenienza	Componenti principali, parti, concentrazione	Stato aggr. (s, l, g, past., spray)	Quantità mass. nell'area aziendale (kg o litri)	Tipo/dim. dep. (serbat., fusti recip. ecc.)	N. comp. tagliafuoco, luogo deposito	Quantità dep. per compartimento	Osservazioni*)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

*) p. es. classe ADR/SDR (ordinanza concernente il trasporto di merci pericolose su strada) o numero ONU secondo ADR

**) Elenco e codici dei rifiuti speciali, vedi nota cap. 1.5

Annotazioni Capitolo 1:

	adempiut o sì / no	*Osservazioni p. es. misure alternative, documentazione supplementare*
2. Protezione antincendio		
2.1 Prescrizioni sulle distanze		
Sono rispettate le distanze minime tra i singoli serbatoi, gruppi di serbatoi e dai serbatoi ai muri dei bacini in confine di proprietà? DC C 2.1.2 DC C 2.1.4 DC C 2.1.5	☐ sì ☐ no	
I bacini di contenimento e i serbatoi sono facilmente accessibili in caso d'evento per le operazioni di spegnimento? DC C 2.1.3	☐ sì ☐ no	
Sono rispettate le distanze tra le diverse parti dell'impianto (edifici d'esercizio, pensiline di carico e scarico, depositi di recipienti, bidoni e fusti, pompe per prodotti)? DC C 2.1.6.1	☐ sì ☐ no	
Le altezze dei serbatoi (bordo superiore del mantello) corrispondono alle DC? DC C 2.1.7	☐ sì ☐ no	
2.2 Rilevazione		
Sono assicurati la rilevazione di un incendio o di una perdita e l'allarme? DC F 1.4.2	☐ sì ☐ no	
2.3 Misure di prevenzione degli incendi		
Le misure di prevenzione da incendi sono stabilite per iscritto sotto forma di prescrizioni o istruzioni di servizio? DC F 1.4.1	☐ sì ☐ no	

	adempiuto sì / no	*Osservazioni* *p. es. misure alternative, documentazione supplementare*
2.4 Vie d'accesso e d"evacuazione		
Le vie d'accesso, gli spazi d'intervento e le vie di fuga per la lotta contro gli incendi sono utilizzabili in ogni momento? DC F 1.5	☐ sì ☐ no	
2.5 Approvvigionamento d'acqua		
La quantità e la portata d'acqua degli impianti di spegnimento corrispondono alle basi di calcolo delle DC? DC F 2.1	☐ sì ☐ no	
Sono disponibili idranti e altre prese d'acqua in misura sufficiente e in punti adeguati? DC F 2.2	☐ sì ☐ no	
2.6 Raffreddamento dei serbatoi		
I dispositivi di protezione mediante raffreddamento e le prestazioni di raffreddamento corrispondono alle DC? DC F 3.1 DC F 3.2 DC F 3.3	☐ sì ☐ no	
2.7 Capacità e dispositivi di spegnimento mediante schiuma		
La capacità d'estinzione mediante schiuma corrisponde alle basi di dimensionamento delle DC? DC F 4.2.1 DC F 4.2.2	☐ sì ☐ no	
La dotazione con dispositivi per la produzione di schiuma e il rendimento della produzione di schiuma per bacini e vasche di ritenzione corrispondono alle basi di dimensionamento delle DC? DC F 4.2.3 DC F 5.1.2 DC F 5.1.3	☐ sì ☐ no	

	adempiuto sì / no	*Osservazioni* *p. es. misure alternative, documentazione supplementare*
2.8 Dispositivi di spegnimento mediante schiuma per stazioni di pompaggio e impianti di travaso		
La dotazione di apparati dispositivi per la produzione di schiuma per stazioni di pompaggio e posti di travaso corrisponde alle DC? DC F 4.2.4 DC F 5.1.4	☐ sì ☐ no	
2.9 Dispositivi di spegnimento mediante schiuma per serbatoi verticali		
I serbatoi verticali sono muniti di dispositivi di spegnimento mediante schiuma conformi alle prescrizioni delle DC? DC F 5.1.1	☐ sì ☐ no	
Il numero e le caratteristiche delle condotte d'adduzione e degli organi d'immissione della schiuma per i serbatoi verticali corrispondono alle DC? DC F 5.3.4 DC F 5.4.1	☐ sì ☐ no	
2.10 Fabbisogno di schiumogeno e immagazzinamento		
Le riserve disponibili di schiumogeno corrispondono alle basi di dimensionamento delle DC per lo spegnimento mediante schiuma di serbatoi e bacini? DC F 4.3	☐ sì ☐ no	
2.11 Ritenzione dell'acqua di spegnimento		
Sono assicurati la ritenzione e l'appropriato smaltimento dell'acqua di spegnimento? DC F 2.3	☐ sì ☐ no	

	adempiuto sì / no	*Osservazioni* *p. es. misure alternative, documentazione supplementare*
2.12 Azionamento dei dispositivi antincendio		
I dispositivi fissi di spegnimento sono sempre in stato di pronto esercizio e gli organi di comando sono sempre raggiungibili senza pericolo? DC F 5.2.1	☐ sì ☐ no	
2.13 Tempo di messa in esercizio		
I dispositivi di spegnimento sono dimensionati e concepiti in modo tale che la loro messa in esercizio non dura più di 5 minuti per i dispositivi fissi e non più di 15 minuti per l'impiego massiccio di unità mobili? DC F 5.2.2	☐ sì ☐ no	
2.14 Alimentazione d'emergenza di corrente elettrica		
Per le pompe dell'acqua di raffreddamento e di spegnimento allacciate alla rete elettrica è prevista un'alimentazione di corrente d'emergenza?	☐ sì ☐ no	
È situata in un luogo resistente al fuoco?	☐ sì ☐ no	
Altre osservazioni, aggiunte o spiegazioni su tema protezione antincendio		

Annotazioni Capitolo 2:

	adempiuto sì/no	*Osservazioni p. es. misure alternative, documentazione supplementare*
3. Altre misure di sicurezza		
3.1 Sorveglianza e manutenzione		
I dispositivi delle parti d'impianto più importanti per la tecnica della sicurezza sono sottoposti regolarmente a manutenzione e ne sorvegliano il funzionamento? OPIR All. 2.1 i	☐ sì ☐ no	
3.2 Misure di prevenzione degli incendi		
I lavori di servizio e riparazione nei settori a rischio sono eseguiti secondo i requisiti delle DC? DC F 1.4.1	☐ sì ☐ no	
3.3 Requisiti del sistema di evacuazione delle acque		
È assicurato che anche in caso d'incidente rilevante non fuoriescano dall'impianto né prodotti di oli minerali né acqua inquinata con oli minerali o acqua di spegnimento? DC C 6	☐ sì ☐ no	
3.4 Ritenzione di liquidi in caso di fuoriuscita		
La capienza e la concezione dei bacini di ritenzione per serbatoi verticali corrispondono ai requisiti delle DC (requisiti secondo Oliq. vedi sezione 4.1)? DC C 4	☐ sì ☐ no	
3.5 Recinzione		
L'impianto, le piazze e aree di deposito e gli impianti di travaso sono cintati? DC C 5.1	☐ sì ☐ no	
3.6 Accesso all'impianto		
Durante l'orario d'esercizio l'accesso all'impianto è sorvegliato? OPIR All. 2.1 n	☐ sì ☐ no	

	adempiuto sì/no	*Osservazioni p. es. misure alternative, documentazione supplementare*
3.7 Esposizione a pericoli del traffico		
Esistono misure costruttive di protezione dell'impianto con serbatoi da possibili danni dovuti a incidenti del traffico interno ed esterno all'azienda (ferrovia, strada)? DC B 4.6	☐ sì ☐ no	
3.8 Muro dei bacini in calcestruzzo		
La funzionalità della costruzione del bacino è stata esaminata in relazione alla corrosione dell'armatura, alla superficie del calcestruzzo, a giunti e crepe? (cfr. allegato con questionario separato sui punti suddetti per l'accertamento della funzionalità della costruzione del bacino e indicazioni sulla valutazione e sull'ulteriore procedura). OPIR All. 2.1 d	☐ sì ☐ no	
3.9 Organi di chiusura e valvole dei serbatoi		
La disposizione e l'equipaggiamento degli organi di chiusura corrisponde alle basi delle DC? DC 5.3.3	☐ sì ☐ no	
Gli organi di chiusura e le valvole dei serbatoi corrispondono allo stato della tecnica giusta le DC? DC E 3.3	☐ sì ☐ no	
Domande supplementari		
3.10 Deviazione e ritenzione di liquidi fuoriusciti e acqua di spegnimento		
I bacini sono sufficientemente grandi o esistono possibilità di tracimazione o impianti fissi di deviazione in bacini di contenimento vicini?	☐ sì ☐ no	
Questi dispositivi funzionano anche in caso d'interruzione di corrente? Oliq	☐ sì ☐ no	

	adempiuto sì/no	*Osservazioni p. es. misure alternative, documentazione supplementare*
3.11 Concetto di evacuazione delle acque		
Esiste un piano aggiornato di smaltimento delle acque e della canalizzazione?	☐ sì ☐ no	
L'evacuazione delle acque dai bacini, dalle piazzole di travaso e dalle camere di raccolta può essere condotta attraverso un separatore di oli minerali?	☐ sì ☐ no	
3.12 Sorveglianza dell'impianto		
Durante l'orario d'esercizio è assicurata una costante presenza di personale nell'area aziendale?	☐ sì ☐ no	
Fuori dell'orario d'esercizio l'area è sorvegliata?	☐ sì ☐ no	
3.13 Funzionamento della centrale di protezione antincendio		
L'azionamento degli elementi di comando per l'intero impianto funziona anche in caso d'incendio?	☐ sì ☐ no	
3.14 Condotte di carico e scarico		
Le condotte di riempimento e prelievo sono sistemate in modo tale da consentire deformazioni senza perdite (terremoti, sbalzi di temperatura)?	☐ sì ☐ no	

	adempiuto sì/no	*Osservazioni* *p. es. misure alternative, documentazione supplementare*
Osservazioni, aggiunte o spiegazioni sul tema altre misure di sicurezza		

Annotazioni Capitolo 3:

	adempiut o sì/no	*Osservazioni p es. misure alternative, documentazione supplementare*
4. Organizzazione d'allarme e piani di interventi		
4.1 Concetto di sicurezza		
Esiste un concetto di sicurezza per l'impianto?	☐ sì ☐ no	
Esiste un capitolato d'oneri per la prevenzione di incidenti rilevanti (ossia istruzioni interne per le misure pratiche da adottare in caso di incidente rilevante)?	☐ sì ☐ no	
4.2 Piano d'intervento		
Il piano d'intervento è stato allestito in collaborazione con i servizi pubblici d'intervento in caso di catastrofe (spec. durata d'arrivo degli servici pubblici, accesso locale, prese d'acqua e prelievo d'acqua d'emergenza nonché disponibilità di riserve regionali di agenti estinguenti)? DC F 1.1 a DC F 4.3.3 OPIR All. 2.1 o	☐ sì ☐ no	
4.3 Sicurezza dell'impianto e allarme		
La sicurezza dell'impianto e l'allarme dei servizi d'intervento competenti sono sempre garantiti dal personale presente o da un equipaggiamento appropriato? DC F 1.6 OPIR All. 2.1 h	☐ sì ☐ no	
4.4 Esercitazioni d'intervento		
I pompieri conoscono l'impianto e vengono effettuate esercitazioni periodiche nello stesso? DC F 1.1 c	☐ sì ☐ no	

	adempiuto sì/no	*Osservazioni p es. misure alternative, documentazione supplementare*
4.5 Istruzioni d'esercizio		
Il personale è periodicamente addestrato in relazione alla sicurezza dell'impianto e alla protezione antincendio, segnatamente per quanto riguarda la manipolazione di sostanze pericolose (ritenzione di sostanze pericolose, istruzione per i dispositivi di spegnimento e di prevenzione dell'inquinamento da idrocarburi)? DC F 1.1 b OPIR All. 2.1 m, l	☐ sì ☐ no	
Altre osservazioni, aggiunte o spiegazioni sul tema organizzazione d'allarme e pianificazione degli interventi		

Annotazioni Capitolo 4:

	adempiut o sì/no	*Osservazioni p. es. misure alternative, documentazione supplementare*
5. Coordinamento con altri settori In base all'articolo 15 OPIR, i Cantoni coordinano i controlli d'azienda che devono essere eseguiti in virtù dell'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti e altri atti legislativi. Nel seguito sono pertanto elencati i settori principali da controllare anche in impianti con serbatoi ma che non sono direttamente soggetti alla prevenzione degli incidenti rilevanti. Va indicato se i relativi requisiti sono adempiuti o meno, risp. se e quali ulteriori provvedimenti sono disposti o in preparazione.		
5.1 Protezione delle acque (segnatamente Oliq) Sono adempiuti i requisiti derivanti dalle norme sulla protezione delle acque?	☐ sì ☐ no	
5.2 Polizia del fuoco (segnatamente VKF/AICAA) Sono adempiuti i requisiti derivanti dalle normative sulle misure di sicurezza della polizia del fuoco?	☐ sì ☐ no	
5.3 Protezione contro le esplosioni (segnatamente WeT/DeDC) L'impianto è soggetto a regolari controlli da parte dell'Ispettorato federale degli impianti a corrente forte (IFICF) o altre istanze di controllo autorizzate e dalla CFSL con i suoi organi (SUVA ecc.)?	☐ sì ☐ no	
È disponibile un piano aggiornato delle zone EX per l'intero impianto?	☐ sì ☐ no	

	adempiuto sì/no	*Osservazioni p. es. misure alternative, documentazione supplementare*
5.4 Protezione dell'aria (segnatamente OIAt con tema bilanciamento dei gas)		
Sono adempiuti i requisiti derivanti dalle normative contro l'inquinamento atmosferico?	☐ sì ☐ no	
Sono state adottate speciali misure di sicurezza per l'adempimento dell'OIAt? (v. p. es. Catalogo dei criteri UFAFP: Protezione dell'aria: collaudo di depositi di idrocarburi risanati) DC F 7	☐ sì ☐ no	
5.5 Sicurezza sul lavoro (legge sul lavoro, LAINF)		
Sono adempiuti i requisiti derivanti dalle normative sulla sicurezza sul lavoro?	☐ sì ☐ no	
Altre osservazioni, aggiunte o spiegazioni sul tema coordinamento con altri settori		

Annotazioni Capitolo 5:

	sì / no	*Piccoli difetti*	*Danni e altre constatazioni*
6. Controllo visivo della funzionalità della costruzione del bacino			
6.1 Controllo della superficie di calcestruzzo			
A) Distacchi			
La superficie di calcestruzzo presenta distacchi o screpolature a scaglie dello strato superiore?	☐ sì ☐ no		
B) Armatura			
Sulla superficie di cemento armato si notano macchie di ruggine o sbavature rugginose? L'armatura è in parte messa a nudo?	☐ sì ☐ no		
C) Depositi			
Sulla superficie di cemento armato si notano vistosi trascoloramenti dovuti a depositi salini o calcarei ?	☐ sì ☐ no		
D) Fessurazioni			
Si notano crepe con scorrimento d'acqua o ampie fessure (maggiori di 0.5 mm)?	☐ sì ☐ no		
E) Inclinazione			
La corona del muro si è spostata di più di 1/150' dell'altezza del muro rispetto al piede dello stesso?	☐ sì ☐ no		
6.2 Giunti e fondo			
I giunti sono impermeabili all'interno e all'esterno? Il fondo è a tenuta stagna?	☐ sì ☐ no		
Osservazioni, aggiunte o spiegazioni sulla funzionalità della costruzione del bacino.			

Annotazioni Capitolo 6:

Allegato: funzionalità della costruzione del bacino

Procedimento

Dato che la domanda relativa alla funzionalità della costruzione del bacino non può essere evasa con un semplice sì o no, va compilato un modulo separato che tratta le fattispecie essenziali. Per il controllo visivo della costruzione del bacino è raccomandabile un controllo periodico in un intervallo di 10 anni ed è necessario almeno un controllo dopo 25 anni. Il controllo consiste essenzialmente in un sopralluogo nell'impianto con esame visivo di tutti i muri dei bacini ed ev. il controllo dei rapporti sul loro stato. Compilazione del modulo compresa, si tratta di un impegno di circa un giorno lavorativo. Per ciascun muro di bacino vanno esaminati e valutati tutti i punti del modulo. Una prima ispezione può essere effettuata dal gestore stesso o dall'ingegnere della società. Solo in caso di incertezze nella valutazione o di constatazione di danni rilevanti è raccomandabile associare all'ispezione uno studio d'ingegneria specializzato. In questo caso è opportuno il controllo dei piani e dei calcoli. In seguito va effettuata la valutazione dei risultati.

I risultati devono essere documentati su un foglio separato e conservati nell'impianto assieme ai moduli compilati sulla valutazione dell'entità dei danni affinché possano essere esibiti su richiesta all'autorità esecutiva.

Concetti importanti

Carbonatazione:
Processo chimico indotto dall'apporto di anidride carbonica (CO_2) dall'aria nel calcestruzzo. Con l'acqua contenuta nei pori si forma acido carbonico che reagisce con il cemento (matrice) indurito del calcestruzzo. Il pH del calcestruzzo si riduce così dal normale valore di 13-14 a meno di 9. Di conseguenza, l'acciaio d'armatura perde lo strato d'ossido protettivo ed è esposto ad attacchi corrosivi.

Distacco (espulsione/delaminazione)
I prodotti della corrosione occupano un volume maggiore dell'acciaio. Si genera così una pressione che si scarica con lo sfaldamento dello strato di calcestruzzo sovrastante. A dipendenza dell'estensione del fenomeno, l'acciaio è messo a nudo localmente o superficialmente, oppure il calcestruzzo è soggetto a scagliatura.

Inclinazione:
L'inclinazione è definita come rapporto tra lo spostamento orizzontale della sommità di un muro del bacino e l'altezza del muro stesso. L'inclinazione massima di h/150 significa per esempio che in un muro alto 3 m lo spostamento della corona del muro rispetto alla verticale può essere al massimo di 2 cm (= 300 cm : 150).

Ulteriori osservazioni sul degrado di muri di bacino in calcestruzzo armato

In generale il mantenimento a lungo termine della sicurezza strutturale delle pareti dei bacini in calcestruzzo armato non pone problemi. L'analisi statistica delle esperienze registrate finora dimostra nondimeno, in accordo con le risultanze delle più recenti ricerche, che in seguito alla combinazione sfavorevole di diversi fattori possono verificarsi seri danni segnatamente in seguito a *carbonatazione* (per esempio copriferro insufficiente, cattiva lavorazione nell'esecuzione, combinazione di influssi ambientali).

Vi sono anche altri fattori indipendenti dalla carbonatazione che possono portare alla corrosione dell'armatura (per esempio sali antigelo negli spruzzi d'acqua provenienti da una vicina strada, giunti di dilatazione, fessure larghe acquifere).

Inoltre, in qualche caso la struttura cementizia può disgregarsi senza intervento della corrosione dell'armatura (per es. rigonfiamenti da attacco solfatico).

Le "osservazioni sul degrado di muri di bacino in calcestruzzo armato" possono essere riassunte come segue.

- L'acciaio e il calcestruzzo sono soggetti a processi d'invecchiamento in cui le condizioni di esecuzione e gli influssi ambientali svolgono un ruolo determinante. L'evoluzione dei danni presenta un ampio spettro e non può pertanto essere previsto. Tuttavia, essa avviene gradualmente e con indizi che ne permettono un riconoscimento precoce.
- Sulla scorta di analisi statistiche si può partire dal presupposto che i danni dovuti alla corrosione in seguito a carbonatazione nella maggior parte dei casi non compaiono prima di 10 anni o non si verificano più se il fronte di carbonatazione non ha ancora raggiunto l'armatura entro 40 anni.
- La durata di vita in relazione all'affidabilità e alla durabilità può essere considerevolmente prolungata con un riconoscimento tempestivo dei danni e l'adozione di appropriate misure.

7. Sicurezza antisismica

Le grandezze d'influsso determinanti per la valutazione della sicurezza antisismica sono la posizione geografica (zone sismiche), le condizioni geologiche dell'ubicazione dell'impianto (natura del terreno di fondazione), la geometria (rapporto tra altezza e raggio A/R) e il volume dei contenitori. Indipendentemente da ciò, devono adempiere i requisiti anche le condotte dei prodotti da e verso i contenitori.

Zone sismiche
In base alla norma SIA 261, Azioni sulle strutture portanti, edizione 2003, la Svizzera è suddivisa nelle 4 zone sismiche Z1, Z2, Z3a e Z3b. Le zone sono state determinate in base alla sismicità storica e attuale e adattate ai confini politici.

Natura del terreno di fondazione
L'influsso della natura del terreno di fondazione è da considerare mediante la classificazione dell'ubicazione dell'impianto con serbatoi in una classe di terreno A - F secondo la tabella 25 della norma SIA 261.

Geometria
I parametri determinanti sono da un lato il rapporto tra l'altezza del mantello A e il raggio R del contenitore nonché la grandezza assoluta (contenuto del serbatoio).

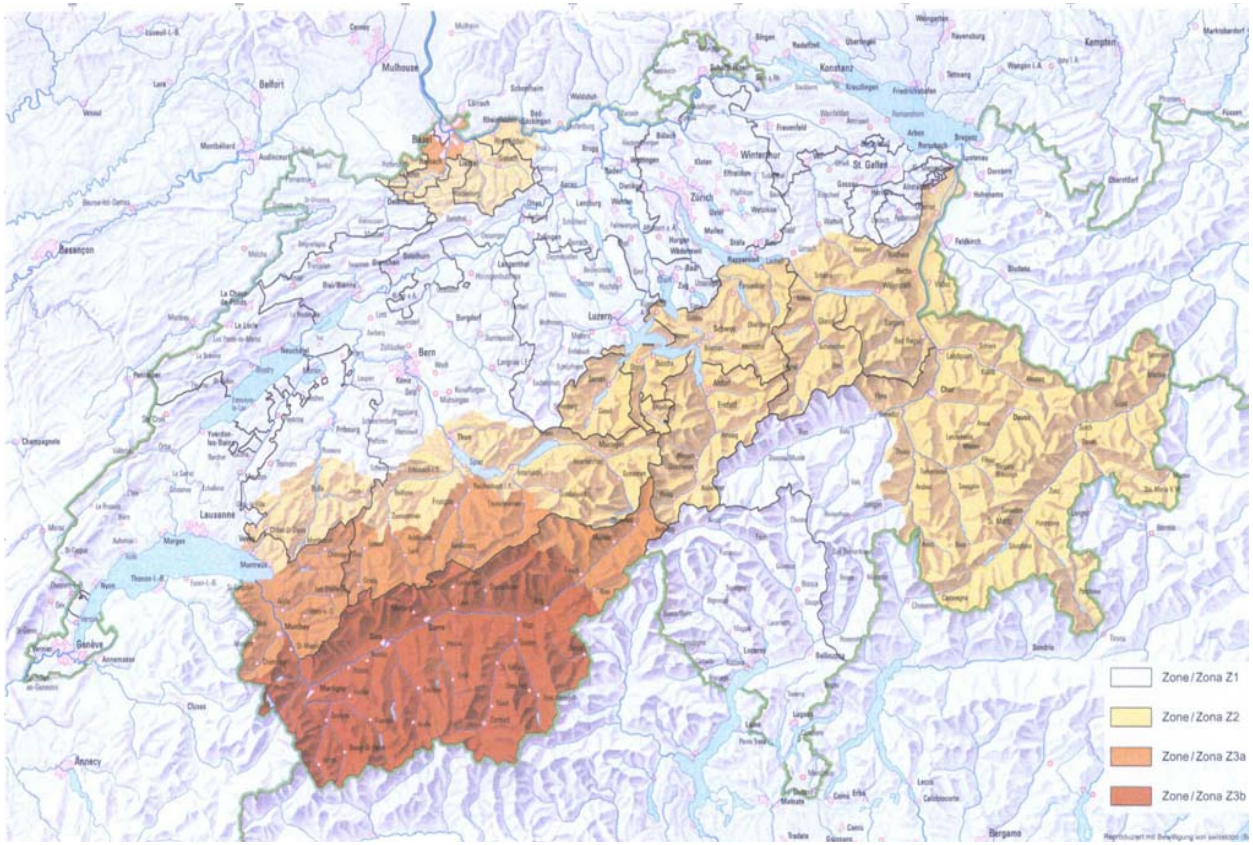


Figura 1: Carta delle zone di rischio sismico secondo la norma SIA 261 [35]

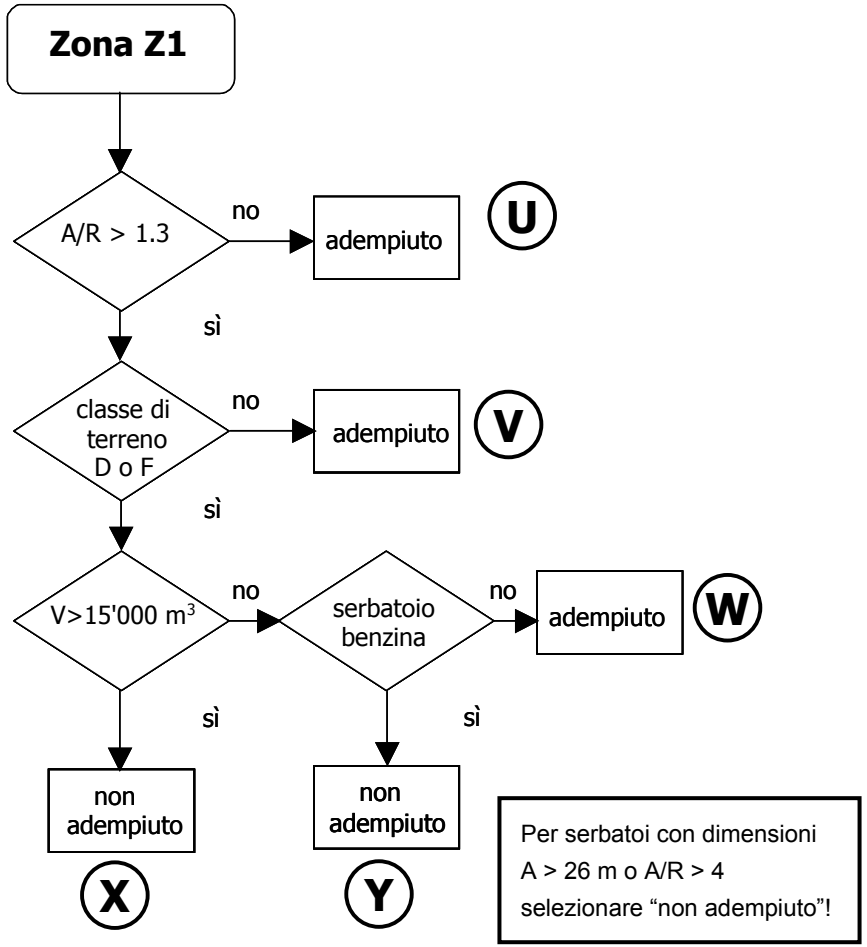
		Indicare la risposta corretta con una crocetta *Inserire i dati richiesti*
7.1 Dimensioni dei serbatoi verticali Misure dei singoli serbatoi: altezza A, raggio R, rapporto A/R		I dati vanno inseriti nella presente tabella o compilati in un allegato separato. Allegato separato (sì o no) ☐ sì ☐ no

	Serbatoio n.	Altezza A [m]	Raggio R [m]	Rapporto A/R	Volume [m^3]
(1)					
(2)					
(3)					
(4)					
(5)					
(6)					
(7)					
(8)					
(9)					
(10)					
(11)					
(12)					
(13)					
(14)					
(15)					

		Indicare la risposta corretta con una crocetta		
7.2 Classe di terreno di fondazione Su che tipo di terreno di fondazione è edificato l'impianto? Classificazione secondo la norma SIA 261, Azioni sulle strutture portanti, edizione 2003, paragrafo 16.2.2, tabella 25 Per la classe di terreno F e per le ubicazioni la cui natura del terreno non può essere descritta secondo la tabella 25 della norma SIA 261 [35], sono necessarie analisi particolari per la determinazione dell'azione sismica. Per i principali agglomerati svizzeri vengono elaborate dall'Ufficio federale delle acque e della geologia (UFAEG), ora integrato nell'UFAM, carte in scala 1:25'000 che rappresentano l'estensione delle diverse classi di terreno secondo SIA 261 (stato dicembre 03).		Sono disponibili informazioni accertate? (sì o no)		☐ sì ☐ no
		Classe di terreno	Descrizione	
		A	Roccia dura (p. es. granito, gneis, quarzite, calcare siliceo, calcare) o roccia tenera (per es. arenaria, puddinga, marna giurassiana, argilla opalina) con al massimo 5 m di copertura di materiale sciolto	☐
		B	Depositi di ghiaia o sabbia prevalentemente cementata e/o terreni di materiale sciolto precaricato di spessore superiore ai 30 m	☐
		C	Depositi di ghiaia e di sabbia normalmente consolidata non cementata e/o materiale morenico di spessore superiore ai 30 m	☐
		D	Depositi di sabbia fine non consolidata, limo e argilla di spessore superiore ai 30 m	☐
		E	Strato alluvionale superficiale di classe di terreno C o D di spessore tra i 5 e i 30 m sopra ad uno strato rigido di classe di terreno A o B	☐
		F	Depositi strutturalmente sensibili e organici (p. es. torba, creta lacustre, masse frananti) di spessore superiore a 10 m	☐

		Indicare la risposta corretta con una crocetta
7.3 Posizione geografica (zona di rischio sismico) In quale zona di rischio sismico si trova l'impianto? Cartina secondo la norma SIA 261, Azioni sulle strutture portanti, edizione 2003, appendice F		Zona Z1 ☐ se corrisponde, proseguire al pt. 7.4 Zona Z2 ☐ se corrisponde, proseguire al pt. 7.5 Zona Z3a ☐ se corrisponde, proseguire al pt. 7.6 Zona Z3b ☐ se corrisponde, proseguire al pt. 7.6 Osservazioni:

		Indicare la risposta corretta con una crocetta *Inserire i dati richiesti*
7.4 L'impianto è ubicato in zona Z1 *7.4.1 Classificazione dei serbatoi*		I dati vanno inseriti nella presente tabella o compilati in un allegato separato.



Allegato separato (sì o no) ☐ sì ☐ no

	Serbatoio n.	Sequenza U/V/W/X/Y	Adempiuto	Non adempiuto
(1)			☐	☐
(2)			☐	☐
(3)			☐	☐
(4)			☐	☐
(5)			☐	☐
(6)			☐	☐
(7)			☐	☐
(8)			☐	☐
(9)			☐	☐
(10)			☐	☐
(11)			☐	☐
(12)			☐	☐
(13)			☐	☐
(14)			☐	☐
(15)			☐	☐

I serbatoi classificati "non adempiuto" vanno ulteriormente valutati al pt. 7.4.2.

		Indicare la risposta corretta con una crocetta *Inserire i dati richiesti*
7.4.2 Confronto volume fuoriuscita/ritenzione La capienza del singolo bacino di contenimento è sufficiente per la ritenzione del volume dei serbatoi ivi collocati e classificati come “non adempiuto”?		I dati vanno inseriti nella presente tabella o compilati in un allegato separato. Allegato separato (sì o no) ☐ sì ☐ no

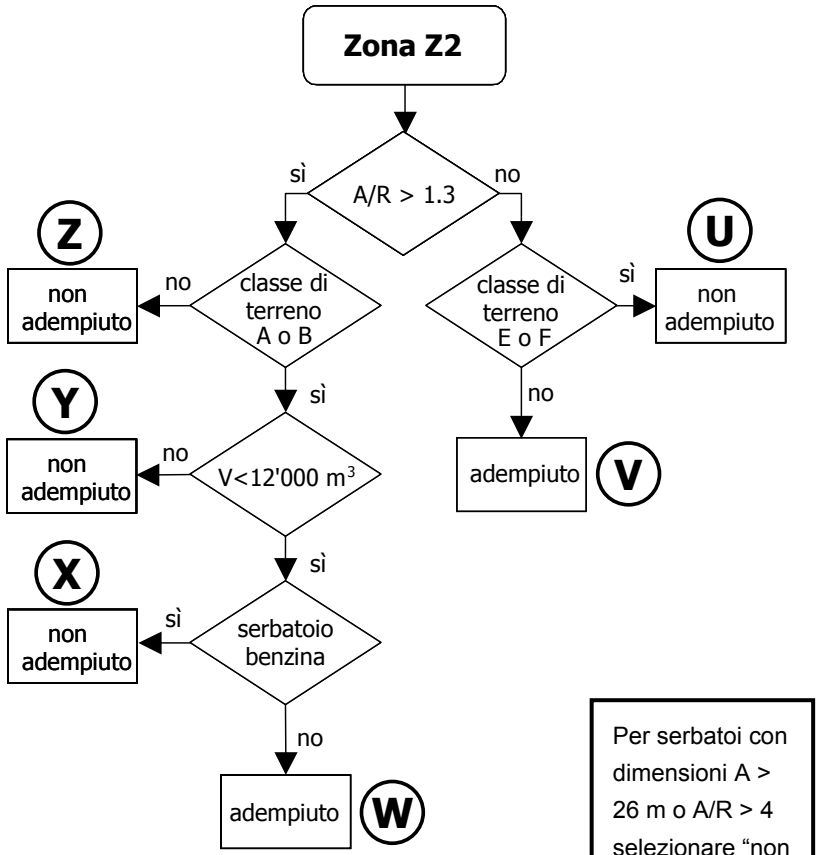
Bacino	Capienza F [m^3]	Non adempiuto serb. n.	Volume I_i [m^3]	Volume cumulato ΣI_i [m^3]	$F > \Sigma I_i$ sì/no
					☐ sì ☐ no
					☐ sì ☐ no
					☐ sì ☐ no
					☐ sì ☐ no

Il risultato va riportato nella sezione 7.7.

Indicare la risposta corretta con una crocetta
Inserire i dati richiesti

7.5 L'impianto è ubicato in zona Z2

7.5.1 Classificazione dei serbatoi



Per serbatoi con dimensioni A > 26 m o A/R > 4 selezionare "non adempiuto"!!

I dati vanno inseriti nella presente tabella o compilati in un allegato separato.

Allegato separato (sì o no) ☐ sì ☐ no

	Serbatoio n.	Sequenza U/V/W/X/Y/Z	Adempiuto	Non adempiuto
(1)			☐	☐
(2)			☐	☐
(3)			☐	☐
(4)			☐	☐
(5)			☐	☐
(6)			☐	☐
(7)			☐	☐
(8)			☐	☐
(9)			☐	☐
(10)			☐	☐
(11)			☐	☐
(12)			☐	☐
(13)			☐	☐
(14)			☐	☐
(15)			☐	☐

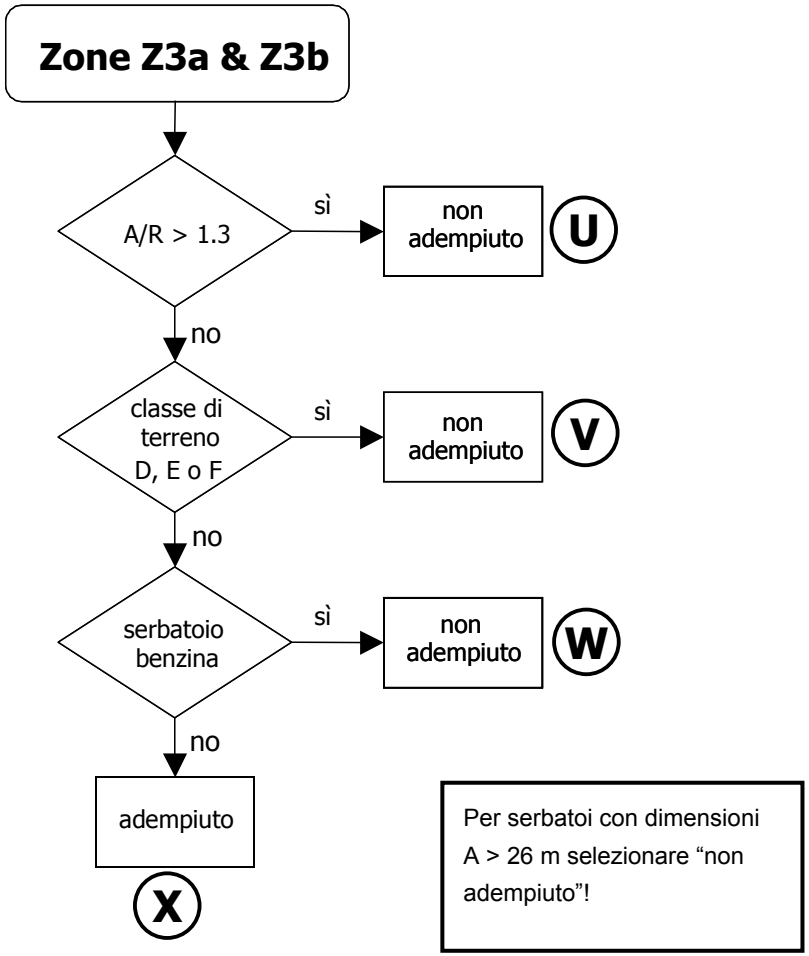
I serbatoi classificati "non adempiuto" vanno ulteriormente valutati al pt. 7.5.2.

		Indicare la risposta corretta con una crocetta *Inserire i dati richiesti*
7.5.2 Confronto volume fuoriuscita/ritenzione La capienza del singolo bacino di contenimento è sufficiente per la ritenzione del volume dei serbatoi ivi collocati e classificati come “non adempiuto”?		I dati vanno inseriti nella presente tabella o compilati in un allegato separato. Allegato separato (sì o no) ☐ sì ☐ no Bacino ◄► Serbatoio Bacino | Capienza F [m^3] | Non adempiuto serb. n. | Volume I_i [m^3] | Volume cumulato ΣI_i [m^3] | $F > \Sigma I_i$ sì/no ☐ sì ☐ no ☐ sì ☐ no ☐ sì ☐ no ☐ sì ☐ no Il risultato va riportato nella sezione 7.7.

Indicare la risposta corretta con una crocetta
Inserire i dati richiesti

7.6 L'impianto è ubicato in zona Z3a o Z3b

7.6.1 Classificazione dei serbatoi



I dati vanno inseriti nella presente tabella o compilati in un allegato separato.

Allegato separato (sì o no) ☐ sì ☐ no

	Serbatoio n.	Sequenza U/V/W/X	Adempiuto	Non adempiuto
(1)			☐	☐
(2)			☐	☐
(3)			☐	☐
(4)			☐	☐
(5)			☐	☐
(6)			☐	☐
(7)			☐	☐
(8)			☐	☐
(9)			☐	☐
(10)			☐	☐
(11)			☐	☐
(12)			☐	☐
(13)			☐	☐
(14)			☐	☐
(15)			☐	☐

I serbatoi classificati "non adempiuto" vanno ulteriormente valutati al pt. 7.6.2.

		Indicare la risposta corretta con una crocetta *Inserire i dati richiesti*
7.6.2 Confronto volume fuoriuscita/ritenzione La capienza del singolo bacino di contenimento è sufficiente per la ritenzione del volume dei serbatoi ivi collocati e classificati come "non adempiuto"?		I dati vanno inseriti nella presente tabella o compilati in un allegato separato. Allegato separato (sì o no) ☐ sì ☐ no

Bacino	Capienza F [m^3]	Non adempiuto serb. n.	Volume I_i [m^3]	Volume cumulato ΣI_i [m^3]	$F > \Sigma I_i$ sì/no
					☐ sì ☐ no
					☐ sì ☐ no
					☐ sì ☐ no
					☐ sì ☐ no

		Il risultato va riportato nella sezione 7.7.

		Indicare la risposta corretta con una crocetta *Inserire i dati richiesti*
7.6.3 Valutazione bacini di ritenzione I bacini di ritenzione resistono al terremoto di dimensionamento. La relativa prova è allegata al presente rapporto breve.		I dati vanno inseriti nella presente tabella o compilati in un allegato separato. Allegato separato (sì o no) ☐ sì ☐ no Bacino / Prova in allegato n. / sì / no ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Osservazioni:

		Indicare la risposta corretta con una crocetta
7.7. Valutazione della sicurezza antisismica dei serbatoi e bacini		In base agli accertamenti secondo i paragrafi 7.4 - 7.6
		I requisiti in materia di sicurezza antisismica sono adempiuti (sì o no) ☐ sì ☐ no
7.8 Condotte di riempimento e prelievo Le condotte di riempimento e prelievo sono sistemate in modo tale da ammettere deformazioni senza perdite (terremoti, sbalzi di temperatura)? (cfr. 3.14) DC C18.7		I requisiti sono adempiuti (sì o no) ☐ sì ☐ no
Osservazioni, aggiunte o spiegazioni sul tema sicurezza antisismica		

Annotazioni Capitolo 7:

Allegato 6

Modulo per la valutazione dell'entità dei danni (rapporto breve parte 2)

Allegato 6

Modulo per la valutazione dell'entità dei danni (rapporto breve parte 2)

Sommario:

1. Valutazione dell'entità dei danni per l'incendio del bacino 2
2. Valutazione dell'entità dei danni per la fuga di liquidi 5
3. Valutazione dell'entità dei danni per l'esplosione nella canalizzazione 10
4. Valutazione dell'entità dei danni per il caso speciale esplosione di una nube di gas 14
5. Valutazione dell'entità dei danni per il caso speciale Boil Over 19
6. Valutazione dell'entità dei danni materiali (indicatore n_6) 22
7. Calcolo dell'indice d'incidente rilevante 25
Riassunto dei risultati 26

Azienda:	
Data:	

Introduzione

Per la compilazione del presente modulo per la valutazione dell'entità dei danni (allegato 6 al rapporto quadro) valgono per analogia le osservazioni relative all'allegato 5 (rapporto breve parte 1) nel paragrafo "Introduzione e osservazioni preliminari per la compilazione".
Nel modulo vanno compilate le caselle con sfondo giallo.
In caso non ci sia abbastanza spazio nelle caselle notate il testo sulla pagina vuota alla fine di ogni capitolo.

1. Valutazione dell'entità dei danni per l'incendio del bacino

Determinazione dei raggi d'impatto

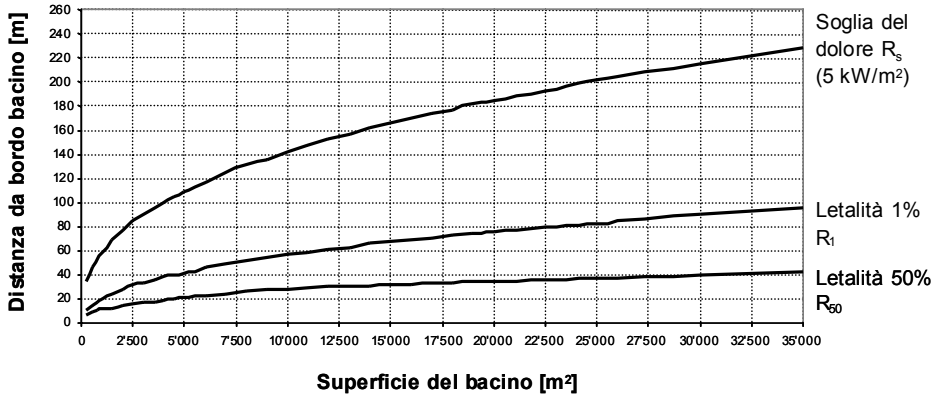
La base per stabilire i raggi d'azione è data dalla superficie del bacino determinante.

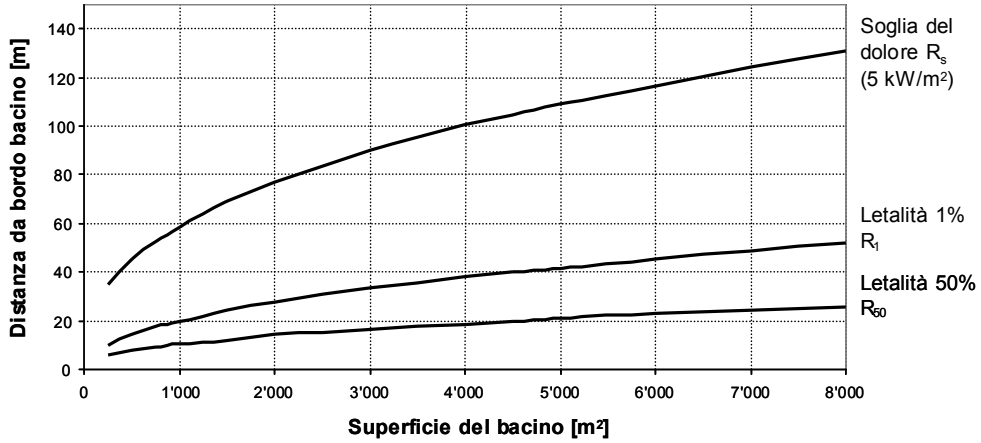
Superfici(e) determinanti(e) del bacino[1]:

a) Bacino con la superficie più grande	**N.:**	**Superficie =** **m²**
b) Bacino meno distante dalla popolazione	**N.:**	**Superficie =** **m²**

Si possono così evincere dal grafico 1 le rispettive distanze d'impatto dal bordo del bacino (raggi di letalità).

Fig. 1: Distanze d'impatto per l'incendio del bacino





Spiegazioni/commento

[1] *Superfici(e) determinanti(e) del bacino: per stabilire le(la) superfici(e) determinanti(e) del bacino occorre dedurre le basi dei serbatoi. Per contro, le pareti di separazione basse possono essere considerate soltanto se sono in grado di ritenere il contenuto del serbatoio maggiore.*

N. bacino	Letalità 50%:	Letalità 1%:	Soglia del dolore:
	R_{50} = m	R_1 = m	R_S = m
	R_{50} = m	R_1 = m	R_S = m

Valutazione degli effetti

N. bacino	Raggi d'impatto	N. persone colpite[1]	Fattori di letalità F2[2]	N. morti (= F x n. persone)
	R_{50} = m		0.65	
	R_1 = m		0.15	
				Totale:
	R_{50} = m		0.65	
	R_1 = m		0.15	
				Totale:

Calcolo dell'indice d'incidente rilevante

La conversione del numero dei morti nell'indice d'incidente rilevante **(INIR)** si effettua in base alla fig. 5 o alla formula indicata.

N. bacino	Numero morti	INIR	Formula
		n_1 =	n_1 = 0.3 x log(numero morti)
		n_1 =	n_1 = 0.3 x log(numero morti)

Il valore maggiore ottenuto va riportato nel riassunto all'ultima pagina.

Spiegazioni/commento

[1] *Numero persone colpite: per gli edifici d'abitazione, il numero delle persone potenzialmente toccate dall'evento può essere chiesto al controllo abitanti, per gli edifici artigianali e commerciali è invece generalmente necessario appurare il numero massimo dei posti di lavoro direttamente in azienda rispettivamente dei frequentatori esterni. Per le altre utilizzazioni (impianto sportivo, trasporti) occorre effettuare delle stime laddove il Comune o altri non possono fornire dati in merito.*

[2] *Fattore di letalità F: la letalità decresce costantemente con l'aumento della distanza dalla fonte di calore. Per semplicità questa diminuzione è approssimata mediante una funzione gradino. Il fattore di letalità corrisponde alla letalità media all'interno di un raggio di letalità. Nel raggio fino al 50% di letalità si applica il fattore di letalità 0.65, nel raggio fino a 1% di letalità il fattore 0.15.*

Annotazioni Capitolo 1

2. Valutazione dell'entità dei danni per la fuga di liquidi

Lo scenario fuga di liquidi è rilevante?

(segnare la risposta pertinente con una crocetta)

Il prodotto fuoriuscito può giungere tramite la canalizzazione aziendale o il drenaggio dell'area aziendale nelle acque[1], oppure tramite la canalizzazione delle acque luride all'IDA? ☐ sì ☐ no

Il prodotto fuoriuscito può giungere nelle acque attraverso superfici impermeabilizzate o non impermeabilizzate? ☐ sì ☐ no

Se la risposta è affermativa in almeno un caso, occorre procedere alla seguente valutazione degli effetti.
Se la risposta è negativa in ambedue i casi, questo scenario è irrilevante e si può proseguire la valutazione dell'entità dei danni passando al capitolo 3.

Valutazione degli effetti

Per lo scenario principale fuga di liquidi possono risultare determinanti diversi eventi. Per ciascun evento vanno pertanto valutate le quantità che possono disperdersi nell'area aziendale tramite la canalizzazione aziendale o in superficie e minacciare un ricettore naturale o l'IDA.

Errore di manipolazione nello svuotamento del bacino
È determinante la durata massima di una manipolazione errata del drenaggio del bacino più capiente[2]. Per la valutazione dell'entità dei danni la durata massima della manipolazione errata è stabilita in 15 minuti.

N. bacino	Capacità di evacuazione delle acque	Quant. massima di prodotto fuoriuscito	Formula
	E = m³/min	P = m³	P = E x 15 Min.

Spiegazioni/commento

[1] *Per "acque" si intendono sia le acque superficiali sia le acque sotterranee.*

[2] *Per l'entità dei danni in un ricettore naturale è determinante il bacino collegato alle acque o all'IDA tramite una canalizzazione e che dispone della maggiore capacità di drenaggio delle acque (pompa o deflusso). Se l'impianto dispone di diversi sistemi di canalizzazione (e volumi di ritenzione) si dovranno eventualmente calcolare più bacini.*

Getto libero oltre il bordo del bacino

È determinante il serbatoio con il volume maggiore e la minore distanza dal muro del bacino[1]. Per il calcolo si presuppone un serbatoio pieno (100% del volume utile).

N. serbatoio	Alt. serbatoio (livello massimo)	Superficie del serbatoio	Distanza dal muro	Altezza del muro
	A = m	S = m^2	D = m	M = m
	A = m	S = m^2	D = m	M = m

Il calcolo si basa sul modello della parabola di lancio (apertura falla piccola rispetto al livello). Va indicato il serbatoio con il massimo volume di prodotto fuoriuscito.

N. serbatoio	Volume massimo di prodotto fuoriuscito	Formula
	P = m^3	P = (A - D - M) x S

Tracimazione del bacino

La tracimazione del bacino è possibile solo se in seguito a una perdita del serbatoio viene addotto al bacino un volume supplementare (per es. agente estinguente, acqua di raffreddamento o di spegnimento). È determinante il bacino con il più piccolo volume di riserva rispetto al contenuto del maggiore serbatoio nel bacino. È lecito presumere apporti di agente estinguente per la durata di 1 ora. Per l'intervento dei pompieri si possono prevedere 2 ore. Per l'apporto di acqua di spegnimento occorre presupporre almeno ¼ d'ora[2].

N. serbatoio	Volume utile	Volume schiuma, acqua spegnimento e raffreddamento	Volume del bacino
	VU = m^3	VS = m^3	VB = m^3
	VU = m^3	VS = m^3	VB = m^3

È determinante il serbatoio con il maggior volume di tracimazione.

N. serbatoio	Volume massimo di prodotto fuoriuscito	Formula
	P = m^3	P = VU + VS - B

Spiegazioni/commento

1 *La quantità massima di prodotto fuoriuscito risulta in un grande serbatoio con ridotta distanza dal muro del bacino. In caso di disposizioni diverse di grandezze di serbatoi e distanze del muro del bacino va eventualmente calcolato un caso ciascuno per la determinazione della quantità massima di fuoriuscita. Lo scenario può verificarsi anche nel caso di serbatoi interrati con argini protettivi; in tal caso si ammette per l'altezza del muro la differenza d'altezza tra il fondo del serbatoio e lo spigolo superiore dell'argine.*

2 *Poiché i serbatoi in bacini incendiati non vengono raffreddati si presuppone un afflusso accidentale d'acqua di raffreddamento della durata di un quarto d'ora. Giusta DC 2.1 a) F6 vengono raffreddati i serbatoi esposti, segnatamente in bacini parziali adiacenti.*

Perdita durante il travaso

Per stabilire la quantità massima di prodotto fuoriuscito è determinante la grandezza della falla, o il deflusso dalla falla con durata massima fino all'otturazione della stessa.

Deflusso dalla falla	**Durata perdita**	**Quantità massima di prodotto fuoriuscito**	**Formula**
F = m^3/min	T = min.	P = m^3	P = F x T

Valutazione degli effetti

L'entità effettiva dei danni dipende in gran parte dal concetto dell'impianto e dai dintorni. È quindi necessario determinare per ogni impianto separatamente la quantità di prodotto che può essere trattenuta nell'area aziendale stessa (in volumi di ritenzione o in superficie). Nella valutazione occorre pertanto tener conto per esempio della topografia, delle parti di superfici impermeabilizzate e non impermeabilizzate e della disposizione dei pozzetti.

Evento	**Quantità massima prodotto**	**Ritenzione nell'area**	**Quantità in acque**	**Formula**
Drenaggio (21)	P = m^3	R = m^3	AS = m^3 AF = m^3	AS (AF) = P - R
Getto libero (22)	P = m^3	R = m^3	AS = m^3 AF = m^3	AS (AF) = P - R
Tracimazione bacino (22)	P = m^3	R = m^3	AS = m^3 AF = m^3	AS (AF) = P - R
Perdita durante il travaso (22)	P = m^3	R = m^3	AS = m^3 AF = m^3	AS (AF) = P - R

AS: quantità in acque, superficiali
AF: quantità in acque sotterranee di falda

In caso di ulteriore dispersione si ammette per l'indicatore n_3 (acque superficiali) una distribuzione uniforme sulla superficie dell'acqua, per l'indicatore n_4 (acque sotterranee/acqua potabile) vanno inoltre tenute in considerazione le possibili vie di propagazione con le distanze dalle zone minacciate. L'entità dei danni dovuti alle quantità di inquinamento stimate risulta dal rispettivo valore limite stabilito e può essere calcolato con le seguenti formule:

Deflusso nella canalizzazione (21)

Indicatore	Quantità nelle acque	Inquinamento delle acque	Formula
n_3	AS = m^3	I_{AS} = km^2	$I_{AS} = AS \times 0.0567$ (v. Rapp. cpv. 5.3)
n_4	AF = m^3	I_{AF} = PM	$I_{AF} = AF \times 3.5 \times 10^6$ (v. Rapp. cpv. 5.3)

Calcolo degli **indici d'incidente rilevante**
La conversione delle risultanze nell'indice d'incidente rilevante si effettua in base alla fig. 5 o alle formule:

Indicatore	Entità	Indice d'incidente rilevante	Formula
n_3	km^2	n_3 =	$n_3 = 0.3 \times (\log(\text{numero } km^2) + 1)$
n_4	PM	n_4 =	$n_4 = 0.3 \times (\log(\text{numero PM}) - 3)$

Questi valori vanno riportati nel riassunto all'ultima pagina.

Deflusso in superficie (22)

Indicatore	Quantità nelle acque	Inquinamento delle acque	Formula
n_3	AS = m^3	I_{AS} = km^2	$I_{AS} = AS \times 0.0567$ (v. Rapp. cpv. 5.3)
n_4	AF = m^3	I_{AF} = PM	$I_{AF} = AF \times 3.5 \times 10^6$ (v. Rapp. cpv. 5.3)

Calcolo degli **indici d'incidente rilevante**
La conversione delle conseguenze nell'indice d'incidente rilevante si effettua in base alla fig. 5 o alle formule

Indicatore	Entità	Indice d'incidente rilevante	Formula
n_3	km^2	n_3 =	$n_3 = 0.3 \times (\log(\text{numero } km^2) + 1)$
n_4	PM	n_4 =	$n_4 = 0.3 \times (\log(\text{numero PM}) - 3)$

Questi valori vanno riportati nel riassunto all'ultima pagina.

Annotazioni Capitolo 2:

3. Valutazione dell'entità dei danni per l'esplosione nella canalizzazione

Lo scenario esplosione è rilevante?

(segnare la risposta pertinente con una crocetta)

Nell'impianto viene immagazzinata benzina? ☐ sì ☐ no

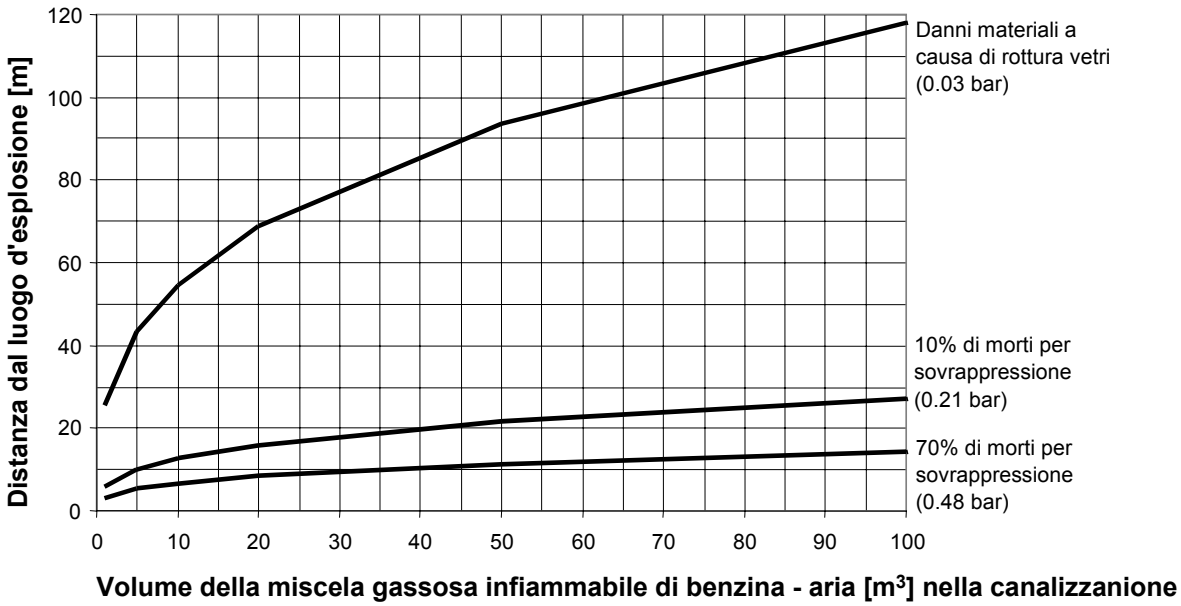
La benzina che fuoriesce dall'impianto può raggiungere la canalizzazione pubblica? ☐ sì ☐ no

Se la risposta è affermativa in ambedue i casi, occorre procedere alla seguente valutazione degli effetti.
Se una delle due risposte è negativa, questo scenario è irrilevante e si può proseguire la valutazione dell'entità dei danni passando al capitolo 4.

Valutazione degli effetti

Deflagrazione
Il seguente diagramma rappresenta le distanze d'impatto in dipendenza del volume di gas infiammabile nella canalizzazione con una sovrappressione iniziale di 7 bar in seguito a una deflagrazione.

Fig. 2: Effetti di una deflagrazione per diverse quantità di gas infiammabile



Detonazione
In condizioni sfavorevoli, nelle canalizzazioni può verificarsi una detonazione con una sovrappressione fino a 25 bar. In seguito alla rapida diminuzione della pressione entro pochi metri, i due eventi presentano solo lievi differenze per quanto riguarda gli effetti all'aperto. Per approssimazione, la figura 2 viene quindi applicata anche all'evento detonazione:

Per l'evento esplosione è determinante la quantità di gas infiammabile[1] presente nella tubatura di canalizzazione:

Sezione tubo	**Lunghezza del tratto[2]**	**Miscela gas-aria infiammabile**	**Formula**
S = m^2	LT = m	V = m^3	V = S x LT

Dalla fig. 2 si possono pertanto evincere le seguenti distanze d'impatto $R_{0.48}$ e $R_{0.21}$:

	sovrappressione 0.48 bar	**sovrappressione 0.21 bar**
Scenario deflagrazione	$R_{0.48}$ = m	$R_{0.21}$ = m

Valutazione degli effetti

Le distanze d'impatto vanno riportate dal luogo dell'esplosione[3] alla zona circostante.

Luogo d'esplosione	**Raggio d'impatto**	**Numero di persone colpite**	**Fattori di letalità F**	**Numero morti (= F x numero persone)**
Inizio del tratto	$R_{0.48}$ = m		0.70	
	$R_{0.21}$ = m		0.10	
				Totale:
Fine del tratto	$R_{0.48}$ = m		0.70	
	$R_{0.21}$ = m		0.10	
				Totale:

Spiegazioni/commento

[1] *I vapori di benzina sono infiammabili nell'intervallo di concentrazione tra 0.6-8%. Per la valutazione dell'entità dei danni è stabilita una concentrazione al 4.5%, corrispondente all'incirca a una miscela stechiometrica di gas.*

[2] *La lunghezza determinante del tratto risulta dalla distanza massima tra due pozzetti (o altri punti deboli) della canalizzazione pubblica all'esterno dell'area aziendale.*

[3] *Il luogo d'esplosione si situa sempre dove esistono punti deboli (per es. pozzetti), ossia generalmente all'inizio e alla fine del tratto determinante.*

Calcolo degli indici di incidente rilevante

La conversione del numero dei morti nell'indice di incidente rilevante si effettua in base alla fig. 5 o alla formula indicata:

Luogo d'esplosione	**Numero morti**	**Indice d'incidente rilevante**	**Formula**
Inizio tratto		n_1 =	INIR n_1 = 0.3 x log(numero morti)
Fine tratto		n_1 =	INIR n_1 = 0.3 x log(numero morti)

Il maggiore dei due indici d'incidente rilevante va riportato nel riassunto all'ultima pagina.

Annotazioni Capitolo 3:

4. Valutazione dell'entità dei danni per il caso speciale esplosione di una nube di gas

Lo scenario di gas è rilevante?

(segnare la risposta pertinente con una crocetta)

Nell'impianto viene immagazzinata benzina? ☐ sì ☐ no

In un raggio di ca 150 m attorno all'impianto vi sono un'elevata densità di popolazione, grandi concentrazioni di persone o edifici difficilmente evacuabili? ☐ sì ☐ no

Se la risposta è affermativa in ambedue i casi, occorre procedere alla seguente valutazione degli effetti. Se una delle due risposte è negativa, questo scenario è irrilevante e si può proseguire la valutazione dell'entità dei danni passando al capitolo 5.

Determinazione della grandezza massima della nube di gas
La base per stabilire la grandezza della nube di gas è data dalla superficie del bacino determinante.

Superfici(e) determinanti(e) del bacino (riportare dal capitolo 1 incendio del bacino):

a) Bacino con la superficie maggiore	**N.:**	**Superficie =** **m^2**
b) Bacino con la minore distanza dalla popolazione	**N.:**	**Superficie =** **m^2**

Mediante le seguenti figure è possibile determinare per diverse superfici del bacino la grandezza della nube di gas e le superfici colpite dell'onda di pressione:

Fig. 3: Forma della nube di gas e dimensioni delle zone colpite

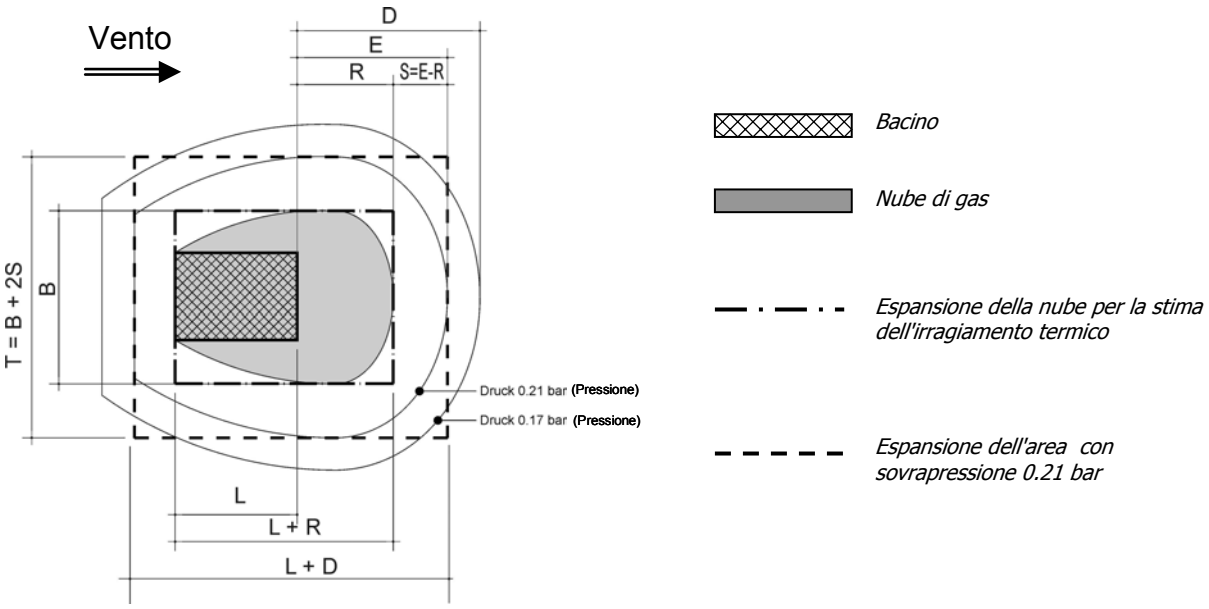
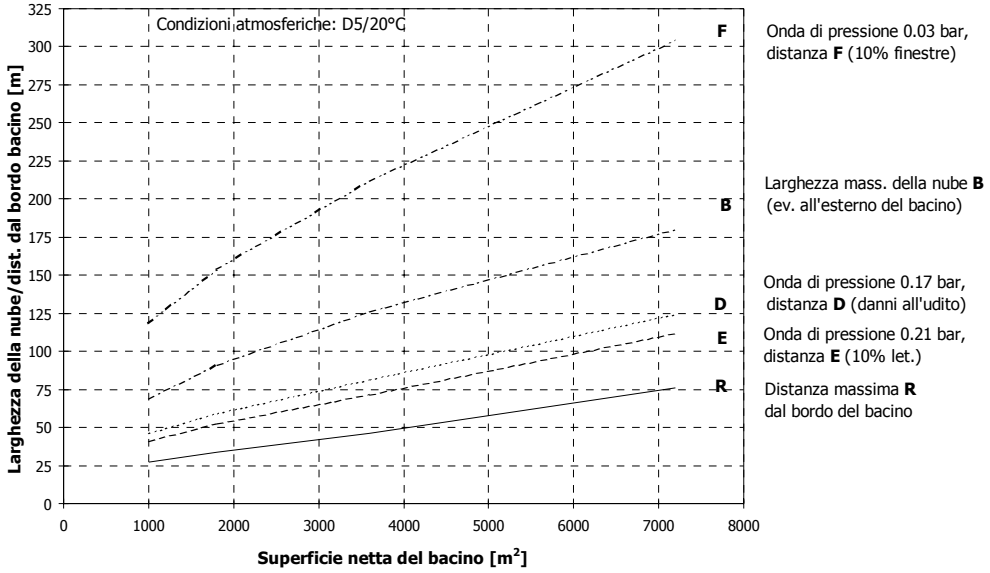


Fig. 4: Grandezza della nube di gas a dipendenza della superficie del bacino

Nube infiammabile: larghezza massima (B) e distanza (R) dal bordo del bacino
Onde di pressione distanza E, D e F dal bordo del bacino



N. bacino	Lungh. bacino L [m]	Largh. nube B [m]	Distanza D [m]	Distanza E [m]	Distanza R [m]
a)	L = m	B = m	D = m	E = m	R = m
b)	L = m	B = m	D = m	E = m	R = m

Valutazione degli effetti

Per gli effetti dell'irraggiamento termico sulla popolazione si ritiene che il 50% delle persone presenti all'interno della nube risulti ferito mortalmente. Le persone negli edifici sono considerate minacciate solo nella misura del 10%. In virtù della breve durata di combustione, all'esterno della nube di gas gli effetti dell'irraggiamento di calore possono essere trascurati; non v'è pericolo per le persone.
Per quanto concerne gli effetti dell'onda d'urto sulla popolazione viene determinata l'area di pressione di oltre 0.21 bar. Il 10% delle persone in tale area è ferito mortalmente. A sensi di un'ipotesi conservativa si presuppone inoltre che gli edifici non offrano alcuna protezione dagli effetti della pressione, poiché le persone negli edifici vengono considerate come se si trovassero all'aperto.

Per un impianto concreto possono risultare, a dipendenza della direzione di espansione, diverse entità dei danni. Per la valutazione dell'entità dei danni è determinante la direzione con l'entità maggiore[1].

Spiegazioni/commento

[1] La direzione determinante risulta dal riporto della grandezza della nube di gas dal bacino in direzione delle adiacenze dell'impianto. A dipendenza della posizione del bacino nell'area aziendale e dell'esposizione esistente vanno esaminate diverse direzioni. Solo in casi motivati, per es. direzione predominante del vento dovuto a una situazione di valle, le analisi possono limitarsi a una sola direzione.

Effetti dell'onda di pressione:

N. bacino

a) L = m B = m D = m E = m R = m

Dimensioni dell'area colpita:

S = E – R = m
T = B + 2S = m
L + D = m

N. persone colpite

O_a:

N. bacino

b) L = m B = m D = m E = m R = m

Dimensioni dell'area colpita:

S = E – R = m
T = B + 2S = m
L + D = m

N. persone colpite

O_b:

Effetti dell'irraggiamento termico:

N. bacino

a) L = m B = m R = m

Dimensioni dell'area colpita:

B = m
L + R = m

N. persone colpite

all'aperto:
C_{aA}
in edifici:
C_{aE}

Totale C_a:

N. bacino

b) L = m B = m R = m

Dimensioni dell'area colpita:

B = m
L + R = m

N. persone colpite

all'aperto:
C_{bA}
in edifici:
C_{bE}

Totale C_b:

Dimensione bacino a

Effetto	Numero persone colpite	Fattori di letalità F	Numero morti = F x n. persone
Onda pressione	O_a:		
Irragg. termico	C_a:		
	C_{aA}	0.50	
	C_{aE}:	0.10	
	O_a - C_a:	0.10	
			Totale:

Dimensione bacino b

Effetto	Numero persone colpite	Fattori di letalità F	Numero morti = F x n. persone
Onda pressione	O_b:		
Irragg. termico	C_b:		
	C_{bA}:	0.50	
	C_{bE}:	0.10	
	O_b - C_b:	0.10	
			Totale:

Calcolo dell'indice d'incidente rilevante

La conversione del numero dei morti nell'indice d'incidente rilevante si effettua in base alla fig. 5 o con la formula. È determinante il maggiore dei due valori per il bacino a) con la superficie maggiore e il bacino b) con la minore distanza dalla popolazione:

N. bacino	N. morti	INIR	Formula
		n_1 =	$n_1 = 0.3 \times \log(\text{numero morti})$

L' indice d'incidente rilevante ottenuto va riportato nel riassunto all'ultima pagina.

Annotazioni Capitolo 4:

5. Valutazione dell'entità dei danni per il caso speciale Boil Over

Lo scenario Boil Over è rilevante?

(segnare la risposta pertinente con una crocetta)

Nell'impianto viene immagazzinato olio pesante, olio grezzo, diesel o olio combustibile? ☐ sì ☐ no

In un raggio di ca 400 m attorno all'impianto vi sono grandi concentrazioni di persone o edifici difficilmente evacuabili? ☐ sì ☐ no

Se la risposta è affermativa in ambedue i casi, occorre procedere alla seguente valutazione degli effetti. Se una delle due risposte è negativa, questo scenario è irrilevante e si può proseguire la valutazione dell'entità dei danni passando al capitolo 6.

Determinazione dei raggi d'evacuazione

A) Soglia del dolore Rs
La soglia del dolore rappresenta, con un irraggiamento termico di 5 kW/m^2 , il limite entro il quale le persone subiscono lesioni dopo un'esposizione di 10 - 20 secondi. Per la valutazione dell'entità dei danni si può utilizzare come modello per gli effetti del Boil Over l'irraggiamento termico dell'incendio del bacino[1].

Superfici(e) determinanti(e) del bacino (riprendere dal capitolo 1 incendio del bacino):

1) Bacino con la superficie più grande	**N.:**	**Superficie =** **m^2**
2) Bacino meno distante dalla popolazione	**N.:**	**Superficie =** **m^2**

Con la superficie del bacino e la fig. 1 (incendio del bacino) può essere stabilita la soglia del dolore:

N. bacino	**Superficie del bacino**	**Soglia del dolore R_s**	
	S = m^2	R_s = m	v. fig. 1
	S = m^2	R_s = m	v. fig. 1

Spiegazioni/commento

[1] *È determinante il bacino che fa parte dei serbatoi considerati (ossia nessun serbatoio di benzina o cherosene). Qualora per l'incendio del bacino (cap. 1) fosse risultato determinante un bacino con un serbatoio di benzina o cherosene (per la grandezza o l'esposizione), la superficie va ridefinita.*

B) Valore limite secondo il Ministero francese dell'ambiente

Una valutazione approssimativa (più conservativa) per un raggio d'evacuazione 5 kW/m^2 può essere determinata anche a partire dal contenuto del serbatoio con una formula empirica (vedi Rapporto par. 7.2.3):

Contenuto determinante del serbatoio[1]:

1) Serbatoio con il maggiore contenuto	**N.:**	**Contenuto = m^3**
2) Serbatoio meno distante dalla popolazione	**N.:**	**Contenuto = m^3**

Il raggio d'evacuazione può essere calcolato come segue:

Serbatoio n.	Cont. mass in m^3 risp. kg	10% del contenuto	Raggio d'evacuazione	Formula
	C = m^3 C = kg	Q = kg	R = m	R = 5.86 x M$^{1/3}$
	C = m^3 C = kg	Q = kg	R = m	R = 5.86 x M$^{1/3}$

Valutazione degli effetti

Un irraggiamento termico di 5 kW/m^2 a una durata d'esposizione di 10-20 s causa lesioni. All'interno della distanza d'impatto sono quindi minacciate tutte le persone che non sono state allarmate ed evacuate nel periodo dall'inizio dell'incendio fino al Boil Over (generalmente ore).

Attuazione dei raggi d'evacuazione

I raggi d'evacuazione determinati vanno adeguatamente considerati d'intesa con gli organismi competenti nei piani d'intervento.

Spiegazioni/commento

[1] *Vanno considerati solo i serbatoi con olio pesante, diesel, olio combustibile o olio greggio (ossia nessun serbatoio di benzina o cherosene). È determinante quello con gli effetti maggiori, ossia il serbatoio con il contenuto maggiore o quello più vicino a persone minacciate.*

Annotazioni Capitolo 5:

6. Valutazione dell'entità dei danni materiali (indicatore n_6)

L'indicatore danni materiali è rilevante?

(segnare la risposta pertinente con una crocetta)

Nell'impianto viene immagazzinata benzina? ☐ sì ☐ no

Se la risposta è affermativa, occorre procedere alla seguente valutazione degli effetti di un'esplosione. Se la risposta è negativa, questo scenario è irrilevante e si può proseguire la valutazione dell'entità dei danni passando al capitolo 7.

Valutazione degli effetti

Gli effetti possono essere stimati tramite il calcolo delle onde di pressione e valutati mediante valori tabellari. Secondo OPIR non possono essere considerati i costi per la degenza in ospedale, le evacuazioni, le misure d'emergenza e le interruzioni d'esercizio. La seguente tabella 1 offre una visione d'assieme dei possibili danni in seguito a sovrappressione.

Effetti sulle infrastrutture in seguito a sovrappressione

Sovrappressione [bar]	**Effetti sull'infrastruttura**
1	distruzione di costruzioni industriali
0.48	**ribaltamento di carri merci**
0.34	99% danni strutturali a costruzioni
0.30	crollo di edifici
0.21	**50% danni a costruzioni**
0.17	50% distruzione di murature
0.06-0.08	1% danni a edifici
0.02-0.03	**10% dei vetri si infrangono**

Con l'aiuto della tabella precedente e della fig. 2 può essere effettuata una valutazione approssimativa degli effetti sulle infrastrutture e gli edifici esistenti per gli scenari d'esplosione. In determinati casi possono tuttavia essere necessari calcoli completivi.

Con questi valori e le indicazioni relative all'impianto e ai dintorni possono essere stimate le possibili entità dei danni alle diverse costruzioni o infrastrutture:

Scenario	Raggio d'azione		Tipo di danni materiali	Entità in mln di CHF
A) Esplosione nella canalizzazione	$R_{0.48}$=	m		
	$R_{0.21}$=	m		
	$R_{0.03}$ =	m		
				Totale:

Determinazione dei raggi in base alla fig. 2

B) Esplosione di una nube di gas	$R_{0.21}$=	m		
	$R_{0.03}$=	m		
				Totale:

Determinazione dei raggi in base alla fig. 4

Calcolo dell'indice d'incidente rilevante

La conversione dei danni materiali in indice d'incidente rilevante si effettua in base alla fig. 5 o alle formule:

Evento	mln di CHF	Indice d'incidente rilevante	Formula
A)		n_6 =	n_6 = 0.3 x (log (mln di CHF) - log 5)
B)		n_6 =	n_6 = 0.3 x (log (mln di CHF) - log 5)

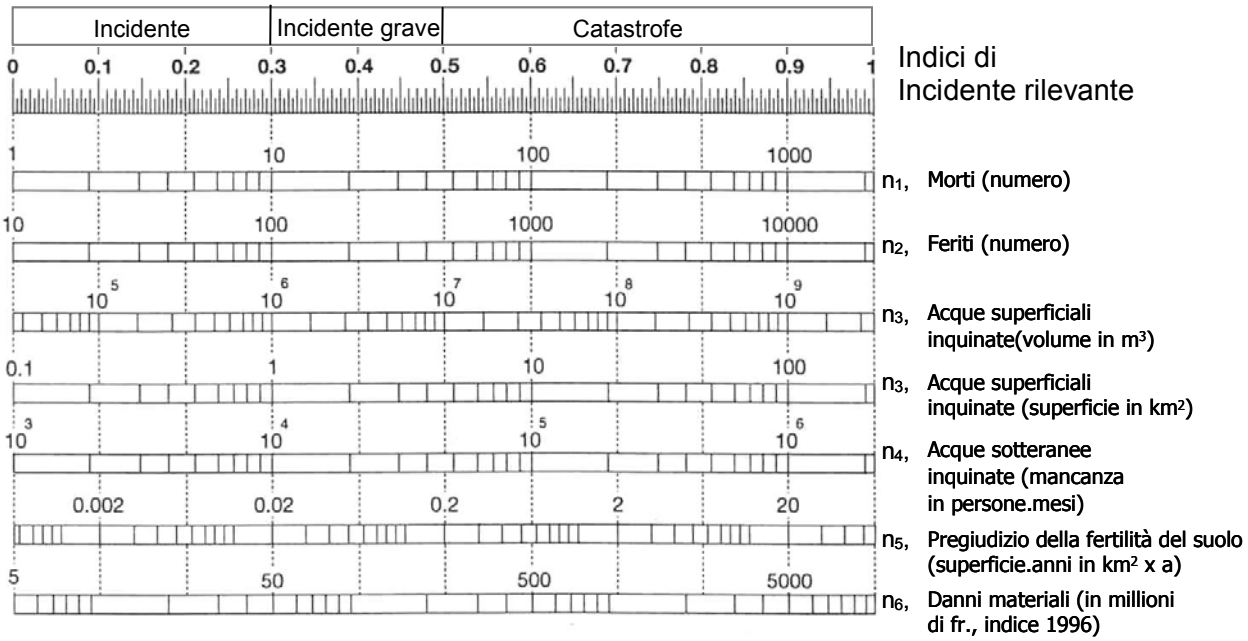
Il maggiore di questi due indici d'incidente rilevante va riportato nel riassunto all'ultima pagina.

Annotazioni Capitolo 6:

7. Calcolo dell'indice d'incidente rilevante

Le entità determinate possono essere convertite secondo la direttiva UFAFP del 1996 negli indici di incidente rilevante dei corrispondenti indicatori.

Fig. 5: Tabella di conversione per i diversi indici di incidente rilevante



Riassunto dei risultati

1 Incendio del bacino (10)		**Scenario rilevante:**		☐ sì ☐ no
Raggi di letalità:				
R_1 =	[m]			INIR
R_{50} =	[m]	Numero morti =		n_1 =
2a Deflusso nella canalizzazione (21)		**Scenario rilevante:**		☐ sì ☐ no
Quantità di prodotto fuoriuscito:		Inquinamento:		INIR
- nelle acque superficiali =	[m^3]	in superficie [km^2] =		n_3 =
- nelle acque sotterranee =	[m^3]	nelle acque sotterranee [PM] =		n_4 =
2b Deflusso in superficie (22)		**Scenario rilevante:**		☐ sì ☐ no
Quantità di prodotto fuoriuscito:		Inquinamento:		INIR
- nelle acque superficiali =	[m^3]	in superficie [km^2] =		n_3 =
- nelle acque sotterranee =	[m^3]	nelle acque sotterranee [PM] =		n_4 =
3 Esplosione nella canalizzazione (23)		**Scenario rilevante:**		☐ sì ☐ no
Raggi d'impatto:				
$R_{0.48}$ =	[m]			INIR
$R_{0.21}$ =	[m]	Numero morti =		n_1 =
4 Caso speciale esplosione nube di gas (12)		**Scenario rilevante:**		☐ sì ☐ no
4.1 Effetti dell'irraggiamento termico				
Larghezza mass. B =	[m]			INIR
Lunghezza mass. L+R =	[m]	Numero morti =		n_1 =
4.2 Effetti dell'onda di pressione				
$R_{0.21}$ =	[m]			INIR
$R_{0.17}$ =	[m]	Numero morti:		n_1 =
5 Caso speciale Boil Over (16)		**Scenario rilevante:**		☐ sì ☐ no
Raggi d'evacuazione:		Attuazione:		
R_s (5 kW/m^2) =	[m]	Considerato nel piano d'interv.:		
R (10% contenuto serbatoio) =	[m]	Considerato nel piano d'interv.:		
6 Caso speciale danni materiali (n_6)		**Scenario rilevante:**		☐ sì ☐ no
				INIR
Esplosione nella canalizzazione:		Danni materiali [milioni di CHF] =		n_6 =
				INIR
Esplosione di una nube di gas:		Danni materiali [milioni di CHF] =		n_6 =

Annotazioni Capitolo 7: