Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale delle strade USTRA

DOCUMENTAZIONE

PERICOLI NATURALI LUNGO LE STRADE NAZIONALI: GESTIONE DEI RISCHI

Metodologia basata sui rischi per la valutazione, la prevenzione e la gestione dei pericoli naturali gravitazionali lungo le strade nazionali

Edizione 2012 V2.20
ASTRA 89001

Impressum

Autori / Gruppo di lavoro

Gogniat Bernard	(USTRA N-SFS, presidente del gruppo di lavoro)
Trocmé Maillard Marguerite	(USTRA N-SFS)
Huber Marc	(USTRA I-FU)
Arnold Phillipe	(USTRA I-FU)
Vollmer Urs	(USTRA I-F3)
Rieder Urban	(USTRA I-F2)
Sandri Arthur	(UFAM, divisione Prevenzione dei pericoli, sezione Frane, valanghe e bosco di protezione)
Raetzo Hugo	(UFAM, divisione Prevenzione dei pericoli, sezione Frane, valanghe e bosco di protezione)
Dorren Luuk	(UFAM, divisione Prevenzione dei pericoli, sezione Frane, valanghe e bosco di protezione)
Egli Thomas	(PLANAT, coordinamento ricerca c/o Egli Engineering)
Eberli Josef	(Canton Nidvaldo, ingegnere cantonale)
Knuchel Reto	(Canton Grigioni, manutenzione stradale)
Kienholz Hans	(Università di Berna, istituto geografico)
Donzel Michel	(Gruppo di lavoro ponti, pacchetto di ricerca AGB1)
Utelli Hans-Ueli	(IMPULS AG, accompagnamento)
Perren Bernhard	(IMPULS AG, accompagnamento)

Traduzione (originale tedesca)

Bomio e Fürst SA	(traduzione italiana)
Servizi linguistici USTRA	(traduzione italiana e francese)

Editore
Ufficio federale delle strade USTRA
Divisione Reti stradali N
Standard e sicurezza infrastrutture SSI
3003 Berna

Diffusione
Il documento può essere scaricato gratuitamente dal sito www.astra.admin.ch.

© ASTRA 2012
Riproduzione permessa, previa citazione della fonte, salvo utilizzo commerciale.

Indice

Impressum **2**
Riassunto **5**

1 Introduzione **9**
1.1 Contesto 9
1.2 Dati di base utilizzati 9
1.3 Struttura del presente rapporto 9

2 Modello di base dell'analisi dei rischi **10**
2.1 Obiettivi 10
2.2 Metodologie esistenti 10
2.3 Piano di gestione dei rischi 11
2.4 Concetto e variabili del rischio 13
2.5 Procedura generale 15
2.6 Obiettivo, delimitazione del sistema e lavori preparatori 15
2.7 Perimetro 16

3 Analisi dei pericoli **17**
3.1 Generalità 17
3.2 Carta dei fenomeni 21
3.3 Processo "crollo" 22
3.4 Processo "Acqua" 28
3.5 Processo "Valanghe" 31
3.6 Processo "Frane" 34
3.7 Processo "Sprofondamento / Abbassamento" 40
3.8 Documentazione sull'analisi dei pericoli e risultati da fornire 41

4 Analisi dell'esposizione **43**
4.1 Tipi di danni possibili 43
4.2 Elementi e strutture a rischio 49

5 Analisi delle conseguenze **53**
5.1 Rischi per le persone 53
5.2 Rischi materiali 53

6 Calcolo del rischio **56**
6.1 Introduzione 56
6.2 Tipo di danno a: impatto diretto 56
6.3 Tipo di danno b: tamponamento 59
6.4 Tipo di danno c: copertura 60
6.5 Tipo di danno d1: disponibilità – chiusura dopo evento 61
6.6 Tipo di danno d2: disponibilità – chiusura preventiva 62
6.7 Somma di rischi 63
6.8 Documentazione sul calcolo del rischio e prodotti da consegnare 64

7 Valutazione dei rischi e delle misure **65**
7.1 In generale 65
7.2 Criteri di controllo 65
7.3 Efficienza ed efficacia delle misure 66
7.4 Procedura di pianificazione e valutazione delle misure 67
7.5 Sintesi del procedimento 72

Allegati **73**
Bibliografia **97**
Elenco delle modifiche **101**

Riassunto

Contesto

In Svizzera i pericoli naturali gravitativi come valanghe, caduta massi/blocchi, flussi di detrito e inondazioni oppure frane costituiscono sempre una minaccia per la rete delle strade nazionali. Gli ultimi eventi (crolli di roccia sulla N2 al Gottardo, intemperie del 2005 e valanghe dell'inverno 1999) ne sono state impressionanti testimonianze.

In questo contesto l'Ufficio federale delle strade (USTRA), in collaborazione con l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), la Piattaforma nazionale "Pericoli naturali" (PLANAT), i Cantoni e le scuole universitarie, ha pianificato e avviato numerosi progetti relativi alla gestione dei pericoli naturali basata sui rischi in riferimento all'intera rete delle strade nazionali. L'utilità di questi progetti risiede nella gestione uniforme e puntuale dei rischi come pure nella trasparenza dei mezzi utilizzati a tal scopo.

Mediante il **sottoprogetto 3: «Elaborazione di una procedura per la gestione dei pericoli naturali gravitativi»** l'USTRA intende gettare le basi per valutare secondo criteri uniformi e trasparenti i pericoli naturali gravitativi (valanghe, crolli di roccia, piene, frane e abbassamenti del terreno) che minacciano le strade nazionali elvetiche, nonché pianificare le necessarie misure di protezione in considerazione del rapporto costo - efficacia.

Il sottoprogetto 3 è seguito da rappresentanti dell'USTRA (divisioni I e N, filiali e unità territoriali), dell'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM, divisione Prevenzione dei pericoli), della Piattaforma nazionale "Pericoli naturali" (PLANAT), delle scuole universitarie e dei Cantoni.

La metodologia è basata sulle direttive e sulle raccomandazioni in vigore presso la Confederazione per la valutazione dei danni, sui nuovi metodi d'analisi e di valutazione dei rischi sviluppati dalla PLANAT e sulle conoscenze tratte dal pacchetto di ricerca AGB1. Per assicurare il rapporto con la rete stradale, questi dati di base sono stati adattati alle particolarità e alle necessità delle strade nazionali.

Obiettivi

L'utilizzo della metodologia permette di:

- valutare la minaccia che incombe sulla rete delle strade nazionali a causa dei pericoli naturali gravitativi mediante una metodologia univoca in ciò che concerne il tipo, l'intensità e la probabilità;
- quantificare e comparare le conseguenze (danni) per l'utente e il gestore della strada come pure i rischi secondari che ne possono conseguire;
- integrare i risultati nella gestione dei rischi attuata a livello dell'intero USTRA e compararli con gli altri rischi;
- dedurre il margine d'azione dal confronto fra rischi esistenti e criteri di controllo;
- fissare le priorità per la pianificazione delle misure da adottare;
- valutare la misura o la combinazione di misure ottimali dal punto di vista del rapporto costo - benefici;
- dare la priorità e attuare le misure più efficienti dal punto di vista economico.

Piano di gestione dei rischi

Il piano strategico alla base di questo metodo è così composto:

- **Analisi dei rischi** – Che cosa può accadere? L'analisi dei rischi è cosituita dall'analisi dei pericoli, dell'esposizione e delle conseguenze.
- **Valutazione dei rischi** – Che cosa si può tollerare?
- **Pianificazione delle misure** – Che cosa occorre fare?

Analisi dei pericoli

L'analisi dei pericoli valuta la probabilità e l'entità dei pericoli naturali. La metodologia assicura che la scelta degli scenari determinanti per il potenziale pericolo sia eseguita secondo criteri omogenei e trasparenti. Quali basi si utilizzano l'analisi di eventi precedenti, l'interpretazione di dati statistici, il rilevamento di testimonianze e la valutazione della predisposizione del terreno nonché delle misure di protezione esistenti e del bosco di protezione. Gli scenari relativi all'origine dei processi permettono di delimitare le zone d'azione lungo le strade nazionali, di rappresentarle sotto forma di carte d'intensità e di raccogliere i parametri significativi per la valutazione dei danni che ne possono conseguire.

Analisi dell'esposizione e delle conseguenze

Questa fase del lavoro consiste nel quantificare i danni e i rischi causati dai pericoli naturali, tenendo conto dei:

- **rischi per le persone**, causati da un impatto diretto o da una collisione con un ostacolo che si trova sulle strade nazionali;
- i rischi per le persone, generati da impatti diretti sugli impianti accessori come aree di ristoro, centri di manutenzione e altri;
- **rischi materiali**, risultati dai lavori di sgombero e di ripristino a seguito di un evento naturale;
- **rischi di disponibilità**, che si hanno quando a causa di un evento naturale un tratto stradale deve essere bloccato in modo preventivo o in seguito a danni. Per i veicoli ne risultano percorsi obbligati più lunghi da quantificare con l'ausilio del modello di traffico IVT-PFZ.

Per poter essere comparati, tutti i rischi sono quantificati separatamente e convertiti in valore monetario.

Valutazione dei rischi e pianificazione delle misure

Durante questa fase si verifica se i rischi identificati sono sopportabili o meno per il gestore degli impianti e per la società. Si determinano, inoltre, le procedure e i criteri per la valutazione delle misure e delle combinazioni di misure sulla base del rapporto costo - efficacia. L'obiettivo della valutazione dei rischi consiste nell'identificare i rischi non tollerabili e nel fornire i criteri che permettono di decidere in modo ottimale quali misure adottare.

Per i rischi individuali di decesso (p. es. pendolari che percorrono quattro volte al giorno un determinato tratto stradale), si fissa un limite di 10-5, equivalente alla probabilità generale di decesso di una persona. Questo criterio costituisce una condizione quadro che permette l'identificazione dei tratti stradali che presentano elevati rischi individuali di decesso.

La valutazione dei **rischi collettivi** viene effettuata sulla base del rapporto costo/efficacia, a meno che non si debba necessariamente tenere conto di fattori macroeconomici e/o politici più importanti. Eventuali misure di riduzione dei rischi collettivi possono essere prese in considerazione fintanto che il loro quoziente costo/efficacia è ≥ 1. Tale cifra costituisce un valore limite. La metodologia determina come devono essere calcolati i costi e l'efficacia (= rischio ridotto grazie a una misura) annuali. Per comparare i rischi per le persone e i rischi materiali e per convertirli in valore monetario, si utilizza l'importo dei costi marginali.

La metodologia definisce anche quale sarà la **combinazione ottimale delle misure** con quoziente costo/efficacia ≥ 1.

L'esperienza ci ha insegnato che esistono numerosi tratti stradali esposti ai pericoli naturali. Per questioni di risorse, è impossibile cominciare la pianificazione delle misure in tutti i tratti interessati allo stesso tempo. La metodologia indica i criteri utili per definire le **priorità** di tale pianificazione.

Situazione attuale e prospettive future

La presente metodologia è stata testata nell'ambito del progetto di ricerca AGB1 – AGB2007/201: «Testregion Risikomethoden» ai fini di determinare la sua comparabilità con i risultati di altri rischi e l'applicabilità dei risultati alla gestione USTRA dei rischi. L'applicazione pratica della metodologia è stata anche testata nel quadro di un progetto pilota realizzato nel San Gottardo su un tratto stradale lungo circa 30 km. Le procedure di entrambi i progetti sono state sottoposte a valutazione. La presente versione 2.00 della documentazione è stata modificata in base alle esperienze maturate nel corso dei suddetti progetti.

Successivamente la presente metodologia diventerà obbligatoria nell'USTRA (mediante direttiva interna).

1 Introduzione

1.1 Contesto

I pericoli naturali gravitativi come le valanghe, la caduta massi/blocchi, i flussi di detrito e le inondazioni, oppure le frane costituiscono una minaccia costante per determinati tratti della rete delle strade nazionali della Svizzera. Impressionante testimonianza di questa situazione sono stati i recenti crolli di roccia sulla N2 al Gottardo, le intemperie del 2005 e le valanghe dell'inverno 1999.

L'Ufficio federale delle strade (USTRA) intende valutare le strade nazionali svizzere minacciate dai pericoli naturali gravitativi secondo criteri uniformi e trasparenti che permettano un confronto dei risultati provenienti dalle differenti regioni e una gestione omogenea della protezione contro i pericoli naturali. D'altra parte, lo scopo è anche quello di armonizzare la gestione dei rischi legati ai pericoli naturali con quella dei rischi legatiall'insieme delle attività dell'Ufficio.

Il presente rapporto illustra la procedura metodologica necessaria alla gestione (valutazione, prevenzione e superamento) dei pericoli naturali gravitativi basata sui rischi, che dovrà essere utilizzata in futuro dall'USTRA.

1.2 Dati di base utilizzati

La metodologia qui presentata si basa sulle linee guida concernenti il piano di gestione dei rischi, sviluppate nell'ambito del piano d'azione della PLANAT 2006-2008 [48] e sulla procedura elaborata nel quadro del progetto "Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse, Massnahmenplanung Nationalstrassen Kanton Bern" [43].

Gli altri dati di base sono elencati nei singoli capitoli e nei rispettivi sottocapitoli. Tutti i dati di base utilizzati sono inoltre riassunti alla fine del documento nel capitolo Bibliografia.

1.3 Struttura del presente rapporto

Il presente rapporto è suddiviso nel modo seguente:

Capitolo 1 Introduzione
Capitolo 2 Modello di base dell'analisi dei rischi
Capitolo 3 Analisi dei pericoli
Capitolo 4 Analisi dell'esposizione
Capitolo 5 Analisi delle conseguenze
Capitolo 6 Calcolo del rischio
Capitolo 7 Valutazione dei rischi e delle misure
Capitolo 8 Allegati

2 Modello di base dell'analisi dei rischi

2.1 Obiettivi

Gli obiettivi fissati per questa metodologia sono in parte derivati da [13] sono stati formulati nel rapporto del 9 gennaio 2008 [41] e corretti nel corso della riunione del gruppo d'accompagnamento del 14 gennaio 2008. L' applicazione della presente metodologia permetterà di rispondere alle esigenze seguenti:

- i tratti stradali dell'intera rete delle strade nazionali della Svizzera minacciati da pericoli naturali sono noti;
- il tipo, l'intensità e la probabilità dell'insorgere dei processi pericolosi sono noti;
- le conseguenze (danni) per gli utenti e i gestori della strada come pure i rischi derivati sono noti;
- i risultati possono essere integrati nella gestione dei rischi attuata in seno all'USTRA e comparati a quelli di altri rischi;
- dal confronto fra rischi esistenti e criteri di controllo è possibile dedurre il margine d'azione;
- possono essere fissate priorità per la pianificazione delle misure;
- si è in grado di valutare la misura o la combinazione di misure ottimali dal punto di vista del rapporto costo/efficacia;
- è possibile preferire ed eseguire le misure più efficienti dal punto di vista economico;
- i prodotti, in particolare i dati digitali, devono essere compatibili con altre applicazioni in seno all'USTRA (MISTRA) e devono poter essere completati, sviluppati e aggiornati;
- i prodotti devono essere di facile comprensione e utilizzo per i differenti livelli di utenti e responsabili.

2.2 Metodologie esistenti

In Svizzera esistono differenti approcci metodologici per analizzare i rischi generati dai pericoli naturali lungo le vie di comunicazione. Essi si basano in parte sulle pubblicazioni dell'UFAM [23] e di C. Wilhelm ([59] e [60]), le quali si occupano esplicitamente dell'analisi dei rischi nell'ambito dei pericoli naturali.

Le differenze tra i diversi approcci non risiedono tanto nel concetto di rischio utilizzato, ma piuttosto nel livello d'approfondimento e nella quantificazione esplicita dei rischi. Le differenze riguardano soprattutto il numero e il tipo di scenario presi in considerazione nella valutazione dei pericoli e i tipi di danni osservati. Nel rapporto della PLANAT, 2004 ([52]) sono presentati diversi approcci metodologici per la gestione dei rischi legati i pericoli naturali.

Nell'ambito del progetto "Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse, Massnahmenplanung Naturgefahren Nationalstrassen Kanton Bern" [43], le sopracitate basi sono state utilizzate per elaborare una procedura metodologica.

Parallelamente all'elaborazione di questa metodologia, nell'ambito del progetto AGB2005/102 "Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung" [11] sono state sviluppate delle direttive che costituiscono la base metodologica per la valutazione dei rischi nei differenti ambiti della sicurezza dell'USTRA. Il rispetto di queste direttive deve garantire la comparabilità dei rischi nei diversi ambiti della sicurezza, sostenere e migliorare la presa di decisioni e permettere così una ripartizione delle risorse efficace e accettabile per la società. Al contempo tempo, nell'ambito del progetto di ricerca AGB2002/020 è stato redatto il rapporto "Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten" [12].

Tra il 2006 e il 2008 la PLANAT ha sviluppato delle linee guida per la gestione dei rischi legati ai pericoli naturali (Leitfaden Risikokonzept Naturgefahren (RIKO) [48]). Questo strumento costituisce una base per gestire i pericoli naturali e contribuisce, pertanto, a una loro gestione uniforme. Il progetto "Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für die Raumplanung (PROTECT)" [49] è stato realizzato nel medesimo periodo, elaborando dei criteri uniformi per esaminare gli effetti delle misure di protezione nell'ambito della valutazione dei pericoli naturali gravitativi.

La presente metodologia poggia sui metodi esistenti, completati con le esigenze specifiche delle strade nazionali e dell'USTRA. Si prefigge di rendere omogenea e trasparente l'intera procedura applicata nella valutazione e nella gestione dei pericoli naturali lungo le strade nazionali. La metodologia risponde alle condizioni e ai bisogni specifici riscontrati lungo le strade nazionali e assicura un riferimento alla rete stradale.

Questo strumento garantisce un'interfaccia con i rapporti, le direttive e le basi metodologiche elaborate nel medesimo periodo.

Inoltre, esistono diverse direttive dell'USTRA – generalmente specifiche a determinati processi o misure – come la "Richtlinie zur Einwirkung infolge Steinschlag auf Schutzgalerien" [1] oppure la documentazione "Steinschlag: Naturgefahr für die Nationalstrassen. Überprüfung der bestehenden Galerien." [3]. Presso l'USTRA la gerarchia dei differenti documenti è regolamentata nel modo seguente:

- istruzioni;
- direttive;
- manuale tecnico;
- documentazione.

2.3 Piano di gestione dei rischi

L'idea sulla quale si basa la presente metodologia prevede questi elementi (vedi anche analisi dei rischi (Cosa può succedere?)):

- analisi dei rischi (Che cosa può accadere?)
- valutazione dei rischi (Che cosa si può tollerare?)
- pianificazione delle misure (Che cosa occorre fare?)

Questo modello deriva dall'analisi e dalla valutazione di complessi problemi di sicurezza tecnica nonché dalla pianificazione di misure. Come ogni modello riflette solo parzialmente la realtà. In questo senso, rappresenta una convenzione che permette una gestione uniforme, e dunque confrontabile, dei problemi di sicurezza. L'obiettivo del concetto è di quantificare, nel limite del possibile, i rischi ed elaborare, partendo da questa quantificazione, delle affermazioni sull'accettabilità di questi rischi così come sull'adeguatezza e l'affidabilità dei sistemi di sicurezza.

Lo schema della pianificazione della sicurezza nei confronti dei pericoli naturali che serve da base a questa metodologia è presentato alla pagina seguente (adattato secondo [48]).

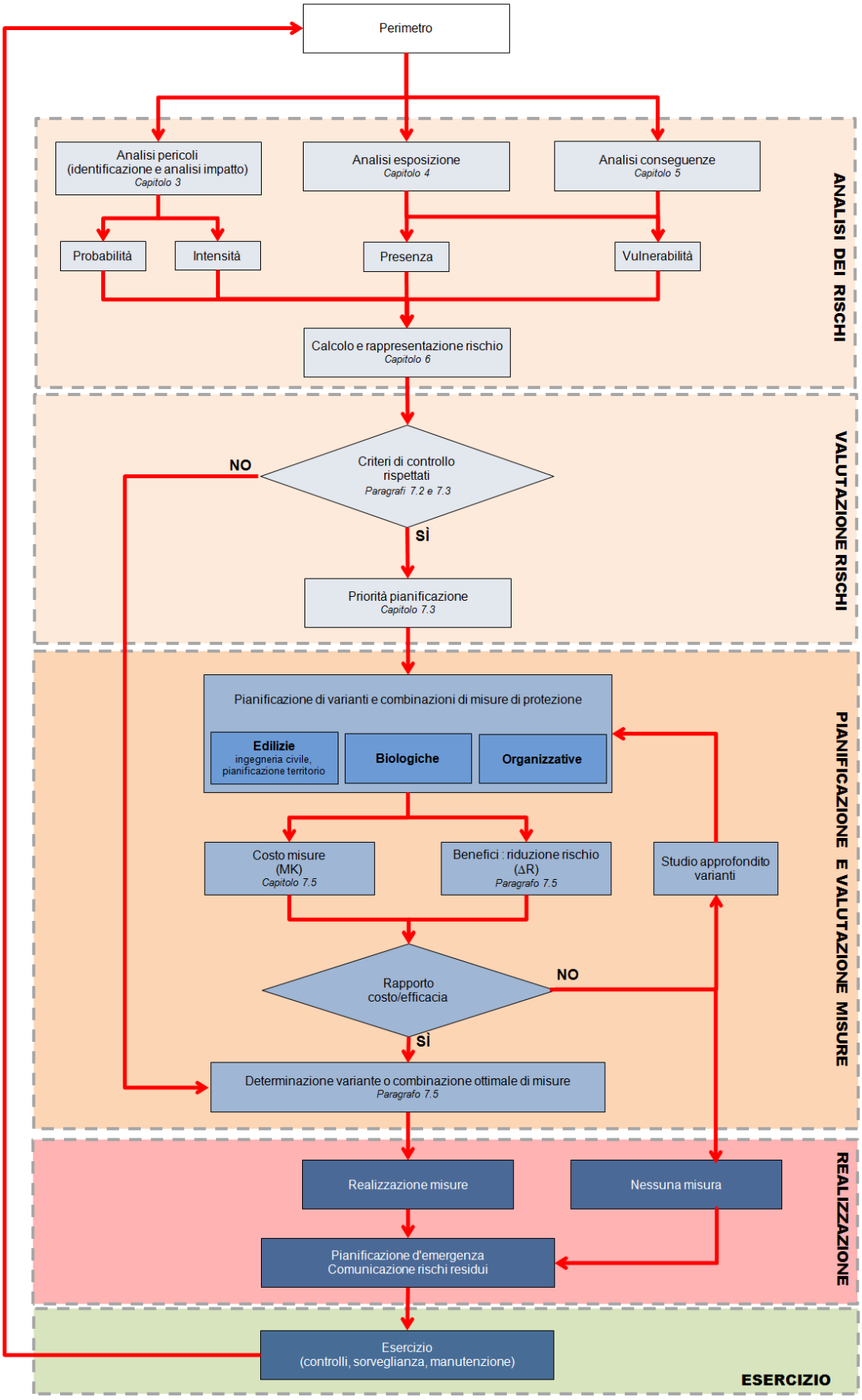


Fig. 2.1 Schema di pianificazione della sicurezza nei confronti dei pericoli naturali (adattato secondo [48]).

Analisi dei rischi – Che cosa può accadere? L'analisi dei rischi consiste in una valutazione dei pericoli, dell'esposizione, delle conseguenze e dei rischi effettivi. Basandosi su scenari definiti, si determinano i fattori e le circostanze che contribuiscono al rischio globale.

Valutazione dei rischi – Che cosa si può tollerare? La valutazione dei rischi mostra se i rischi identificati si situano al di sopra o al di sotto dei criteri di valutazione definiti (obiettivi di protezione) e se la protezione presenta delle lacune.

Pianificazione e valutazione delle misure – Cosa occorre fare? La pianificazione e la valutazione espongono le misure e i mezzi che possono ridurre i rischi. Mostrano inoltre quali serie di misure sono ottimali per raggiungere gli obiettivi di protezione prefissati.

2.4 Concetto e variabili del rischio

Definizione di rischio e formula

In generale, il rischio esprime la probabilità di occorrenza di una conseguenza indesiderata, vale a dire un danno. Vi è un rischio, quando delle strutture sono esposte a conseguenze pericolose e possono subire dei danni in ragione della loro vulnerabilità. La formula del rischio sintetizza queste correlazioni e può essere espressa come segue:

$$Rischio\ R = Entità\ dei\ danni\ S \times Probabilità\ dei\ danni\ p_D$$

$$Risiko\ R = Schadenausmass\ S \times Schadenwahrscheinlichkeit\ p_S$$

Tale formula esprime in termini statistici i danni attesi per anno o per evento.

- L'entità del danno è determinata da:
  - numero di persone nonché il numero e il valore delle strutture esposte a un evento pericoloso al momento della sua comparsa effettiva;
  - effetto fisico (= intensità) di questo evento;
  - vulnerabilità di persone, strutture o sistemi nei confronti di questo evento.
- La probabilità dei danni è determinata da:
  - probabilità di un evento pericoloso;
  - probabilità che persone o beni si trovino nella zona minacciata.

Tipi di danno possibili

Un evento naturale può interessare persone, strutture o sistemi.

- **Danni diretti:**
  - delle persone possono essere ferite o uccise in seguito a un evento naturale;
  - strutture a rischio (p. es. edifici, infrastrutture quali strade e ferrovie, tubazioni, parchi, ecc.) sono spostate, danneggiati o distrutte da eventi naturali. Il danno corrisponde, di norma, all'importo necessario per ripristinare la struttura. I danni diretti possono in genere essere direttamente quantificabili in termini monetari.
- **Danni indiretti (danni conseguenti):**
  - sono generalmente i costi dovuti a un'interruzione d'utilizzo o a delle perdite di guadagno;
  - danni causati alla natura e all'ambiente, per esempio in seguito alla fuoriuscita di sostanze inquinanti da un camion cisterna;
  - oltre a questi danni, ai quali è in parte possibile attribuire un valore, ve ne possono essere altri a strutture cui non si può attribuire un valore economico. Si tratta soprattutto di beni culturali che non possono essere sostituiti o che possono essere sostituiti solo parzialmente in caso di danno.

I danni potenziali da tenere in considerazione nelle analisi di rischio concernenti le strade nazionali sono articolati nelle seguenti categorie (vedi anche Fig. 4.1, pagina 47):

- **persone:** questo gruppo comprende tutte le persone che si trovano sulla carreggiata o negli impianti accessori che rientrano nella responsabilità dell'USTRA Come indicatore di danno, si tiene conto delle vittime decedute. I feriti non sono considerati separatamente[1];
- **strutture/elementi**: la carreggiata e i manufatti collegati fanno parte di questo gruppo, così come gli impianti accessori sotto la responsabilità dell'USTRA (UH-Peri, perimetro di manutenzione). Altri danni causati ad elementi, quali veicoli o beni trasportati, non sono presi in considerazione;
- **disponibilità:** certi tratti di strada non sono disponibili agli utenti in seguito alla chiusura preventiva o in seguito a un evento naturale. Queste chiusure causano dei danni conseguenti a causa dei costi di deviazione che comportano.

Fig. 2.2 Categorizzazione possibile dei danni (in corsivo: considerati nella metodologia, caratteri normali: non tenuti in considerazione nella metodologia).

	Danni diretti	**Danni indiretti**
Danni interni	Decesso di dipendenti dell'USTRA *Danni materiali causati a infrastrutture*	Danno all'immagine
Danni esterni	*Decesso di utenti della strada in generale* Danni materiali ai veicoli e ai beni trasportati Danni causati alla natura e all'ambiente	*Costi di deviazione in seguito alla chiusura della strada (disponibilità)*

Parametri di rischio

Un rischio può essere determinato sia qualitativamente che quantitativamente. Se è determinato qualitativamente, il parametro è relativo e senza unità.

- Se il rischio è quantificato, è possibile distinguere: da una parte i rischi per le persone e i rischi per i beni materiali, dall'altra, i rischi collettivi e i rischi individuali: Quando si calcola il rischio per un solo elemento, si parla di un rischio legato all'elemento. Quando si considera il rischio al quale sono esposti tutti gli elementi minacciati nel sistema considerato come collettivo, si parla di rischio collettivo. Il **rischio collettivo** riflette il valore della totalità dei danni attesa in un'entità di riferimento:
  - il **rischio materiale** è calcolato in rischio per anno (o valore statistico annuale dei danni attesi) ed espresso in CHF per anno;
  - il **rischio per le persone** è calcolato in rischio per anno ed espresso in numero di decessi per anno. Permette di dedurre, statisticamente, fra quanti anni c'è d'attendersi una vittima;
  - per confrontare il rischio per le persone con il rischio materiale e per sommare questi due rischi, è possibile monetizzare il rischio per le persone. A questo fine, si possono utilizzare differenti importi:
    - i costi marginali, secondo il piano di gestione rischi PLANAT [48];
    - i costi sociali legati agli incidenti secondo [5] (pari a 1,8 milioni di franchi);
    - i costi degli incidenti secondo [14] (pari a 3,4 milioni di franchi);
  - il costo limite è fissato dall'Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE (*Value of statistical life (VOSL) : empfohlener Wert der Zahlungsbereitschaft für die Verminderung des Unfall- und Gesundheitsrisikos in der Schweiz*);
- dal rischio collettivo in rapporto alle persone è possibile dedurre matematicamente l'entità del rischio per l'individuo che si trova in una zona minacciata. Si parla allora di **rischio individuale di decesso**; la cui unità di rischio generale è di norma la

[1] I costi derivanti dagli infortuni causati da un incidente possono essere considerevoli. Tuttavia, a causa della mancanza di valori empirici nel campo dei pericoli naturali e allo scopo di semplificare le conseguenze sulle persone delle quali bisogna tenere conto, per la determinazione del numero di feriti e dell'entità delle lesioni si tiene conto solamente del numero delle vittime decedute.

probabilità di decesso per anno o per unità di una determinata attività (p. es. per chilometro percorso in macchina)[2].

2.5 Procedura generale

L'analisi del rischio si articola nelle seguenti fasi (vedi anche Fig. 2.1):

- **obiettivo, delimitazione del sistema e lavori preparatori:** definizione degli obiettivi dell'analisi dei rischi, delimitazione del sistema da valutare;
- **analisi dei pericoli**: identificazione dei pericoli (fissare gli scenari determinanti e la loro probabilità di occorrenza) e analisi degli effetti (determinare la natura, l'ampiezza e gli effetti fisici del processo);
- **analisi dell'esposizione:** individuare la natura e l'ubicazione dei terreni a rischio e la loro presenza temporale e spaziale;
- **analisi delle conseguenze:** determinare la sensibilità ai danni (vulnerabilità) e l'entità dei danni su un elemento in funzione dell'intensità del processo;
- **determinazione e rappresentazione dei rischi:** calcolo dei parametri determinanti dei rischi e rappresentazione su carte, tabelle e diagrammi.

La struttura concreta dell'analisi dei rischi, in particolare il livello di dettaglio e di quantificazione, dipende in primo luogo dagli obiettivi perseguiti. Due dei fattori limitanti più importanti in termini di dettaglio e di quantificazione sono la qualità e il grado di quantificazione dei dati disponibili. Indipendentemente dalle esigenze poste dall'analisi dei rischi, deve essere seguitala procedura descritta.

2.6 Obiettivo, delimitazione del sistema e lavori preparatori

All'inizio dei lavori è necessario chiarire con i servizi responsabili i punti seguenti:

- Qual è la problematica?
- Chi sono le persone coinvolte?
- Quali sono gli obiettivi dell'analisi del rischio?
- Entro quali limiti avviene la valutazione sul piano geografico e su quello dei contenuti?
- Quali sono i dati di base disponibili presso i servizi responsabili?
- Quali sono i risultati finali attesi?

Sulla base di quest'analisi della situazione si possono fissare il livello di dettaglio necessario e i costi.

Come in altri studi simili, nei lavori preparatori rientrano l'acquisizione dei dati di base necessari (vedi anche capitoli seguenti) e la presa di contatto con i servizi coinvolti, con gli specialisti della disciplina e del territorio implicato, così come con conoscitori locali del terreno.

È necessario stabilire l'organizzazione del progetto, le competenze, i risultati intermedi attesi, la pianificazione, ecc.

[2] In realtà, tutti gli individui costituiscono insieme la collettività; il rischio collettivo è il totale dei rischi individuali. Tuttavia nella matematica si utilizza il processo inverso, dato che nello spazio le persone minacciate sono considerate come collettività (p. es. attraverso la media del traffico giornaliero (TGM)).

2.7 Perimetro

L'analisi dei pericoli e dei rischi, così come la pianificazione delle misure, deve riferirsi alla rete delle stradi nazionali, tenendo conto di tutti gli altri elementi che potrebbero subire dei danni. Il potenziale dei danni determinante ingloba le zone e le strutture designati nell'applicazione tecnica UH-Peri dell'USTRA (perimetro di manutenzione delle strade nazionali; vedi anche capitolo 4.2). Le fonti del processo devono essere studiate in funzione del potenziale di pericolo che rappresentano per le strutture. Il perimetro d'indagine esatto dipende dai problemi effettivamente incontrati e deve essere definito in precedenza dal committente o in consultazione con quest'ultimo.

Indipendentemente da questo, il perimetro d'indagine di un tratto stradale o di un elemento/una struttura può essere suddiviso come segue (cfr. Fig. 2.3):

- "Perimetro potenziale dei danni": in generale comprende le strutture e gli elementi descritti nell'UH-Peri più circa 10 metri a monte e altrettanti a valle. In caso di bisogno, il "Perimetro potenziale dei danni" può tuttavia essere ampliato (p. es. per la valutazione degli effetti indotti da opere di protezione o altro). Esso costituisce una parte del "Perimetro di valutazione dei pericoli". Devono essere considerati solo i processi:
  - che si possono manifestare sopra la struttura a rischio (p. es. un corso d'acqua sopra il tetto di una galleria);
  - che possono avere un effetto diretto sulla struttura a rischio (p. es. un processo che interessa la carreggiata);
  - che si possono svolgere sotto la struttura a rischio (p. es. un corso d'acqua o una valanga che passa sotto un ponte)

    Si terrà conto del fatto che certi elementi della costruzione (p. es. piloni dei ponti, muri di sostegno, volte di gallerie) possono essere colpiti da un processo pericoloso o dalle sue conseguenze (p. es. franamento di sponde). Anche questo campo fa dunque parte del "Perimetro potenziale dei danni", benché la carreggiata o altri elementi non siano direttamente interessati dal processo. In ogni caso, è imperativo determinare se esiste una minaccia. La decisione deve essere documentata da un esperto in pericoli. Se la costruzione fosse colpita, gli eventuali danni dovranno essere stimati direttamente sul posto (vedi capitolo 5).
- "Perimetro di valutazione dei pericoli": ingloba tutte le fonti del processo che potrebbero manifestarsi sul tratto stradale o sulla struttura in esame (= Perimetro potenziale dei danni). Questo perimetro deve essere delimitato dal committente. All'interno del "Perimetro di valutazione dei pericoli" possono esistere zone interessate dal processo che non rientrano nel "Perimetro potenziale dei danni". Occorre documentare anche le origini dei processi valutati come non rilevanti per il perimetro potenziale dei danni (cfr. Fig. 3.2).

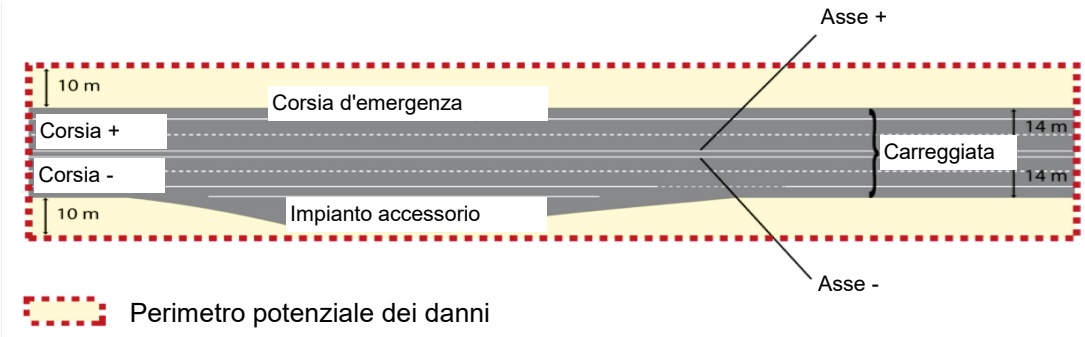


Fig. 2.3 Rappresentazione schematica del termine "Perimetro".

3 Analisi dei pericoli

3.1 Generalità

Processi pericolosi osservati

Descrizione della procedura per i seguenti processi pericolosi:

Fig. 3.1 Processi pericolosi trattati nella presente metodologia

Processi principali	**Processi pericolosi**
Crollo	Caduta massi/blocchi
	Crolli da parete rocciosa
	Caduta di blocchi di ghiaccio
Acqua	Deposizione di colata detritica, inondazione
	Flussi di detrito
	Erosione laterale / sottoerosione
Valanghe	Valanga di neve bagnata
	Valanga di neve nubiforme
	Slavina (colata di neve)
Frane	Movimenti franosi permanenti e cedimenti
	Movimenti franosi spontanei
	Colate detritiche di versante
Sprofondamento / abbassamento	Sprofondamento / abbassamento

Valutazione per ogni fonte di processo

L'identificazione dei pericoli e l'analisi del loro impatto devono essere realizzate con riferimento a una precisa fonte. Con fonte del processo intendiamo una zona che presenta una predisposizione uniforme alla formazione di pericoli (cfr. Fig. 3.2). Nel caso delle valanghe, si tratta generalmente del perimetro percorso dalla valanga, inclusa la zona di distacco. Nel caso dei pericoli idrologici si tratta del corso d'acqua e del suo bacino idrografico. Le zone potenzialmente interessate da colate detritiche di versante, crolli, franamenti e aree con cedimenti / abbassamenti del terreno devono essere delimitate in base a criteri ed eventi chiaramente documentati *(*vedi capitolo 3.3*).*

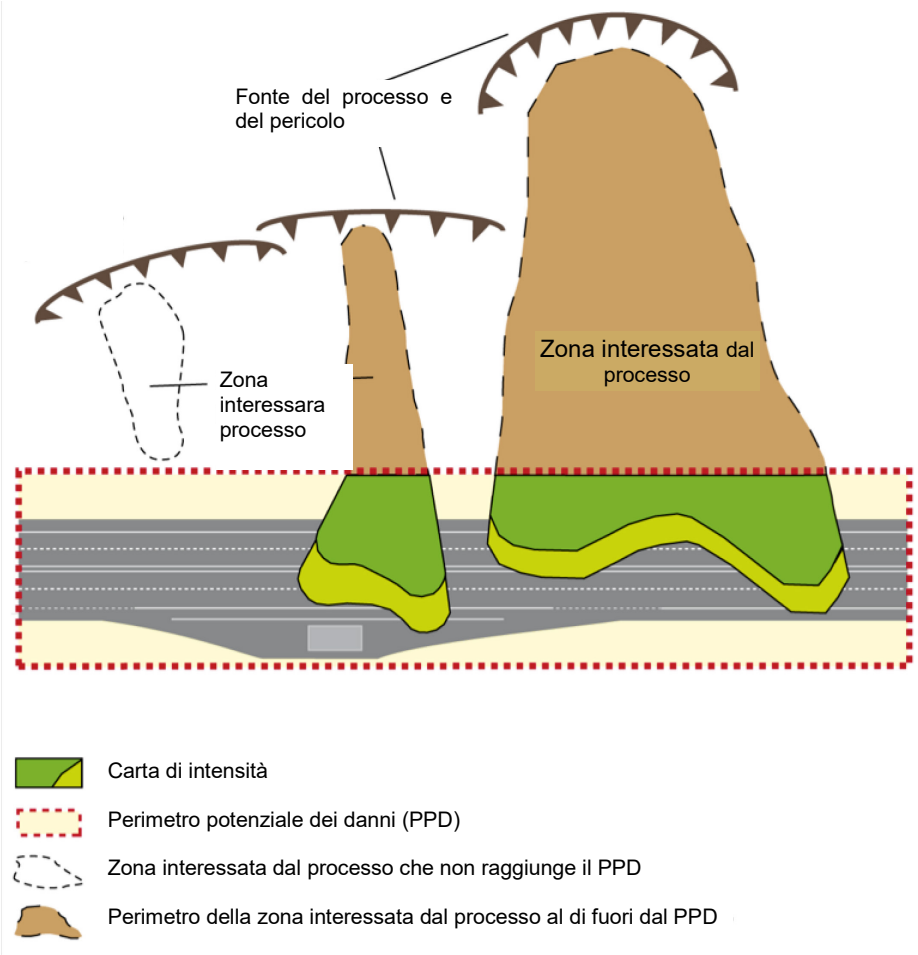


Fig. 3.2 Schema di valutazione dei pericoli per fonte di processo.

Periodo di ritorno dell'analisi dei pericoli

Le dimensioni possibili di un evento sono suddivise in categorie secondo i tempi di ritorno di una determinata ricorrenza. Gli scenari di base (detti scenari di formazione dei pericoli) sono formulati per ogni fonte di pericolo per i seguenti periodi di ritorno:

Fig. 3.3 Periodi di ritorno da prendere in considerazione nell'analisi dei pericoli

Probabilità	Occorrenza	Periodo di ritorno / Ricorrenza	Commenti
Molto elevata	Molto frequente	Da > 0 a 10 anni inclusi	Cifre concrete da determinare con l'aiuto del catasto degli eventi
Elevata	Frequente	Da > 10 a 30 anni inclusi	
Media	Media	Da > 30 a 100 anni inclusi	
Debole	Rara	Da > 100 a 300 anni inclusi	
Molto debole	Molto rara	> 300 anni	Vedi commenti qui sotto

- Il periodo di ritorno di un evento è determinato alla fonte del processo.
- I dati catastali mostrano gli eventi molto frequenti, mentre gli eventi rari e molto rari sono estrapolati da pubblicazioni pertinenti.
- È possibile che i periodi di ritorno non siano menzionati. Quelli non presi in considerazione devono essere segnalati e motivati.
- Gli eventi che presentano periodi di ritorno superiori a 300 anni sono designati come pericoli residui. Nel caso di pericoli idrologici, corrispondono, alle piene estreme (EHQ). Il pericolo residuo è, nel limite del possibile, determinato nell'analisi dei pericoli (estensione, con graduazioni d'intensità). Per gli altri fenomeni, i periodi di ritorno devono essere indicati solo in presenza di situazioni pericolose specifiche, per

esempio un pericolo di crollo di roccia noto o una situazione particolare in un bacino idrografico di un fiume. In tal caso, il problema deve essere discusso nel rapporto tecnico. Per periodi di ritorno superiori a 300 anni, la determinazione del rischio è superflua.

Procedura di base

La procedura qui presentata riflette il livello attuale della tecnica di valutazione del pericolo. Essa è documentata nelle rispettive pubblicazioni federali.

Fig. 3.4 Fasi di lavoro dell'analisi dei pericoli

Fase	Commenti
Identificazione dei pericoli	
1. Acquisizione, revisione e analisi dei dati di base esistenti	- Documenti esistenti in base alle informazioni del mandato e alle conoscenze del committente. - Mappe degli indicatori di pericolo. - Mappe dei pericoli e altri studi o rapporti nell'ambito dei pericoli naturali. - Catasti degli eventi, documentazione degli eventi e analisi degli eventi. - Catasto delle opere di protezione. - Piani di strutture esistenti.
2. Analisi di eventi precedenti	- Informazioni sugli eventi, le loro cause e l'impatto dei danni - Gli eventi sono, se possibile, classificati secondo la fonte del processo. - Oltre al catasto degli eventi dell'USTRA, possono essere eventualmente consultate altre fonti: altri catasti (p. es. di Comuni, centrali elettriche, ferrovie), banche dati (p. es. UFAM, WSL), dossier di progetti (del mandante e del committente), esperti locali, servizi di documentazione degli eventi, documenti storici, archivi e media (giornali, Internet).
3. Analisi della situazione geologica, geomorfologica e idrogeologica	- Carta dei fenomeni, come da capitolo 3.2
	- Analisi della predisposizione ai processi (attività, meccanismi d'innesto, effetti). - Suddivisione delle fonti di pericolo in zone omogenee che presentano una predisposizione uniforme (chiamate "fonti del processo"). - Le indagini e le analisi da eseguire nelle zone di partenza, di transito e di deposito sono stabilite ai capitoli specifici al processo in questione.
4. Formulazione degli scenari di base (detti scenari di formazione dei pericoli)	- Le dimensioni dell'evento sono suddivise in categorie con l'aiuto degli scenari secondo la Fig. 3.3. Le misure già esistenti (in base a [49][3]) e le condizioni attuali del bosco devono essere prese in considerazione negli scenari. Gli effetti delle misure di protezione esistenti devono essere oggetto di una documentazione accurata e comprensibile facente riferimento agli scenari.

[3] Questo documento è stato elaborato concentrandosi sulle carte di pericolo e sulla pianificazione del territorio. I valori e i criteri utilizzati per la valutazione del pericolo devono ancora essere discussi dall'USTRA.

5. Valutazione delle misure di protezione esistenti e/o analisi dei punti deboli.	- Dossier del progetto. - Valutazione dell'affidabilità sulla base della sicurezza strutturale, dell'attitudine al servizio e della durata per ogni scenario di base e per differenti tipi di pericolo potenziale. - Oltre al catasto delle opere di protezione, per valutare l'affidabilità sono necessarie altre fonti quali il piano di controllo e di manutenzione, i piani delle opere realizzate e/o le valutazioni in situ.
Analisi degli effetti	
6. Analisi degli effetti	- Con l'aiuto di tutti i dati di base disponibili, la verifica dell'estensione e della probabilità spaziale di possibili eventi sono valutati per ogni fonte del processo e per ogni scenario. - La valutazione tiene conto della situazione attuale (bosco, costruzioni, ecc.). - L'analisi dell'effetto deve essere fatta in modo tale che tenga conto delle condizioni specifiche lungo la strada nazionale (vedi sotto). - All'interno del "Perimetro potenziale dei danni" (vedi Fig. 2.1), lo spazio d'azione deve essere delimitato distinguendone l'intensità. In aggiunta, i parametri da raccogliere specificatamente ai processi sono definiti nei capitoli corrispondenti. All'interno del "Perimetro valutazione dei pericoli", deve essere delimitata solo la parte esterna dello spazio d'azione (vedi Fig. 2.1). - I criteri d'intensità sono definiti conformemente alle pubblicazioni corrispondenti e sono descritti in modo più dettagliato all'interno dei capitoli specifici ai processi. - I perimetri aggiuntivi da raccogliere per la successiva valutazione dei rischi sono descritti nei capitoli specifici ai processi. - I modelli da utilizzare e i metodi da applicare sono descritti nei capitoli specifici ai processi.
7. Presentazione di analisi d'impatto: mappe d'intensità	- Carte d'intensità per il "Perimetro potenziale dei danni" di ogni fonte del processo per tutti i periodi di ritorno selezionati. - Il minimo dei prodotti da fornire è descritto al capitolo 3.8. - Il modello dei dati è descritto in un documento separato.

L'anali deve essere effettuata secondo principi, metodi e criteri moderni di valutazione dei pericoli naturali. È necessario soddisfare i seguenti tre requisiti minimi:

- correttezza tecnica secondo le regole in vigore;
- tracciabilità della valutazione e trasparenza in termini di procedure, metodi e incertezze;
- applicazione dei principi giuridici, delle norme, delle linee guida, delle raccomandazioni e utilizzazione della presente metodologia.

I fatti, i calcoli e le interpretazioni devono essere chiaramente distinti gli uni dagli altri. Le incertezze e le ipotesi devono essere dichiarate.

Esattezza della posizione dell'analisi degli effetti

- Lo studio d'impatto deve fare riferimento alle condizioni specifiche in materia di danno potenziale (p. es. carreggiata). La carreggiata (una strada nazionale di 4 corsie ha una larghezza media di circa 25 metri) deve essere considerata come un elemento che influenza il processo.
- La precisione dell'analisi d'impatto deve avere un'accuratezza tale da poter vedere se è colpita l'intera carreggiata, solo una delle corsie di direzione o solo la zona marginale della carreggiata (corsia d'emergenza).
- Nell'analisi dell'impatto è necessario differenziare tra un processo:
  - che si verifica sopra la carreggiata (p. es. tetto della galleria o entrata del tunnel) e dunque non coinvolge direttamente la carreggiata stessa;
  - che interessa la carreggiata stessa;
  - che si verifica sotto la carreggiata (p. es. corso d'acqua sotto un ponte);

  - che si verifica sopra, sulla e sotto la carreggiata (combinazioni di superficie d'intensità).
- Le zone d'azione delle diverse fonti di processo possono sovrapporsi (vedi Fig. 3.2).

Valutazione dell'effetto delle misure di protezione

La valutazione degli effetti delle misure di protezione deve essere eseguita secondo [49][4]. Se esistono direttive specifiche per quanto concerne l'azione e il dimensionamento di certe strutture (p. es. gallerie o entrate di tunnel), la valutazione deve rispettare queste direttive.

La procedura descritta in [49] si riferisce solo alle misure che esercitano effetti facilmente riconoscibili e determinabili sul processo. Le misure temporanee – quali il distacco artificiale di valanghe o la pulizia di rocce – e le misure che influenzano il potenziale di danno o la vulnerabilità, non sono presi in considerazione nella fase “Analisi dei pericoli”, ma sono inserite nelle successive fasi dell’analisi dei rischi.

L'impatto delle misure di protezione esistenti deve essere documentato per ogni periodo di ritorno in modo trasparente e senza lacune.

3.2 Carta dei fenomeni

Obiettivo

La “Carta dei fenomeni” è uno degli strumenti di base da fornire per l'identificazione dei pericoli legati ai movimenti del terreno (cadute, franamenti e sprofondamenti/abbassamenti) nonché nei processi idraulici (flussi di detrito, erosioni). Rappresenta eventi e fenomeni di natura geologica, geomorfologica e idrologica. Inoltre, documenta gli interventi antropici che possono influenzare lo svolgimento dei processi, in particolare le opere di protezione. È utilizzata per:

- l'analisi del terreno: osservazione e interpretazione delle forme del terreno ("testimoni muti");
- l'identificazione e la stima dei processi possibili (predisposizione, meccanismi d'innesto, modalità d'azione).
- la tracciabilità della valutazione dei pericoli e la trasparenza.

Basi metodologiche

- BUWAL, BWW, 1995: Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene [27].
- BWG, 2002: EDV-Legende für die digitale Kartographie (ArcGis, MapInfo, MicroStation und AutoCad) [29].
- PLANAT, BWG, BUWAL, 2000: Vom Gelände zur Karte der Phänomene – Kompendium [54].

Perimetro

La carta dei fenomeni è elaborata per il “Perimetro di valutazione dei pericoli”" secondo il capitolo 2.7. Eventuali perimetri divergenti devono essere oggetto di una consultazione con il committente.

Tipo di processo

Le carte dei fenomeni devono essere realizzate per i processi principali: “Crollo”, “Acqua”, “Frane” e “Sprofondamento / Abbassamento”.

I fenomeni idrologici (p. es. sorgenti) e le presenze di origine antropica (in particolare le opere di protezione) devono essere rilevati in funzione del processo e rappresentati sulla carta.

[4] Questo documento è stato creato focalizzandosi sulle carte di pericolo e sulla pianificazione del territorio. I valori e i criteri utilizzati in relazione alla valutazione dei rischi per l’USTRA devono ancora essere discussi.

Grado di approfondimento

Il grado di approfondimento deve essere adattato alla problematica e fissato in precedenza dal committente o determinato in collaborazione con lo stesso.

Tipo di rilevazione dati

La carta dei fenomeni è in primo luogo una cartografia del terreno. L'eventuale interpretazione di foto aeree, modelli di elevazione del terreno e altri dati può anch'essa essere integrata nella carta dei fenomeni.

Prodotti

I seguenti prodotti devono essere forniti al committente:

- la carta dei fenomeni: simboli conformi ai principi sopracitati, disegnati a mano o stampati. La scala dipende dalla problematica e deve essere fissata in precedenza con il committente;
- il rapporto esplicativo della carta dei fenomeni comprendente la descrizione dei fenomeni (p. es. sotto forma di tabella). Sarà necessario illustrare anche i dettagli sulle aree e i processi pertinenti alla problematica, completando eventualmente con delle fotografie.

3.3 Processo "crollo"

Introduzione / obiettivo

Per valutare il pericolo legato ai crolli, è necessario dividere le zone di partenza secondo le categorie delle fonti del processo che presentano la stessa predisposizione al verificarsi dell'evento, realizzare modelli di crollo per ogni fonte e presentare i risultati dell'analisi degli effetti con riferimento agli scenari. La valutazione deve essere fatta per ogni processo pericoloso. Il crollo comprende i seguenti processi pericolosi:

- caduta massi/blocchi;
- crollo di parete rocciosa;
- caduta di blocchi di ghiaccio.

I crolli di parete rocciosa non sono esaminati sistematicamente. Se la valutazione dei pericoli rivela scenari concreti di pericolo, per la successiva procedura occorrerà consultare il committente.

Basi metodologiche

- Bundesamt für Strassen (ASTRA), 2004: Überprüfung der bestehenden Galerien – Generelle Überprüfung. Dokumentation [3].
- Bundesamt für Strassen (ASTRA), 2008: Einwirkungen infolge Steinschlag auf Schutzgalerien. Richtlinie, 2008, v2.01 [1].
- BWW, BRP, BUWAL, 1997: Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlungen [17].
- Gerber, W., 1994: Beurteilung des Prozesses Steinschlag. Kursunterlagen der Forstlichen Arbeitsgruppe Naturgefahren, Poschiavo. Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft (WSL), Birmensdorf [34].

Perimetro

Suddivisione del perimetro come indicato nel capitolo 2.7.

Contenuto

La valutazione del pericolo di crollo comprende le tappe di lavoro seguenti:

Fig. 3.5 Fasi di lavoro dell'analisi dei pericoli, processo "crollo"

Identificazione dei pericoli	
1. Acquisizione, revisione e analisi dei dati di base esistenti	- Carte topografiche, modello digitale di elevazione del terreno. - Carte geologiche, geotecniche, geomorfologiche e idrogeologiche. - Copertura del suolo, in particolare del bosco. - Carte dei pericoli e altri studi o rapporti esistenti concernenti la geologia e i pericoli naturali. - Fotografie aeree. - Documentazione e analisi degli eventi. - Catasto e piani delle opere di protezione esistenti. - Piani delle costruzioni esistenti. - Altre basi disponibili secondo le indicazioni del committente.
2. Analisi di eventi precedenti	- Vedi capitolo 3.1
3. Analisi della situazione geologica, geomorfologica e idrogeologica	- Carta dei fenomeni (vedi capitolo 3.2). - Rilievo delle superfici secondo Fig. 3.6. - Analisi della predisposizione (attività, meccanismi d'innesto, modi d'azione). - Suddivisione delle zone di partenza in zone omogenee che presentano la stessa predisposizione (= fonte del processo). Le fonti del processo devono essere contrassegnate con un nome univoco. - Rappresentazione cartografica appropriata della predisposizione al verificarsi dell'evento delle fonti del processo sulla carta dei fenomeni. - Valutazione delle zone di transito e di deposito (rugosità, smorzamento, bosco). - Caduta di blocchi di ghiaccio: identificare le zone dove, secondo il catasto o le informazioni fornite dai responsabili della manutenzione, si ha conoscenza di cadute di blocchi di ghiaccio o dove bisogna attendersene sulla base della plausibilità.
4. Formulazione degli scenari di base (detti scenari di formazione dei pericoli)	- Caduta massi/blocchi: definizione di scenari per ogni fonte di processo tenendo conto della situazione di discontinuità, della documentazione degli eventi disponibile e delle opere di protezione esistenti. La definizione si riferisce alla dimensione rispettivamente al volume dei massi per periodo di ritorno. - Crolli di pareti rocciose: definizione di scenari per ogni fonte di processo tenendo conto della situazione di discontinuità, della documentazione degli eventi disponibile e delle opere di protezione esistenti. La definizione si riferisce al volume per periodo di ritorno. Eventuali analisi geologiche più approfondite per valutare i pericoli di crollo saranno concordate con il committente. - Caduta di blocchi di ghiaccio: determinazione dei volumi e delle altezze significative sulla base di eventi precedenti e di osservazioni in situ, nonché su riflessioni basate sulla plausibilità per i periodi di ritorno significativi.
5. Valutazione delle misure di protezione esistenti	- Vedi capitolo 3.1

Analisi degli effetti	

6. Probabilità ed entità degli eventi possibili	- Con riferimento agli scenari devono essere realizzate delle modellizzazioni dei crolli per ogni fonte di processo e lungo i profili di pendio rappresentativi. I profili devono essere selezionati in maniera da poter interpolare i risultati sulle zone di deposito. I parametri "energia di caduta" e "altezze del salto" devono essere disponibili per tutto il profilo o almeno per le zone seguenti:
	  - a livello della carreggiata o di altri potenziali di danno come indicato al capitolo 2.7;
	  - a livello delle opere di protezione esistenti;
	  - sul terreno, in luoghi dove possono essere realizzate misure di protezione adeguate.
	- In casi eccezionali e motivati si può rinunciare alla modellizzazione dei crolli (p. es. situazione molto semplice come quella di zone di transito e di deposito brevi e in parte omogenee). Per stimare l'altezza del salto, l'energia di caduta e la distanza raggiungibile si utilizza allora il metodo del gradiente globale secondo Gerber (1994).
	- L'effetto dello stato attuale del bosco deve essere considerato nella modellizzazione.
	- Le opere di protezione sono considerate come indicato nel capitolo 3.1.
	- Gallerie: nell'ambito di un grado d'approfondimento medio, l'azione delle gallerie esistenti è stimata secondo la documentazione dell'USTRA, 2004, fase da F a J. Le fasi da A a E sono realizzate secondo la procedura descritta nella presente metodologia. Se per una galleria è necessario uno specifico studio, questo sarà realizzato secondo la direttiva corrispondente dell'USTRA.
	- La plausibilità dei calcoli deve essere verificata (p. es. con l'aiuto di eventi documentati).
	- Cadute di blocchi di ghiaccio: gli effetti della caduta sono calcolati con $E = m \times g \times h$; le distanze raggiunte devono essere stimate sulla base di eventi precedenti e di riflessioni basate sulla loro plausibilità.
	- La precisione di posizione dell'analisi degli effetti è ottenuta secondo il capitolo 3.1.
	- La classificazione dell'intensità viene effettuata in base alla Fig. 3.7.
	- In aggiunta, nel "Perimetro potenziale dei danni" devono essere raccolti i parametri seguenti:
	  - dimensione dei blocchi (= dimensione dei massi rilevante per la fonte del processo);
	  - probabilità di occorrenza spaziale come indicato a pagina 27
	  - energia di caduta (indicare quale parametro statistico della modellizzazione è stato utilizzato, p. es. intervallo di confidenza del 90 per cento. Il parametro utilizzato dipende dal modello).

7. Presentazione dei risultati e dei prodotti	- Carte d'intensità per il “perimetro potenziale dei danni” di ogni processo pericoloso, di ogni fonte del processo e per tutti i periodi di ritorno selezionati.
	- Per il “perimetro di valutazione dei pericoli”, copertura del processo per ogni fonte del processo e per tutti i periodi di ritorno selezionati.
	- Il minimo dei prodotti da fornire è descritto nel capitolo 3.8. I prodotti seguenti sono da fornire come complemento:
	  - descrizione delle diverse fonti del processo secondo Fig. 3.6, con foto per ogni fonte e immagini supplementari delle aree con grande predisposizione al verificarsi dell’evento;
	  - rappresentazione cartografica della predisposizione delle fonti dei processi sulla carta dei fenomeni;
	  - risultati della modellizzazione dei crolli;
	  - rappresentazione dei profili di caduta su una carta.
	- Il modello di dati è descritto in un documento separato.

Trennflächen und Szenarienbildung
mit Beispielen

Sturz-Liefergebiet Luusig Flue
Dokumentation Übersichtsfoto 9, Karte der Phänomene (Beilage 3c)
Ereigniskataster Nr. 17,33
Bestehende Schutzbauten Verweis auf Schutzbautenkataster
Bearbeiter
Datum der Geländeaufnahmen

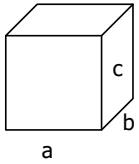
Ereignisfrequenz ca. in Jahren		**Relevante Trennflächen**						**Max. Bruch-/Sturzkörper**			**Ausbruch**	**Bemerkungen**	**Dok**
Szenario		S	J1	J2	J3	J4		Blockform	m³	Masse t			
Sehr Häufig	1 - 10 Jahre	---	X	---	---	X		kubisch	0.006	0.015	ES		
Häufig	10 - 30 Jahre	---	X	X	---	X		kubisch	0.15	0.375	EB		
Mittel	30 - 100 Jahre	X	X	X	---	---			3.6	9	EB	Wandbereich W Wasserfall	Foto 34
Selten	100 - 300 Jahre	---	---	---	X	X			27	68	EB aus FS 500 m³	Felsnase bei P. 1035	Foto 29

Bemerkungen

Einfluss auf Bruchkörperbildung
X vorhanden
--- irrelevant / unbedeutend

Ausbruch
ES Einzelstein
EB Einzelblock
FS Felssturz (>100 m³)

Sturzkörperdimensionen:



Relevanter Sturz-/Bruchkörper Es ist der für die Sturzberechnungen verwendete Sturzkörper zu definieren

Fig. 3.6 Rilevamento delle discontinuità e formazione degli scenari.

Classificazione dell'intensità

L'esperienza degli eventi verificatisi lungo le vie di comunicazione mostra che le energie generate da un evento possono superare largamente 300 kJ. Si osserva che l'entità dei danni causati all'infrastruttura varia molto se l'energia è pari a 300 kJ o se è da 10 a 100 volte superiore. Per questa ragione, oltre alla categoria dell'intensità, un altro importante parametro è quello dell'indicazione dell'energia dell'evento in kJ. Questo dato è inoltre utile per il dimensionamento di eventuali misure di protezione.

Fig. 3.7 Criteri d'intensità per il processo "crollo"

Processo pericoloso	Intensità debole	Intensità media	Intensità elevata
Caduta di massi/blocchi (caduta di massi ∅ < 50 cm caduta di blocchi ∅ > 50 cm)	E < 30 kJ	30 < E < 300 kJ	E > 300 kJ
Crollo di roccia o pareti (Vol. 100 – 100 000 m^3)	------	------	E > 300 kJ

E = energia cinetica

Probabilità di occorrenza spaziale

La probabilità di occorrenza spaziale p_{Os} può essere calcolata come segue:

$$p_{Os} = TE \times \frac{Diametro\ del\ masso\ [m]}{Larghezza\ del\ tratto\ interessato\ dal\ processo\ [m]}$$

$$p_{rA} = ET \times \frac{Blockdurchmesser\ [m]}{Breite\ des\ vom\ Prozess\ bestrichenen\ Abschnitts\ [m]}$$

TE = tipo di evento: questo fattore considera che al momento del distacco di frammenti mobilizzati simultaneamente o nel caso di rottura di masse rocciose in pacchetti (crolli) bisogna attendersi un effetto dispersivo e un deposito diffuso.

TE = 1 per massi e blocchi singoli

TE = 5 per diversi blocchi simultaneamente

TE = 10 per piccoli crolli di roccia

TE = 20 bis 50 per crolli di roccia

Nella Fig. 3.8, senza tener conto del tipo di evento, la probabilità nel caso A è di: p_{Os} = 1/50 = 0.02, nel caso B di p_{Os} = 1/100 = 0.01.

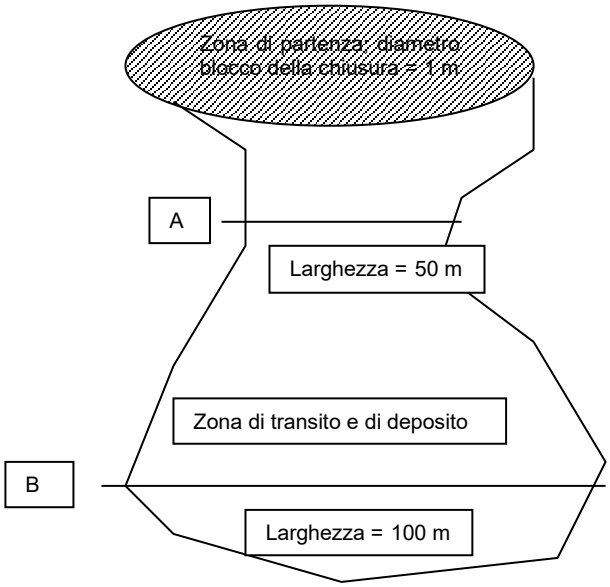


Fig. 3.8 Derivazione della probabilità di occorrenza spaziale per il processo "crollo".

3.4 Processo "Acqua"

Introduzione / obiettivo

Il processo principale "acqua" comprende i seguenti processi pericolosi:

- deposizione di colata detritica, inondazione;
- flussi di detrito;
- erosione laterale / sottoerosione.

Questi processi pericolosi non sono sempre facili da distinguere con precisione gli uni dagli altri.

I franamenti di argini all'interno del "perimetro potenziale dei danni" devono essere valutati secondo la metodologia applicata ai franamenti (capitolo 3.6).

Basi metodologiche

- ASTRA, BAV, BWW, SBB; 1998: Sicherheit von Bauwerken im Wasser. Empfehlung für die Überwachung und Hinweise für den Neubau [9].
- BWW, BRP, BUWAL, 1997: Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlungen [18].
- Bundesamt für Wasser und Geologie BWG, 2001: Hochwasserschutz an Fliessgewässern, Wegleitung [28].

Perimetro

Suddivisione del perimetro come indicato nel capitolo 2.7.

Contenuto

La valutazione dei pericoli idrologici comprende le seguenti fasi di lavoro:

Fig. 3.9 Fasi di lavoro dell'analisi dei pericoli, processo "acqua"

Identificazione dei pericoli	
1. Acquisizione, revisione e analisi dei dati di base esistenti	- Carte topografiche, modello digitale di elevazione del terreno. - Vecchie carte topografiche. - Carte e dati di base geologici, geotecnici, geomorfologici, idrogeologici e idrologici. - Copertura del suolo, in particolare del bosco. - Studi e relazioni esistenti riguardanti i pericoli idrologici (progetti di opere idrauliche, studi idrologici, carte di pericolo disponibili, ecc.). - Fotografie aeree. - Documentazione e analisi degli eventi. - Catasto delle opere di protezione e piani di opere di protezione esistenti. - Piani dei ponti e altre opere esistenti. - Altre basi disponibili in funzione delle indicazioni del committente.
2. Analisi degli eventi precedenti	- Vedi capitolo 3.1.
3. Analisi della situazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e idrologica	- Analisi dello stato morfologico del corso d'acqua: bacino idrografico, forma del corso d'acqua, profilo longitudinale, sezioni trasversali, sottosuolo / geologia. - Carta dei fenomeni per il processo flussi di detrito / torrenti. - Analisi della predisposizione al verificarsi dell'evento nel bacino idrografico: deflusso, canali di deflusso (carsismo), potenziale di trasporto, potenziale di legno flottante, stabilità delle sponde laterali. - Valutazione e rilevamenti fotografici delle zone di transito e di deposito (tratti d'erosione e di deposito, punti deboli o tratti limitanti quali passaggi coperti e ponti, profili trasversali, configurazione del fondo del letto, tracce di processo). - È necessario considerare che i processi possono aver luogo sotto la carreggiata (p. es. erosione del letto, erosione laterale, ecc.).

	- I torrenti e i corsi d'acqua devono essere indicati chiaramente.
4. Formulazione degli scenari di base (detti scenari di formazione dei pericoli)	- Definizione di scenari per ogni corso d'acqua o tratta significativa di un corso d'acqua. Eventuali sotto-scenari (p. es. in certi punti possibili rotture di dighe per un dato periodo di ritorno) sono presi in considerazione per mezzo della probabilità di occorrenza spaziale. - La portata delle piene è determinata da eventuali serie di misure di portata o, in funzione della grandezza del bacino idrografico, con l'aiuto dei metodi in vigore, conformemente al prontuario dell'UFAEG 2003 [22]. Nel contempo devono essere presi in considerazione anche gli insegnamenti sull'intensità delle precipitazioni e sulla loro durata, tratti dalle analisi degli eventi del 2005 e del 2007. - Determinazione del trasporto o del carico dei flussi di detrito che possono essere mobilizzati durante l'evento considerato, basandosi sulla raccomandazione fatta per l'apprezzamento dei volumi solidi spostati all'interno del torrente [46] o secondo il metodo SEDEX [31]. La procedura da utilizzare dipende dalle dimensioni del corso d'acqua e dalla problematica concreta. - Valutazione della capacità di un corso d'acqua di formare flussi di detrito. - Occorre formulare ipotesi concrete sulla qualità del legno flottante attesa, sia nei torrenti sia nei fiumi.
5. Valutazione delle misure di protezione esistenti	- Vedi capitolo 3.1 - Determinazione delle capacità di flusso tenendo conto del trasporto di sedimenti, dei depositi di materiale trasportato e delle ostruzioni nei punti di strozzatura. - Identificazione di zone che presentano un'erosione laterale.
Analisi degli effetti	

6. Probabilità ed entità degli eventi possibili	- Gli scenari concernenti gli effetti descrivono il luogo, la data, la durata così come la quantità d'acqua e di sedimenti trasportati, l'ampiezza dell'erosione laterale e quella della sottoerosione delle parti di opere immerse.
	- Nel caso di corsi d'acqua posti perpendicolarmente alla carreggiata, si considerano in particolare i processi seguenti: sottoerosione, deposizione di sedimenti grossolani e inondazioni.
	- Nei processi di corsi d'acqua paralleli alla carreggiata sono, invece, da considerare l'erosione delle sponde e le inondazioni.
	- I modelli o i metodi da utilizzare devono essere precedentemente concordati con il committente.
	- La zona d'azione dei fenomeni puramente idrologici sulla carreggiata deve essere determinata in consultazione con il parere di un esperto della Sezione Esercizio (centri di manutenzione).
	- La plausibilità dei calcoli deve essere controllata (p. es. grazie agli eventi documentati).
	- L'esattezza della posizione dell'analisi degli effetti è determinata secondo il capitolo 3.1.
	- La classificazione dell'intensità si basa sulla Fig. 3.10.
	- In aggiunta, i parametri seguenti devono essere raccolti nel "perimetro potenziale dei danni":
	  - probabilità di occorrenza spaziale secondo la descrizione sottostante;
	  - velocità del flusso;
	  - altezze del flusso (acqua / flussi di detrito) e spessore dei depositi;
	  - in caso d'inondazione, indicare se statica (v < 1 m/s) o dinamica (v > 1 m/s):
	  - profondità dell'erosione del letto in rapporto alla profondità delle fondazioni della parte di opera implicata.

7. Presentazione dei risultati e dei prodotti	- Per il "perimetro potenziale dei danni", carte d'intensità di ogni fonte di processo e per tutti i periodi di ritorno selezionati.
	- Per il "perimetro di valutazione dei pericoli", copertura del processo per ogni fonte del processo e per tutti i periodi di ritorno selezionati.
	- Il minimo dei prodotti da fornire è descritto nel capitolo 3.8. I prodotti seguenti devono essere forniti come complemento:
	  - descrizione dei differenti corsi d'acqua o dei tratti di corsi d'acqua, eventualmente con fotografie;
	  - descrizione delle parti di opere immerse che presentano un potenziale significativo di danni e informazioni riguardanti la sottoerosione (profondità dell'erosione del letto al di sotto rispettivamente sopra il livello delle fondazioni).
	- Il modello dei dati è descritto in un documento separato.

Fig. 3.10 Criteri d'intensità per il processo "acqua"

Processo pericoloso	Intensità debole	intensità media	Intensità elevata
Inondazione	h < 0,5 m o v x h < 0,5 m^2/s	0,5 < h < 2 m o 0,5 < v x h < 2m^2/s	h > 2 m o v x h > 2 m^2/s
Flusso di detrito	------	h < 1 m o v < 1 m/s	h > 1 m e v > 1 m/s
Erosione laterale			d > 2 m

Inondazioni e flussi di detrito:

h = profondità dell'acqua o altezza del deposito

v = velocità della portata dell'acqua

Erosione laterale:

d = spessore medio d'erosione

Per quanto riguarda i danni attesi su eventuali strutture (analisi delle conseguenze), l'analisi del processo inondazioni dovrà differire nel caso in cui il processo sia dinamico (v > 1 m / s) o statico (v < 1 m / s).

Probabilità di occorrenza spaziale

La probabilità di occorrenza spaziale p_{Os} è determinata per ogni fonte del processo, ogni periodo di ritorno e ogni campo della carta d'intensità in funzione delle specificità del caso. Può variare all'interno di uno stesso spazio d'azione e si determina come segue:

$$p_{Os} = \frac{\left(Larghezza\ superficie\ del\ deposito\ interessato\ in\ caso\ di\ evento\ [m\ risp.\ m^2\ ]\right)}{\left(Larghezza\ superficie\ del\ tratto\ interessato\ dal\ processo\ [m\ risp.\ m^2\ ]\right)}$$

$$p_{rA} = \frac{Breite\ resp.\ Fläche\ der\ Ablagerung\ im\ Ereignisfall\ [m\ resp.\ m^2\ ]}{Maximale\ Breite\ resp.\ Fläche\ die\ vom\ Prozess\ bestrichen\ werden\ kann\ [m\ resp.\ m^2\ ]}$$

La larghezza del deposito può essere dedotta, per esempio, da eventi precedenti o da analogie derivanti da caratteristiche topografiche simili.

Se nel caso di sotto-scenari (vedi punto 4, Fig. 3.10), diverse superfici parziali possono essere colpite da piene, tale probabilità va presa in considerazione per mezzo della probabilità di occorrenza spaziale.

La probabilità di occorrenza spaziale p_{Os} esprime la parte della superficie (b) o della larghezza (x2) realmente interessata da un processo rispetto all'intera zona

potenzialmente a rischio (a per elementi superficiali o x1 per elementi lineari) e in riferimento a un determinato scenario.

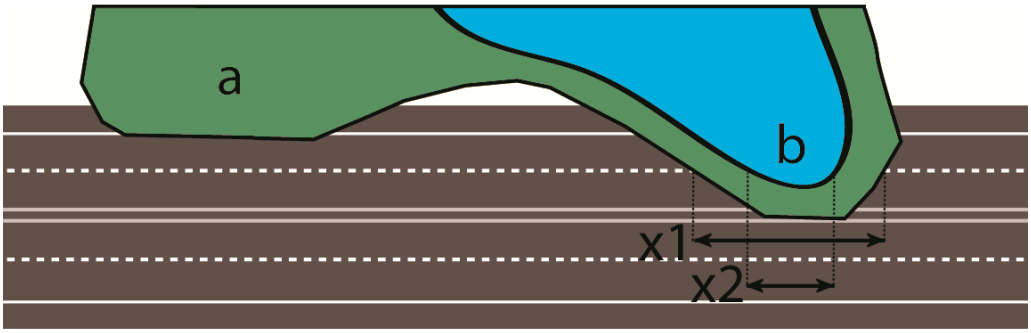


Fig. 3.11 Probabilità di occorrenza spaziale p_{Os}.

3.5 Processo "Valanghe"

Introduzione / obiettivo

Nella valutazione del pericolo di valanghe è necessario realizzare le modellizzazioni dei più gravi eventi possibili. Gli eventi di minore importanza, per i quali non si ha nessun modello di calcolo, possono essere valutati utilizzando la pendenza globale e il catasto. Il processo principale "valanghe" comprende i seguenti processi pericolosi:

- valanga di neve bagnata;
- valanga di neve nubiforme;
- slavina/colata e scivolamento di neve.

Basi metodologiche

- Bundesamt für Forstwesen, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, 1984: Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten [19].
- Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, 1999: Neue Berechnungsmethoden in der Lawinengefahrenkartierung [32].
- Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Mitteilungen, 1990: Berechnung von Fliesslawinen, eine Anleitung für Praktiker [33].
- Bundesamt für Strassen (ASTRA), SBB AG, 1998: Planung, Bau und Unterhalt von Schutzgalerien gegen Steinschlag- und Lawineneinwirkungen – Ausgabe 1998. Dokumentation [4].
- Bundesamt für Strassen (ASTRA), SBB AG, 2007: Einwirkungen infolge Lawinen auf Schutzgalerien. Richtlinie. Ausgabe 2007 V2.00 [2].

Perimetro

Suddivisione del perimetro come indicato nel capitolo 2.7.

Contenuto

La valutazione del pericolo di valanghe comporta le seguenti fasi di lavoro:

Fig. 3.12 Fasi di lavoro dell'analisi dei pericoli, processo "valanghe"

Identificazione dei pericoli	
1. Acquisizione, revisione e analisi dei dati di base esistenti	- Carte topografiche, modello digitale di elevazione del terreno. - Dati di base idrologici (serie di misure delle precipitazioni). - Copertura del suolo, in particolare del bosco. - Carte di pericolo e altri studi o rapporti esistenti in merito alle valanghe. - Fotografie aeree. - Documentazione e analisi degli eventi. - Catasto delle opere di protezione e piani delle opere di protezione esistenti. - Piani delle costruzioni esistenti. - Altre basi disponibili in funzione delle indicazioni del committente.
2. Analisi degli eventi precedenti	- Come indicato al capitolo 3.1.
3. Analisi della situazione topografica	- Analisi della predisposizione delle fonti del processo al verificarsi dell'evento (pendenza, esposizione, rugosità della superficie, vegetazione, formazioni di cornici, neve soffiata). - Valutazione delle zone di transito e di deposito (rugosità, vegetazione, ostacoli, strutture direzionali). - Presentazione cartografica delle fonti del processo (scala 1:10'000). - Le fonti del processo devono essere designate con una simbologia univoca.
4. Formulazione degli scenari di base (detti scenari di formazione dei pericoli)	- Determinazione delle fonti di processo e dello spessore del manto nevoso tenendo conto della documentazione degli eventi disponibile e delle opere di protezione esistenti per i periodi di ritorno significativi. Per la categoria degli eventi molto frequenti (frequenza <= 10 anni) è possibile, dopo consultazione con il committente, rinunciare alla formulazione di scenari di base e alla conseguente modellizzazione. In questi casi precisi, si fa riferimento unicamente al catasto degli eventi.
5. Valutazione delle misure di protezione esistenti	- Vedi capitolo 3.1.
Analisi degli eventi	
6. Probabilità ed entità degli eventi possibili	- Per ogni fonte di processo lungo la traiettoria della valanga, realizzare modellizzazioni unidimensionali con riferimento agli scenari. Le modellizzazioni realizzano devono essere realizzate in conformità alle istruzioni SLF del 1999 e del 1990. - Per le fonti di processo che causano solo piccoli eventi (colate o scivolamenti di neve, volume della copertura nevosa < 5'000 m^3) la distanza d'azione sarà stimata con l'aiuto di una pendenza globale tra 40 e 45 % e le intensità in funzione di valori empirici. - L'effetto dello stato attuale del bosco deve essere considerato nella valutazione delle valanghe. - Le opere di protezione sono prese in considerazione come indicato nel capitolo 3.1. - Gallerie anti-valanghe esistenti: se per una galleria è necessaria un'analisi specifica , questa deve essere condotta in conformità con le direttive dell'USTRA. Gli effetti significativi sono allora determinati per i diversi casi nella misura nella quale sono definiti, conformemente alla presente metodologia,. La verifica della sicurezza strutturale e dell'attitudine al servizio è realizzata conformemente alle direttive dell'USTRA.

	- La plausibilità dei calcoli deve essere controllata (p. es. agli mediante gli eventi documentati).
	- La classificazione dell'intensità si basa sulla Tabella 10.
	- La propagazione laterale delle valanghe deve 'essere stimata da un esperto in funzione del terreno e con l'ausilio di una carta topografica.
	- In aggiunta, i parametri seguenti devono essere raccolti nel "perimetro potenziale dei danni":
	  - probabilità di occorrenza spaziale, secondo la descrizione sottostante;
	  - indicazione del tipo di valanga: specificare se è più significativa la neve bagnata o quella nubiforme;
	  - velocità della valanga;
	  - spessore della valanga;
	  - pressione significativa della valanga perpendicolarmente al senso del flusso.

7. Presentazione dei risultati e dei prodotti	- Carta d'intensità per il "perimetro potenziale dei danni" di ogni fonte del processo e per tutti i periodi di ritorno selezionati.
	- Copertura del processo per il "perimetro valutazione dei pericoli" di ogni fonte del processo e per tutti i periodi di ritorno selezionati.
	- Il minimo dei prodotti da fornire è descritto nel capitolo 3.8. I prodotti seguenti devono essere forniti come complemento:
	  - descrizione delle diverse zone di distacco, eventualmente con fotografie;
	  - rappresentazione cartografica delle zone di distacco (nell'insieme e per le zone significative per il calcolo) su una carta scala 1:10'000.
	- Il modello dei dati è descritto in un documento separato.

Fig. 3.13 Criteri d'intensità per il processo "valanghe"

Processo pericoloso	Intensità debole	Intensità media	Intensità elevata
Valanga di neve nubiforme	$q < 3$ kN/m^2	$3 < q < 30$ kN/m^2	$q > 30$ kN/m^2
Valanga di neve bagnata e scivolamenti di neve	---	$3 < q < 30$ kN/m^2	$q > 30$ kN/m^2

q = pressione

Probabilità di occorrenza spaziale

La probabilità di occorrenza spaziale p_{Os} è determinata per ogni fonte di processo, ogni periodo di ritorno e ogni campo della carta d'intensità in funzione delle specificità del caso. Può variare all'interno di una stessa zona d'azione e si determina come segue:

$$P_{Os} = \frac{Larghezza\ del\ deposito\ nell\ evento\ in\ questione\ [m]}{Larghezza\ del\ tratto\ interessato\ dal\ processo\ [m]}$$

$$p_{rA} = \frac{Breite\ der\ Ablagerungen\ im\ Ereignisfall\ [m]}{Maximale\ Breite\ die\ vom\ Prozess\ bestrichen\ werden\ kann\ [m]}$$

La larghezza del deposito può essere dedotta, per esempio, da eventi precedenti o da analogie derivanti da caratteristiche topografiche simili.

3.6 Processo "Frane"

Introduzione / obiettivo

Il processo principale "Frane" comprende i seguenti pericoli:

- movimenti franosi permanenti e cedimenti;
- movimenti franosi spontanei;
- colate detritiche di versante.

Si deve effettuare una valutazione per ogni processo pericoloso.

Per i movimenti franosi permanenti e i cedimenti, non è possibile elaborare delle carte d'intensità per diversi periodi di ritorno con un grado di approfondimento medio. La valutazione dei pericoli deve comprendere almeno la valutazione della predisposizione al verificarsi dell'evento, della delimitazione geografica e della loro entità.

La valutazione dei movimenti franosi permanenti, spontanei e delle colate detritiche di versante si deve basare sul progetto di classificazione delle frane, nel senso ampio del termine, elaborato dal gruppo di lavoro Pericoli naturali e geologia (PNG) per conto dell'Ufficio federale delle acque e della geologia (UFAEG).. I franamenti di argini costituiscono un caso speciale di franamento spontaneo.

Basi metodologiche

- Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren (AGN), 2004: Gefahreneinstufung Rutschungen i.w.S. Entwurf [7].
- BWG, WSL, 2003: Oberflächennahe Rutschungen, ausgelöst durch die Unwetter vom 15.-16.72002 im Napfgebiet und vom 31.8.-1.9.2002 im Gebiet Appenzell. Projektbericht [26].
- BWW, BRP, BUWAL, 1997: Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlungen [17].
- Gamma, P. 1999: dfwalk – Ein Murgangsimulationsprogramm zur Gefahrenzonierung. Inauguraldissertation Universität Bern.
- Rickli, C., Zürcher, K., Frey, W., Lüscher, P., 2002: Wirkung des Waldes auf oberflächennahe Rutschprozesse. Schweiz. Z. Forstwes. 153 (2002) 11: 437-445 [55].

Perimetro

Suddivisione del perimetro come indicato al capitolo 2.7.

Contenuto

La valutazione dei pericoli di frane comprende le tappe di lavoro seguenti:

Fig. 3.14 Fasi di lavoro dell'analisi dei pericoli, processo "Frane"

Identificazione dei pericoli	
1. Acquisizione, revisione e analisi dei dati di base esistenti	- Carte topografiche, modello digitale di elevazione del terreno. - Carte geologiche, geotecniche, geomorfologiche e idrogeologiche. - Dati pluviometrici e nivologici, misure del flusso. - Copertura del suolo. - Carte dei pericoli e altri studi e rapporti esistenti riguardo alla geologia e ai pericoli naturali. - Valutazione dei risultati delle misurazioni e valutazione qualitativa dei movimenti. - Fotografie aeree. - Documentazione e analisi degli eventi. - Catasto delle opere di protezione e piani delle opere di protezione esistenti. - Piani delle costruzioni esistenti. - Altri documenti di base disponibili su indicazione del committente.
2. Analisi di eventi	- Come indicato nel capitolo 3.1.

<table>
<tr><td>precedenti</td><td></td></tr>
<tr><td>3. Analisi della situazione geologica, geomorfologica e idrogeologica (raccolta dei dati di base sul terreno)</td><td>- Carta dei fenomeni (cfr. capitolo 3.2).
- Analisi della predisposizione al verificarsi dell’evento (attività, meccanismi d'attivazione, modo d'azione) per i tre processi di pericolo: movimenti franosi permanenti, spontanei e colate detritiche di versante.
- Colate detritiche di versante: suddivisione del territorio d'indagine in settori omogenei che presentano una medesima predisposizione al verificarsi dell’evento (= fonte del processo) secondo l'organigramma (DNG, 2004) e la
- Fig. 3.15. La convenzione applicabile è la seguente:
<table>
<tr><th>Probabilità secondo DNG, 2004</th><th>Predisposizione della fonte del processo</th></tr>
<tr><td>Elevata</td><td>Grande</td></tr>
<tr><td>media</td><td>media</td></tr>
<tr><td>debole</td><td>debole</td></tr>
</table>
- È necessario considerare che i processi possono anche provocare dei danni sotto la carreggiata (p. es. franamento nella scarpata a valle, ecc.).
- Le fonti del processo devono essere designate con una simbologia univoca.
- Valutazione delle zone di transito e di deposito (per i flussi di versante e i movimenti franosi spontanei).</td></tr>
<tr><td>4. Formulazione degli scenari di base (detti scenari di formazione dei pericoli)</td><td>- Definizione di scenari per ogni fonte di processo tenendo conto della documentazione disponibile sugli eventi, delle influenze antropiche e delle opere di protezione esistenti:
- movimenti franosi permanenti e cedimenti:
viene discusso un solo scenario;
- movimenti franosi spontanei:
gli scenari sono discussi sulla base dei fattori seguenti: eventi precedenti, testimonianze mute, attrito interno, coesione, condizioni idrauliche, geometria / topografia; in particolare è necessario esaminare con attenzione gli scenari d'accelerazione.
- Colate detritiche di versante:
<table>
<tr><th>Probabilità secondo la presente metodologia</th><th>Frequenza [anni]</th><th>Contiene la fonte del processo con la seguente predisposizione</th></tr>
<tr><td>molto frequente</td><td rowspan="2">0 – 30</td><td rowspan="2">grande</td></tr>
<tr><td>frequente</td></tr>
<tr><td>media</td><td>30 – 100</td><td>grande e media</td></tr>
<tr><td>rara</td><td>100 – 300</td><td>grande, media e debole</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5. Valutazione delle misure di protezione esistenti</td><td>- Come indicato al capitolo 3.1.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Analisi degli eventi</td></tr>
<tr><td>6. Probabilità ed entità degli eventi possibili</td><td>Movimenti franosi permanenti:
- La delimitazione delle zone d'azione è realizzata sulla base di constatazioni fatte sul terreno; la classificazione dell'intensità è effettuata secondo DNG, 2004tenendo conto dei seguenti criteri (cfr. Fig. 3.15):
- intensità;
- potenziale di riattivazione;
- predisposizione ai movimenti differenziali;
- spessore.</td></tr>
<tr><td></td><td>Movimenti franosi spontanei:
- la zona d'azione è delimitata sulla base di eventi precedenti e parametri di riferimento tratti da pubblicazioni specializzate.
- L'intensità dei franamenti spontanei è generalmente elevata (E > 300 kJ).</td></tr>
<tr><td></td><td>Colate detritiche di versante:
- La zona d'azione (distanza d'azione) è delimitata sulla base di eventi precedenti comparabili:
- pendenza globale generalmente da 20° a 40° (eccezionalmente fino a 15°);</td></tr>
</table>

	- traiettoria del deposito massimo 100 m, se la pendenza del versante è ± regolare e il volume della colata è < 1000 m^3. - in caso di una brusca transizione su suolo molto piano, il deposito si concentra su un tratto corto (da qualche metro fino a circa 20 m, se il volume della colata è inferiore a 1000 m^3); - considerare le strutture del terreno; - considerare gli elementi antropici. - La classificazione d'intensità è fatta secondo la Fig. 3.15. - Per le analisi che si riferiscono a una determinata struttura l'intensità è calcolata secondo i criteri di pressione dinamica secondo la raccomandazione del DNG 2004. Se all'interno del deposito ci si attende la presenza di blocchi, si utilizzerà la formula di pressione dinamica secondo [31]
	- In aggiunta, i parametri seguenti devono essere raccolti nel "perimetro potenziale dei danni": - probabilità di occorrenza spaziale, secondo la descrizione sottostante; - nel caso di colate detritiche di versante e movimenti franosi spontanei: altezza del deposito; - nel caso di movimenti franosi permanenti: velocità media di scivolamento, potenziale di riattivazione, movimento differenziale, profondità.
7. Presentazione dei risultati e dei prodotti	- Per il “perimetro potenziale dei danni”, carte d'intensità di ogni processo pericoloso, di ogni fonte del processo e per tutti i periodi di ritorno selezionati. - Per il “perimetro di valutazione dei pericoli”, copertura del processo per ogni fonte del processo e per tutti i periodi di ritorno selezionati. - Il minimo dei prodotti da fornire è descritto nel capitolo 3.8. I prodotti seguenti devono essere forniti come complemento: - colate detritiche di versante: descrizione delle differenti fonti del processo secondo la Fig. 3.14 con fotografia; - rappresentazione cartografica delle fonti di processo sulla carta dei fenomeni. - Il modello dei dati è descritto in un documento separato.

Liefergebiet	Name
Dokumentation	Übersichtsfoto x, Karte der Phänomene (Beilage xy)
Ereigniskataster Nr.	a, b
Bestehende Schutzbauten	Verweis auf Schutzbautenkataster
Bearbeiter	
Datum der Geländeaufnahmen	

Faktor		**Wert**	**Einfluss auf Disposition *)**
Hangneigung	[°]		
stumme Zeugen	[J/N]		
∅ Hangneigung der hist. HM (Kataster oder stumme Zeugen)	[°]		
Existenz oberflächennaher Durchlässigkeitsdiskontinuitäten	[J/N]		
	Tiefe in [m]		
Geländeform	[Kante, konvex, konkav, gleichmässig, unregelmässig coupiert]		
hydrolog.-hydregeol. Einzugsgebiet: Wasserzuflüsse	[gross, mittel, klein, unsicher, irrelevant]		
Oberflächenbeschaffenheit / Landnutzung	Freiland: [offene Erosionsflächen / -stellen, Trittschäden, Viehgangeln, Wiesland]		
	Wald: [Schadenflächen, strukturell ungünstige Bestockung, mangelnde Verjüngung]		
Anthropogene Einflüsse	Bspe: Ableitungen, Überläufe, Drainagen, übersteile Hanganschnitte u.s.w.		
Gesamtbeurteilung Dispostion	[gross, mittel, klein]		

Bemerkungen

*) **Einfluss auf Dipsosition zu Hangmuren**

XXX	gross
XX	klein
X	kein

Fig. 3.15 Valutazione della predisposizione di colate detritiche di versante.

Fig. 3.16 Criteri d'intensità per il processo principale "Frane"

Processo pericoloso	Intensità debole	Intensità media	Intensità elevata
1. Franamento			
1.1 Franamento continuo, permanente	v ≤ 2 cm/anno	2 cm/ anno < v < 10 cm/ anno	v > 10 cm/ anno; (o 1 m di spostamento per evento)
	v_{max} →		v_{max} →
	D →		D →
	← T		← T
		v_{max} elevata →	
		D elevata →	
1.2 Franamento spontaneo	M < 0,5 m	0.5 m < M < 2 m h < 1 m	M > 2 m h > 1 m
2. Movimenti franosi Colate detritiche di versante	M < 0,5 m Depositi detritici (h) di qualche decimetro	0.5 m < M < 2 m h < 1 m	M > 2 m h > 1 m

Criteri per determinare l'intensità di franamento. Vedi sigle e spiegazioni riportate nei riquadri sottostanti.

v = velocità media di scivolamento a lungo termine [cm/anno]

v_{max} = velocità massima di scivolamento [cm/anno]

D = movimento differenziale medio sulla durata del ciclo di vita di un manufatto o di un edificio interessati da frana [cm/10 m]

T = profondità della superficie di slittamento [m]

M = spessore dello strato mobilizzabile (potenziale) [m]

h = spessore del deposito dovuto allo scivolamento spontaneo o alla colata di versante [m]

v_{max} = velocità massima di scivolamento [cm/anno]

Un'accelerazione dello scivolamento aumenta la pericolosità e, di conseguenza, implica un grado di pericolo superiore. La velocità massima di scivolamento (v_{max}) è definita dalla velocità massima in una fase di accelerazione o dopo una fase di riattivazione.

Definizioni: v_{max30} rappresenta un evento con un periodo di ritorno di trent'anni; v_{max100} rappresenta un periodo centennale o con un periodo di ritorno di 100 anni; v_{max300} rappresenta un evento con un periodo di ritorno di 300 anni.

- I valori relativi al cambiamento della velocità di scivolamento (v_{max}) per passare da un'intensità debole a un'intensità media (freccia corta) sono: v_{max30} > ca. 30 cm/ anno o v_{max100} > ca. 50 cm/ anno o v_{max300} > ca. 60 cm/anno.
- I valori relativi al cambiamento della velocità di scivolamento (v_{max}) per passare da un'intensità media a un'intensità elevata (freccia corta) sono: v_{max30} > ca. 20 cm/anno o v_{max100} > ca. 40 cm/anno o v_{max300} > ca. 50 cm/anno.
- I valori relativi al cambiamento della velocità di scivolamento (v_{max}) per passare da un'intensità debole a un'intensità elevata (freccia lunga, "v_{max} elevata") sono: v_{max30} > ca. 50 cm/anno o v_{max100} > ca. 70 cm/anno o v_{max300} > ca. 80 cm/anno.

Se l'accelerazione è misurata, per esempio, durante un trimestre, la velocità annuale corrispondente si calcola moltiplicando per 4 lo spostamento misurato nel corso del trimestre. La stessa metodologia si applica, per analogia, allo spostamento misurato durante un semestre o tre trimestri.

Per l'analisi dei pericoli che concernono la totalità di un territorio, non si hanno spesso a disposizione dati precisi sulla v e sulla $v_{max.}$ Si dispone, invece, di dati geodetici e di informazioni associate a studi dettagliati o a franamenti conosciuti, di cui si deve tenere conto. Le autorità cantonali e federali, così come i geometri, sono spesso in grado di fornire dati geodetici e dati relativi alle velocità di spostamento (a titolo indicativo, vedi anche dati In SAR dell'UFAM). Tenuto conto delle probabili evoluzioni e dell'incidenza dei cambiamenti climatici, è possibile stabilire le accelerazioni possibili in scenari corrispondenti, anche in assenza di misure relative allo spostamento.

D = movimento differenziale

I movimenti differenziali sono misurati tenendo conto dello spostamento differenziale assoluto (in centimetri) in una zona uniforme dalla larghezza di10 metri [cm/10 m]. Il valore differenziale si basa sulla durata del ciclo di vita di un manufatto o di un edificio colpito da frana ed è legato alla sua sicurezza strutturale e sua alla funzionalità (p. es. per una durata superiore ai 50 anni).

- Movimento differenziale D per l'aumento dell'intensità di 1 livello (freccia corta): D=2-10 cm/10m.
- Movimento differenziale D per l'aumento dell'intensità di 2 livelli (freccia lunga, "D elevato " o "DD"): D>10 cm/10m.

T = profondità della superficie di scivolamento

Per una riduzione dell'intensità, la superficie di scivolamento più importante (quella più superficiale) deve trovarsi almeno a 30 m sotto il livello del mare. Inoltre, le tre condizioni seguenti devono essere soddisfatte in modo cumulativo:

1. scivolamento grande e profondo di una massa compatta;
2. presenza di zone morfologicamente e dinamicamente omogenee senza superfici di scivolamento secondarie;
3. le misurazioni geodetiche confermano una dinamica di movimento omogenea nel tempo.

Una riduzione dell'intensità legata alla profondità della superficie di scivolamento è accettabile per velocità di scivolamento massime di 20 cm/anno, sempre che siano soddisfatte le condizioni 1-3.

Probabilità di occorrenza spaziale

La probabilità di occorrenza spaziale p_{Os} è determinata per ogni fonte di processo, ogni periodo di ritorno e ogni campo della carta d'intensità in funzione delle specificità del caso. Può variare all'interno di una stessa zona d'azione ed è determinata come segue:

$$p_{Os} = \frac{Larghezza\ del\ deposito\ in\ caso\ di\ evenbto\ [m]}{Larghezza\ del\ tratto\ interessato\ dal\ processo\ [m]}$$

$$p_{rA} = \frac{Breite\ der\ Ablagerungen\ im\ Ereignisfall\ [m]}{Maximale\ Breite\ die\ vom\ Prozess\ bestrichen\ werden\ kann\ [m]}$$

La larghezza del deposito può essere dedotta, per esempio, da eventi precedenti o da analogie derivanti da caratteristiche topografiche simili[5].

[5] Il quantile 75% della larghezza delle colate di versante tratto dall'analisi degli eventi del 2002 è di 15 m (foresta) e 20 m (terreno aperto). L'attività media di franamento (e dunque la probabilità d'occorrenza spaziale) calcolata da questi studi è di circa 0,1.

3.7 Processo "Sprofondamento / Abbassamento"

Introduzione / obiettivo

La valutazione del processo principale "sprofondamento / abbassamento" si basa sulla raccomandazione federale del 1997.

Per il processo "sprofondamento / abbassamento" non è possibile elaborare delle carte d'intensità per diversi periodi di ritorno con un grado d'approfondimento medio. La valutazione dei pericoli deve comprendere almeno la valutazione della predisposizione al verificarsi dell'evento, della delimitazione geografica e della loro entità.

Basi metodologiche

- BWW, BRP, BUWAL, 1997: Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlungen [17].

Perimetro

Suddivisione del perimetro come indicato nel capitolo 2.7.

Contenuto

La valutazione dei pericoli "sprofondamento / abbassamento" comprende le seguenti fasi di lavoro:

Fig. 3.17 Fasi di lavoro dell'analisi dei pericoli, processo "sprofondamento / abbassamento"

Identificazione dei pericoli	
1. Acquisizione, revisione e analisi dei dati di base esistenti	- Carte topografiche, modello digitale di elevazione del terreno. - Carte geologiche, geotecniche, geomorfologiche e idrogeologiche. - Carte dei pericoli e altri studi e rapporti esistenti concernenti la geologia e i pericoli naturali. - Analisi di misure e di affermazioni qualitative sui fenomeni d'abbassamento fatta dai responsabili della manutenzione. - Fotografie aeree. - Documentazione e analisi degli eventi. - Catasto delle opere di protezione e piani delle opere di protezione esistenti. - Piani delle costruzioni esistenti. - Altre documentazioni di base disponibili su indicazione del committente.
2. Analisi di eventi precedenti	- Come indicato nel capitolo 3.1.
3. Analisi della situazione geologica, geomorfologica e idrogeologica (raccolta dei dati di base sul terreno) e formulazione degli scenari di base (detti scenari di formazione dei pericoli)	- Carta dei fenomeni (vedi capitolo 3.2). - Analisi della predisposizione al verificarsi dell'evento: delimitazione delle zone che presentano dei segni di abbassamento del terreno e di fenomeni carsici. Delimitare anche i territori che presentano una predisposizione a questi fenomeni. Delimitare le zone che presentano una predisposizione uniforme in qualità di fonte del processo. - Le fonti del processo devono essere designate con una simbologia univoca. - Nessuna probabilità di occorrenza è attribuita al processo "sprofondamento / abbassamento".
4. Valutazione delle misure di protezione esistenti	- Come indicato al capitolo 3.1.
- Analisi degli effetti	

5. Probabilità ed entità degli eventi possibili	- La zona d'azione è delimitata sulla base di cartografie geologiche e indagini in situ. - La classificazione d'intensità è determinata come segue: - debole intensità: sottosuolo potenzialmente carsico; la copertura del sottosuolo potenzialmente carsico consente abbassamenti della superficie del terreno; - media intensità: sottosuolo carsico; doline / segni di sprofondamenti sono presenti nelle vicinanze; - In aggiunta, i parametri seguenti devono essere raccolti nel "perimetro potenziale dei danni": - probabilità di occorrenza spaziale secondo la descrizione sottostante.
6. Presentazione dei risultati e dei prodotti	- Carte d'intensità per il "perimetro potenziale dei danni" di ogni fonte del processo e per tutti i periodi di ritorno selezionati. - Copertura del processo per il "perimetro valutazione dei pericoli". - Il minimo dei prodotti da fornire è descritto nel capitolo 3.8. I seguenti prodotti devono essere forniti come complemento: - descrizione delle diverse fonti del processo con fotografia; - presentazione cartografica delle fonti del processo sulla carta dei fenomeni. - Il modello dei dati è descritto in un documento separato.

Fig. 3.18 Criteri d'intensità per il processo "sprofondamento / abbassamento"

Processo pericoloso	Intensità debole	Intensità media	Intensità elevata
Abbassamento, sprofondamento	Predisposizione esistente	Presenza di doline o eventi conosciuti	------

Probabilità di occorrenza spaziale

La probabilità di occorrenza spaziale p_{Os} è determinata per ogni fonte di processo, ogni periodo di ritorno e ogni campo della carta d'intensità in funzione delle specificità del caso. Può variare all'interno di una stessa zona d'azione ed è determinata come segue:

$$p_{Os} = \frac{Superficie\ effettivamente\ interessata\ da\ fenomeni\ di\ abbassamento\ [a]}{Superficie\ del\ processo\ del\ imitata\ [a]}$$

$$p_{rA} = \frac{Von\ Einsturzerscheinungen\ effektiv\ betroffene\ Fläche\ [a]}{Ausgeschiedene\ Prozessfläche\ [a]}$$

La larghezza del deposito può essere dedotta, per esempio, da eventi precedenti o da analogie derivanti da caratteristiche topografiche simili.

3.8 Documentazione sull'analisi dei pericoli e risultati da fornire

Carte d'intensità cartacee

Le carte d'intensità sono rappresentate sotto forma sinottica per ogni processo pericoloso e per ogni periodo di ritorno. La scala deve essere adeguata al problema e discussa con il committente.

- In caso di sovrapposizione di zone interessate dal processo, per ognuna di esse s'indicherà l'intensità più elevata.
- Per le zone nelle quali ci si attendono processi simultanei al di sotto, sulla o sopra la carreggiata, le carte dovranno rappresentare gli effetti sulla carreggiata.
- Le zone interessate dal processo in cui l'evento si verifica molto raramente sono rappresentate solo sulle carte digitali come zone di azione del processo.

Devono essere consegnati anche i dati digitali della rappresentazione sinottica.

Inoltre, deve essere elaborata una carta che indichi tutte le fonti del processo valutate e che permetta di verificare se l'analisi dettagliata dei pericoli è stata realizzata o no secondo la presente metodologia e se le fonti raggiungono o no il “Perimetro potenziale dei danni”.

Dati digitali

Conformemente al modello dei dati.

Rapporto tecnico

Il rapporto tecnico è finalizzato ad assicurare la tracciabilità della valutazione e la trasparenza delle procedure, dei metodi e delle incertezze. I fatti, i calcoli e le interpretazioni devono poter essere nettamente distinguibili gli uni dagli altri, le incertezze e le ipotesi devono essere menzionate. Inoltre, il rapporto deve preparare le basi e le informazioni necessarie alle fasi seguenti (analisi dei rischi, pianificazione delle misure).

Il contenuto del rapporto tecnico sulla valutazione dei pericoli deve comprendere i punti elencati ed essere strutturato secondo il modello di base seguente:

1. Introduzione
2. Dati di base utilizzati
3. Informazioni generali sul perimetro di studio
4. Metodologia di studio
5. Valutazione dei pericoli per processo e per fonte del processo, articolata come segue:
   - nome della fonte del processo;
   - delimitazione della zona interessata dal processo;
   - eventi precedenti e tracce di eventi;
   - constatazioni significative sul terreno e valutazione della predisposizione al verificarsi dell’evento;
   - scenari di base dei diversi tempi di ritorno;
   - analisi dei punti deboli e scenari degli effetti;
   - descrizione delle opere di protezione esistenti e valutazione della loro azione per ogni scenario;
   - ampiezza ed effetti del processo;
   - documentazione fotografica.
6. Osservazioni conclusive (se esistenti, impressioni particolari)

Gli allegati e le carte da aggiungere come complemento al rapporto devono essere specificate nei capitoli corrispondenti.

Tutti i prodotti cartacei devono essere consegnati anche in forma digitale.

4 Analisi dell'esposizione

4.1 Tipi di danni possibili

Per poter essere considerati, i danni devono essere definiti. La loro definizione costituisce una prima valutazione dei rischi che devono essere presi in considerazione e di quelli che non sarà necessario considerare. Per quanto concerne la carreggiata, nella Fig. 4.1 sono presentati gli scenari significativi per la formazione di danni (= tipi di danni significativi) utili per il calcolo dei rischi. Nella Fig. 4.2, invece, sono presentati quelli che riguardano gli impianti accessori.

Settore carreggiata

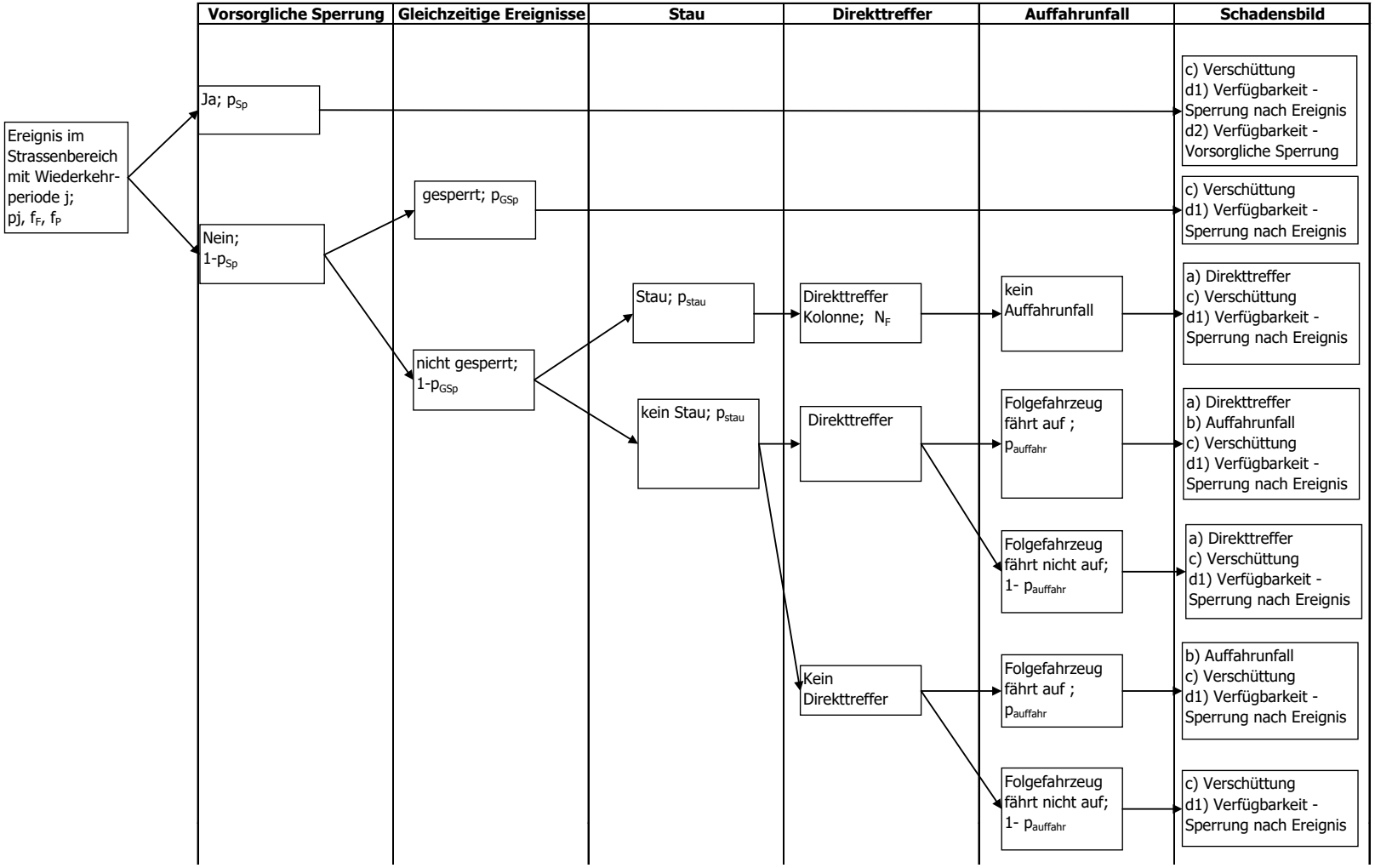


Fig. 4.1 Scenari significativi per la formazione di danni: settore carreggia.

a) "**Impatto diretto**":
persone che si trovano sulla via di transito, direttamente coinvolte e uccise dal processo ⇒ lesioni personali (morti; i feriti sono considerati separatamente[6]).

b) "**Tamponamento**":
persone che subiscono un danno, in seguito a un evento naturale, poiché il loro veicolo è coinvolto in un impatto con un veicolo incidentato, con detriti depositati o con parti di edifici danneggiati; persone che sono danneggiate con il loro veicolo a causa dell'assenza di parti di carreggiata o di manufatti (trasportate o erose dal processo) ⇒ lesioni personali (morti; i feriti sono considerati separatamente[6]).

c) "**Copertura**":
copertura, danneggiamento o distruzione di una via di transito a causa del materiale di deposito o degli effetti fisici del processo ⇒ costi di sgombero e di riparazione.

d) "**Disponibilità**": un tratto stradale può non essere disponibile per le seguenti ragioni:

d1) "**chiusura in seguito a un evento"** per lavori di sgombero e di riparazione o a causa di un pericolo persistente ⇒ costi per un tratto non disponibile (costi di deviazione);

d2) "**chiusura preventiva"** di una via di transito in seguito a un pericolo imminente ⇒ costi per un tratto non disponibile (costi di deviazione).

Settore impianti accessori

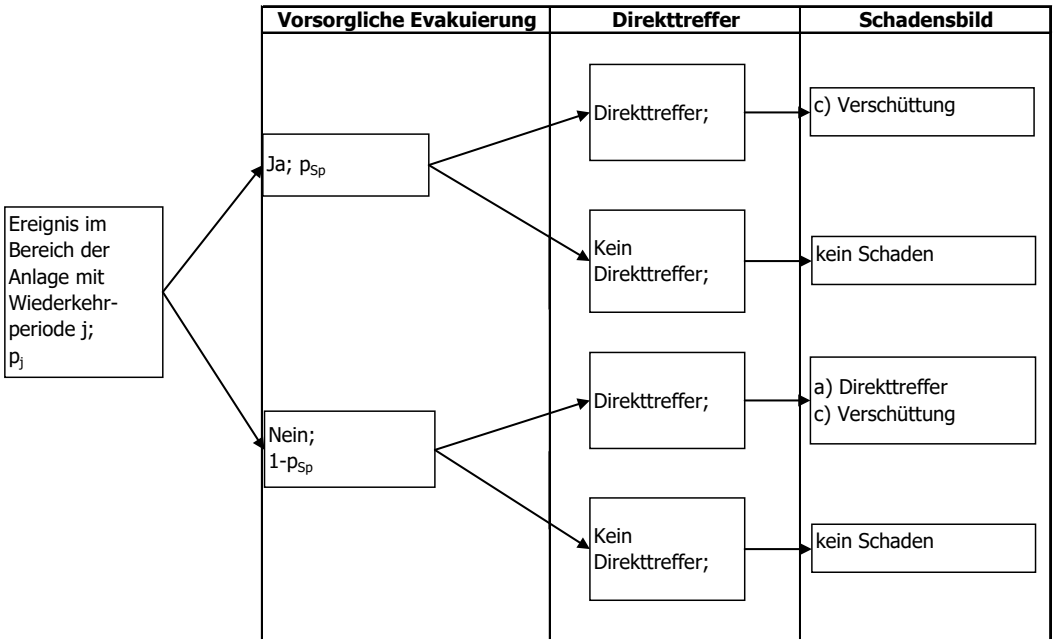


Fig. 4.2 Scenari significativi per la formazione di danni: settore impianti accessori.

e) "**Impatto diretto**":
persone che si trovano su impianti accessori e che sono direttamente colpite dal processo ⇒ danni personali (morti; i feriti sono considerati separatamente[6]).

f) "**Copertura**":
copertura, danneggiamento o distruzione di un impianto accessorio a causa del materiale di deposito o degli effetti fisici del processo ⇒ costi di sgombero e di riparazione.

[6] I costi derivanti dagli infortuni causati da un incidente possono essere considerevoli. Tuttavia, a causa della mancanza di valori empirici nel campo dei pericoli naturali e allo scopo di semplificare le conseguenze sulle persone delle quali bisogna tenere conto, per determinare il numero di feriti e l'entità delle lesioni è preso in considerazione solamente il numero delle vittime decedute.

Precisazione

Per quanto riguarda i processi “movimento franoso permanente”, “inondazioni statiche” e “cedimento / abbassamento”, lo scenario “impatto diretto” non è considerato né per la carreggiata né per gli impianti accessori.

Lo scenario “tamponamento” non si applica quando l'altezza del deposito è inferiore a 15 cm e l'intensità dell'evento è considerata debole.

Spiegazione dei parametri

p_j = probabilità che l’evento si verifichi nello scenario j

Questo valore deriva dal periodo di ritorno di uno scenario, attribuito dallo specialista dei pericoli naturali nell’ambito dell’analisi dei pericoli.

La probabilità p_j dello scenario con periodo di ritorno j, corrisponde alla probabilità che sia raggiunto o sorpassato il valore del periodo di ritorno j, ma non quella del periodo j+1. Di conseguenza, la probabilità p_j dello scenario j può essere descritta come segue:

$$p_j = h_j - h_{j+1}$$

Probabilità	Occorrenza	Periodo di ritorno j / ricorrenza	p_j	Commenti
Molto elevata	Molto frequente	da > 0 a 10 anni inclusi	$= \frac{1}{j} - \frac{1}{30}$	Il valore concreto di j deve essere determinato sulla base del registro degli eventi
forte	frequente	da > 10 a 30 anni inclusi	$= \frac{1}{30} - \frac{1}{100} = 0.02$	
Media	Media	da > 30 a 100 anni inclusi	$= \frac{1}{100} - \frac{1}{300} = 0.0067$	
Debole	Rara	da > 100 a 300 anni inclusi	$= \frac{1}{300} = 0.0033$	
Molto debole	Molto rara	> 300 anni		Corrisponde a un evento che si verifica ancora più raramente (p. es. [EHQ]); analisi dei pericoli esclusivamente per le piene, nessuna determinazione del rischio

f_C = fattore carreggiata

I processi naturali pericolosi non interessano sempre la totalità della larghezza della carreggiata. A seconda della situazione, si arrestano sulla corsia d'emergenza o nel mezzo della carreggiata. Il presente fattore ha i seguenti effetti sui vari tipi di danno possibili:

Fig. 4.3 Influenza del fattore carreggiata su differenti tipi di danni possibili

Tipi di danno possibili secondo la Fig. 4.1	**Il processo concerne**	**Impatto sul modello dei danni**
A – impatto diretto	Tutta la carreggiata	È interessato tutto il Traffico Giornaliero Medio (TGM) della carreggiata
	Corsia in un solo senso	Situazione normale: è interessato il TGM di una corsia (= metà del TGM della carreggiata) Situazione congestionata: il numero dei veicoli interessati rispettivamente delle persone deve essere diviso per due, secondo la formula a pagina 50
	Corsia d'emergenza	Nessun impatto diretto
B – tamponamento	Tutta la carreggiata	Probabilità di tamponamento secondo la Fig. 4.10
	Corsia in un solo senso	Probabilità di tamponamento ½ rispetto alla Fig. 4.10
	Corsia d'emergenza	Nessun tamponamento
C – copertura	Tutta la carreggiata	Entità del danno secondo Allegato I
	Corsia in un solo senso	Entità del danno ½ rispetto all'Allegato I
	Corsia d'emergenza	Entità del danno ¼ del valore indicato nell' Allegato I
D1 – disponibilità, chiusura in seguito a un evento	Tutta la carreggiata	Tempo di deviazione supplementare e durata media della chiusura secondo la Fig. 5.2
	Corsia in un solo senso	Circolazione alterna ⇒ tempo di attesa supplementare (= tempo di deviazione supplementare) = 15 minuti
	Corsia d'emergenza	La disponibilità non è compromessa
D2 – disponibilità, chiusura preventiva		Nessun effetto sull'entità del danno

f_P = fattore posizione

Un processo pericoloso può anche aver luogo accanto alla carreggiata, sulla carreggiata, sopra la carreggiata (p. es. tetto della galleria) o sotto la carreggiata (p. es. ponti).

L'effetto sul modello dei danni è il seguente:

Fig. 4.4 Rilevanza della posizione del processo pericoloso in rapporto alla carreggiata per i differenti tipi di danno possibili.

Posizione del processo pericoloso rispetto alla carreggiata	**Rilevanza per i seguenti tipi di danni**
Accanto alla carreggiata	Tipo di danno A, B, C, D1: nessuna rilevanza tipo di danno D2: importanza da definire in funzione della specificità dell'elemento/della struttura
Sulla carreggiata	Rilevante secondo la metodologia attuale
Sopra la carreggiata	Tipo di danno A, B e D1: rilevante se una costruzione può crollare Tipo di danno C: rilevante se una costruzione è danneggiata o può crollare Tipo di danno D2: importanza da definire secondo la specificità dell'elemento/della struttura
Sotto la carreggiata	Tipo di danno A, B e D1: rilevante se una costruzione può crollare Tipo di danno C: rilevante se una costruzione è danneggiata o può crollare Tipo di danno D2: importanza da definire secondo la specificità dell'elemento/della struttura

$p_{ChiusPrev}$ = chiusura preventiva (probabilità di chiusura preventiva $p_{ChiusPrev}$)

Questo parametro considera il fatto che un tratto vulnerabile della strada può essere chiuso preventivamente prima dell'arrivo del processo pericoloso e del fatto che le persone possono essere evacuate in tempo dagli impianti accessori interessati dall'evento. Per le fonti del processo equipaggiate di un dispositivo di misura automatico e/o per i processi indotti dalle condizioni meteorologiche (neve, acqua e colate di versante), la probabilità di chiusura deve essere determinata per ogni fonte del processo e ogni scenario. In tutti gli altri casi, il parametro da utilizzare è $p_{ChiusPrev}$ = 0. Le probabilità di chiusura devono essere stimate consultando i servizi responsabili. In questo caso, basandosi sulla Fig. 4.5, ci serviremo della classificazione seguente:

Fig. 4.5 Stima della probabilità di chiusura $p_{ChiusPrev}$

Probabilità di chiusura $p_{ChiusPrev}$	La chiusura della strada è
0.9	abbastanza sicura
0.5	probabile
0.1	poco probabile
0	improbabile

Se si dispone di valori più precisi derivati da esperienze precedenti, occorre utilizzarli.

$p_{ChEvSim}$ = chiusura in seguito a eventi simultanei

Questo parametro considera il caso di un tratto autostradale già, o ancora, chiuso a causa di eventi consecutivi a un primo evento dello stesso tipo o quello di un impianto accessorio già interessato da un processo dello stesso tipo . A questo scopo si tiene conto, per ogni scenario, del numero n di punti pericolosi che lo stesso evento meteorologico (neve, acqua e colate di versante) potrebbe attivare tra due uscite autostradali. La probabilità di chiusura in seguito a eventi simultanei $p_{ChEvSim}$ è calcolata come segue[7]:

$$p_{ChEvSim} = a \times \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

$$p_{GSp} = a \times \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

Fig. 4.6 Fattori che servono a determinare la probabilità di chiusura in seguito a eventi simultanei

Abbreviazione	Spiegazione	Unità di misura	Valore e origine dei dati
a	Il fattore di riduzione considera che in realtà è raro che tutte le fonti del processo siano attivate dallo stesso evento meteorologico o che gli eventi arrivino in maniera talmente simultanea che non sia più possibile procedere a una chiusura.	[ ]	Deve essere dedotto dagli eventi precedenti in collaborazione con i responsabili della valutazione dei pericoli e i servizi responsabili. Se questo non è possibile, si utilizzerà a = 0.75. Più la correlazione tra i diversi punti di pericolo è piccola, più si sceglierà un coefficiente piccolo.
n	Numero di fonti del processo tra due uscite autostradali che possono essere attivate dallo stesso evento meteorologico e che sono la causa della chiusura preventiva di un tratto stradale. Per tratto stradale si intende il tratto compreso tra due raccordi. .	[ ]	Valutazione dei rischi.

[7] Esempio: se 5 torrenti attraversano la strada tra 2 uscite d'autostrada, per ogni torrente $p_{ChEvSim}$ = 0.75 x (1-1/5) = 0.6.

Il fattore $p_{ChEvSim}$ deve essere determinato separatamente per ogni fonte del processo e ogni scenario. Se sarà possibile ricostruire un'altra ripartizione del primo evento sulla base della documentazione dello stesso, questi valori dovranno essere adattati di conseguenza.

Per i processi crolli, franamenti spontanei e permanenti così come per sprofondamenti / abbassamenti si utilizza il fattore $p_{ChEvSim} = 0$.

Distinzione tra situazioni di esposizione

Per quanto concerne i rischi per le persone è necessario delimitare differenti situazioni di esposizione. Si distinguono due situazioni di esposizione diverse: la situazione normale e la situazione congestionata.

La probabilità del verificarsi delle differenti situazioni di esposizione p_{expo} può essere calcolata come segue:

In caso di congestionamento:

$$p_{Cong} = \left(\frac{No\ di\ colonne\ per\ anno}{365}\right) \times \left(\frac{Durata\ media\ per\ colonna\ [h]}{24}\right)$$

$$p_{Stau} = \left(\frac{Anzahl\ Staus\ pro\ Jahr}{365}\right) \times \left(\frac{Durchschnittliche\ Dauer\ pro\ Stau\ [h]}{24}\right)$$

In caso di normale scorrimento del traffico:

$$p_{Norm} = 1 - p_{Cong}$$

$$p_{Norm} = 1 - p_{Stau}$$

4.2 Elementi e strutture a rischio

Tipologie

Si distinguono tre categorie di strutture ed elementi nel caso di pericoli naturali che interessano le strade nazionali.

Fig. 4.7 Categorie di elementi/strutture a rischio e tipologie di danno

Tipo di elemento/struttura	Tipologia di danno
- Persone che, in caso di evento, si trovano sul tratto stradale implicato o possono dirigersi verso esso - Persone che, in caso di evento, si trovano in uno degli impianti accessori	- Decesso della persona
- Carreggiata e manufatti collegati a norma UHPeri	- Costi di sgombero e di riparazione - Costi derivati da un'interruzione del traffico (costi di deviazione) a seguito di un evento o di una chiusura preventiva in attesa di un evento
- Impianti accessori secondo UHPeri	- Costi di sgombero e di riparazione

Numero e probabilità della presenza di persone minacciate

Impatto diretto carreggiata

Il numero di veicoli interessati N_v si calcola in base al traffico giornaliero medio (TGM). I valori di TGM stagionale sono selezionati in funzione del verificarsi stagionale dei processi.

Processo pericoloso secondo Fig. 3.1	È determinante il TGM dei periodi seguenti:
Valanghe di neve nubiforme o bagnata, scivolamento di neve, caduta di blocchi di ghiaccio	Da dicembre ad aprile
Colata di versante, deposizione di colate detritiche, inondazione, flussi di detrito, erosione laterale / sottoerosione	Da marzo a novembre
Caduta massi, caduta blocchi, crollo di parete rocciosa, franamento permanente, franamento spontaneo, sprofondamento / abbassamento	Da gennaio a dicembre

Per lo scenario "impatto diretto", il numero N_V di veicoli che si trovano in una zona interessata dal processo può essere calcolato come segue:

In caso di scorrimento normale del traffico:

$$N_{Vnorm} = \frac{TGM \times g}{v \times 24000}$$

$$N_{FNorm} = \frac{DTV \times g}{v \times 24'000}$$

In caso di congestionamento:

$$N_{Vcong} = \frac{\rho_{max} \times g}{1000}$$

$$N_{FStau} = \frac{(\rho_{max} \times g)}{1000}$$

Fig. 4.8 Fattori che determinano il numero di veicoli nella zona di pericolo

Abbreviazione	Spiegazione	Unità di misura	Origine dei dati
g	Lunghezza del tratto stradale esposto al pericolo per zona d'intensità	[m]	Carta d'intensità, come indicato al capitolo 3
v	Velocità massima segnalata	[km/h]	Secondo le indicazioni MISTRA o. dei responsabili regionali
TGM	Traffico Giornaliero Medio	[veicoli/giorno]	Conteggi automatici della circolazione stradale
ρ_{max}	Densità massima in caso di congestionamento = 140 veicoli / km e per via di transito.	[veicoli/km]	Hoffmann e Nielsen, 1993: descrizione dei flussi di traffico in corrispondenza delle intersezioni segnalate [39]. Questo valore è in funzione di una percentuale di autotreni (lunghezza media di 5,5 m) del 10 %

Complemento a TGM: dove non si dispone di questi valori (p. es. entrate e uscite, rampe di accesso, ecc.), i valori devono essere fissati consultando i servizi competenti e sulla base di considerazioni di plausibilità.

Con un tasso d'occupazione medio β, il numero di persone minacciate N_P può essere calcolato come segue:

$$N_P = N_V \times \beta$$

$$N_P = N_F \times \beta$$

Fig. 4.9: Fattori per determinare il numero di persone minacciate nella zona di pericolo

Abbreviazione	Spiegazione	Unità di misura	Origine dei dati
N_P	Numero di persone colpite	[Persone]	
N_V	Numero di veicoli colpiti	[Veicoli]	Deduzione come sopra
β	Tasso d'occupazione medio = 1.76	[Persone / veicolo]	Considerato che lo 0.5 % del TGM è costituito da autobus con in media 25 occupanti; secondo [21] e [59]

Impatto diretto impianti accessori:
Il numero di persone N_P e il tempo di presenza T_P di persone che si trovano in un impianto accessorio tra le 06:00 e le 22:00 devono essere stabiliti in funzione delle specificità della struttura/dell'elemento. Per questo, è necessario interpellare i responsabili dei cantieri e i gestori delle aree di servizio.

Tamponamento carreggiata
Il fatto che un veicolo collida con un deposito sulla carreggiata o il fatto che possa rallentare in tempo davanti a un danno sulla carreggiata causato da un processo pericoloso può essere influenzato dai seguenti fattori esterni:

- visibilità, velocità, curve e raggi di curvatura del tratto, densità del traffico.

L'analisi degli eventi naturali sulle strade cantonali del Cantone di Berna, raccolti finora nella banca dati StorMe, ha rilevato che, in caso di evento, la probabilità di un tamponamento è di circa il 15 %. Questo è un valore medio, indipendente dal tipo di strada.

Per stimare la probabilità di un tamponamento p_{Tamp} su un determinato tratto è necessario analizzare i tamponamenti e la loro distribuzione sulla rete delle strade nazionali. Perciò, ogni tratto stradale da esaminare sarà assegnata a una delle tre categorie seguenti (Fig. 4.10):

Fig. 4.10 Probabilità di tamponamento.

Probabilità di tamponamento	Limite delle categorie per p_{Tamp}	Valore da utilizzare per p_{Tamp} nell'analisi dei rischi
Frequente	> 0,2	0,25
Medio	da 0,1 a 0,2	0,15
Improbabile	< 0,1	0,05

Il numero di persone colpite nello scenario "tamponamento" è pari a β = 1.76 persone.

Lo scenario "tamponamento" è pertinente solo per la situazione di esposizione "situazione normale". D'altra parte, questo scenario non deve essere considerato nel caso di un'altezza del deposito o di un diametro del masso inferiore a 0,15 m e associato a un evento di debole intensità.

Localizzazione e dimensioni di strutture fisse

L'analisi dei rischi considera le seguenti opere sotto la responsabilità dell'USTRA:

- carreggiata, incluso rampe e vie d'accesso;
- ponti;
- gallerie;
- gallerie compresi i portali;
- impianti accessori (aree di ristoro, aree di riposo, centri di manutenzione, centrali di polizia, posti di controllo, ecc.)

A essere determinanti sono la posizione e la dimensione strutture fisse indicate dall'UHPeri o da MISTRA.

L'adeguamento del valore specifico di strutture/elementi da prendere in considerazione devono essere determinati all'inizio con il committente.

Valore delle strutture fisse

Il valore di elementi e strutture è stato determinato sulla base di inchieste svolte all'interno dell'USTRA e tenendo conto dei dati presenti nelle pubblicazioni specializzate (p. es.: [16], [30], [23], [45], [56], [59]). Questi valori sono presentati nell'allegato III Il valore di base delle opere (ponti, tunnel, gallerie ecc.) deve essere determinato in funzione delle specificità della struttura/dell'elemento. I valori contenuti nell'I danno delle cifre indicative.

Costi causati da un'interruzione del traffico

La funzione principale di una strada o di un tratto stradale è la sua disponibilità. L'indisponibilità dà luogo a costi conseguenti alle deviazioni del traffico e ai rispettivi prolungamenti del tempo di percorrenza. Questo danno non risulta al gestore della strada ma è considerato, a posteriori, probabilmente uno degli argomenti principali in favore dell'attuazione di misure di protezione lungo le strade nazionali. Le reazioni di diversi gruppi d'interesse sull'argomento pericoli naturali si sono concentrate soprattutto sugli argomenti indisponibilità o inaccessibilità e sui conseguenti danni che ne possono derivare.

I costi delle interruzioni si possono stimare con un modello realizzato da IVT-ETH, che include tempo richiesto per deviazioni, costi variabili per incidenti nonché viaggi di servizio e vacanze annullati.

5 Analisi delle conseguenze

5.1 Rischi per le persone

Impatto diretto sulla carreggiata

Ad eccezione del processo "valanghe", mancano i dati di base su come poter quantificare la vulnerabilità in caso d'impatto con persone o veicoli. L'analisi di incidenti precedenti causati da valanghe sulle strade indica, secondo [60], un tasso medio di mortalità di 0.18. Tuttavia, in questi casi non è stata considerata l'intensità dell'evento.

Nella metodologia per l'effettuazione delle analisi del rischio, redatta nel corso degli ultimi anni, sono stati pubblicati diversi valori sul tasso di mortalità per gli utenti stradali. Tali valori si basano su ipotesi e considerazioni di plausibilità e differiscono gli uni dagli altri, a volte anche significativamente. In parte, partono da ipotesi e da modelli di danno diversi (p. es. con o senza particolare riguardo per il modello "tamponamento"). Dato che attualmente non esiste una deduzione precisa della sensibilità (mortalità) nel caso d'impatto con persone o veicoli, si utilizzeranno i valori indicati nell'allegato II (secondo [16]) [8].

Tamponamento sulla carreggiata

Per lo scenario "tamponamento", si parte dall'ipotesi che il tasso di mortalità sia da mettere sullo stesso piano della mortalità di un tamponamento medio sull'autostrada, indipendentemente dal tipo e dall'intensità dell'evento. Secondo SN 640 007[9] questo tasso ammonta a 0.0066.

Impatto diretto su un impianto accessorio

Per quanto riguarda la vulnerabilità, in questo scenario è meglio applicare le stesse regole dello scenario "impatto diretto sulla carreggiata". In tal caso si utilizzeranno anche i valori standard più credibili derivati da pubblicazioni specializzate e si considererà che le persone possono trovarsi sia all'esterno sia all'interno di edifici annessi. I valori da utilizzare sono espressi nell'allegato II.

5.2 Rischi materiali

Esistono due metodi per analizzare i rischi materiali e le loro conseguenze:

- integrazione dei dati d'analisi dei pericoli nell'applicazione KUBA-DB (banca dati dei manufatti), secondo [30]. Poiché l'interfaccia tra questi due metodi non ha potuto essere definita con precisione durante il periodo a disposizione, quest'approccio non sarà approfondito;
- utilizzo di approcci globali analoghi al tasso di mortalità come nelle metodologie utilizzate in precedenza.

Il secondo metodo è presentato in dettaglio qui di seguito.

Copertura: costi di sgombero e di riparazione

Anche in questo ambito mancano le basi scientifiche per quantificare l'entità dei danni per lo scenario "copertura". Ciononostante l'incertezza dei dati è inferiore rispetto al tasso di mortalità, poiché si dispone di valori empirici basati su eventi già verificatisi ripetutamente. Tuttavia fino ad oggi questi eventi non sono stati analizzati in modo sistematico.

---

[8] Per il pericolo dovuto a processi quali franamento permanente, inondazione e sprofondamento / abbassamento, lo scenario "impatto diretto" non è preso in considerazione.

[9] Questo valore è stato dedotto come segue da SN 640 007 (incidenti della strada):
il 12.7% degli incidenti su autostrade e superstrade causa lesioni a persone, il 5.2% delle lesioni personali su autostrade e semiautostrade sono mortali $\Rightarrow$ mortalità λ = 0.127 * 0.052 = 0.0066.

La determinazione dell'entità dei danni per lo scenario "copertura" è effettuato con l'aiuto dei valori secondo l'allegato II. La vulnerabilità delle opere (gallerie, ponti, ecc.) deve essere dedotta in funzione delle specificità della struttura/dell'elemento. Nel caso dei processi permanenti, il valore dei danni attesi annualmente può essere dedotto, in funzione della situazione dei dati, dai costi di manutenzione periodici (p. es. nelle zone con regolare abbassamento del terreno).

Disponibilità: costi causati da un'interruzione del traffico

Come descritto nel capitolo 4, il rischio concernente il danno secondo il modello "disponibilità" si deve convertire in valore monetario mediante l'approccio dei costi di congestione. La vulnerabilità si compone degli elementi seguenti:

- durata della chiusura stradale;
- tempo di viaggio supplementare dovuto alla deviazione;
- costo per ogni ora supplementare della durata del tragitto per ogni veicolo (= approccio dei costi di congestione).

Durata della chiusura stradale:

Devono essere considerati due casi:

- chiusura preventiva;
- chiusura in seguito a un evento.

Chiusura preventiva:

La durata della chiusura $d_{ChiusPrev}$ [in giorni] e la frequenza di chiusura h_{Chius} devono essere determinate, in collaborazione con i servizi responsabili e con il sostegno della Fig. 5.1, per ogni scenario e ogni fonte del processo. Se sono disponibili dati più precisi, specifici a un elemento/una struttura, questi devono essere utilizzati imperativamente.

Fig. 5.1 Relazione tra la probabilità di chiusura p_{Chius} e la frequenza di chiusura necessaria a questo effetto[10]

Probabilità di chiusura (p_{Chius})	La chiusura della strada è	Frequenza di chiusura necessaria f_{Chius} [ ]	Durata media di chiusura per chiusura $d_{ChiusPrev}$ [giorni]
0.9	Quasi sicura	4	Da determinare per l'elemento specifico[11]
0.5	Probabile	2	
0.1	Poco probabile	1	

Questo fattore deve essere determinato separatamente per ogni fonte del processo e per ogni scenario.

[10] Secondo [60], in caso di valanghe (e probabilmente anche in caso di colate di detrito), bisogna considerare che, in prospettiva, le chiusure preventive sono più lunghe di quelle che seguono il verificarsi di un evento. Questa situazione è plausibile per le stazioni di monitoraggio automatico, dove possono verificarsi falsi allarmi e dove i valori limite per un allarme sono fissati in maniera piuttosto conservativa. Questo può essere tenuto in considerazione nello scenario "disponibilità – blocco preventivo" con una frequenza di chiusura > 1.

[11] L'esperienza ha dimostrato che la durata dei blocchi preventivi supera raramente le 24 ore. In casi giustificati, si dovrebbero poter scegliere anche dei valori più elevati.

Chiusura in seguito a un evento
La durata di un'interruzione del traffico (= durata di chiusura d_{ChiusE}) in funzione dell'intensità dell'evento[12] può essere descritta come segue, in base alla descrizione qualitativa dei livelli d'intensità in [17]:

Fig. 5.2 Periodo medio di chiusura d_{ChiusE} in funzione dell'intensità dell'evento per lo scenario d1) "disponibilità – chiusura in seguito a un evento"

Intensità dell'evento	Durata media della chiusura	Valori per d_{ChiusE} [giorni]
1 (debole)	1 h	1/24
2 (media)	1 giorno	1
3 (elevata)	1 settimana	7

L'elemento determinante è l'intensità massima dell'evento che interviene sulla carreggiata per ogni fonte del processo e ogni scenario.

Costi giornalieri dovuti alla chiusura della strada

Per il calcolo dei costi di chiusura della strada, si utilizza un modello di traffico sviluppato dall'IVT del PFZ che permette di quantificare i costi dovuti alle chiusure dei tratti della rete delle strade nazionali tenendo conto dei seguenti elementi:

1. il costo delle deviazioni per automobili e autocarri;
2. l'aumento dei costi a seguito all'aumento del rischio di incidente;
3. la non realizzazione di viaggi professionali e del tempo libero.

Per informazioni dettagliate, vedi [Erath, A. (2011) Vulnerability assessment of road transport infrastructure, tesi Ph.D., PF Zurigo, Zurigo [35]].

Sono stati calcolati due scenari: uno estivo e uno invernale. Lo scenario invernale presuppone la non disponibilità dei valichi abitualmente chiusi in inverno.

Se la strada cantonale si trova accanto alla strada nazionale (a una distanza uguale o inferiore ai 50 m), si assume che la strada cantonale venga completamente chiusa al traffico (nei due sensi di marcia).

Questo scenario pessimista corrisponde al verificarsi di eventi rari o decisamente irrealisti. Tuttavia, si tratta del solo metodo possibile per calcolare i costi di chiusura in modo standardizzato e automatizzato per tutta la Svizzera (carte dei pericoli e zone a rischio). In questo modo, si assicura che tutti gli eventi possibili, compresi quelli molto rari, siano presi in considerazione. L'approccio descritto è applicato sistematicamente sulla totalità della rete delle strade nazionali per la valutazione dei pericoli naturali.

In seguito, nella fase "Valutazione dei rischi e delle misure" viene effettuata un'analisi più dettagliata di tutti gli hotspot che risultano da questo approccio sistematico sulla totalità della rete (controlli di plausibilità) tenendo conto delle condizioni locali effettive (deviazione del traffico, disponibilità della rete).

[12] Secondo [56], le FFS utilizzano i seguenti valori:

Intensità dell'evento	Durata media della chiusura
1 (debole)	0.5 giorni
2 (media)	10 giorni
3 (elevata)	50 giorni

6 Calcolo del rischio

6.1 Introduzione

Il rischio si determina per ogni fonte del processo, tempo di ritorno (scenario) e tipo di danno secondo la seguente formula generale:

$$R_{i,j} = ps_{i,j} \times S_{i,j}$$

$R_{i,j}$ = rischio dell'elemento i con lo scenario j
$ps_{i,j}$ = probabilità di danno all'elemento i con lo scenario j
$S_{i,j}$ = entità del danno i con lo scenario j

con

$$ps_{i,j} = p_j \times p_{i,j}$$

e

$$S_{i,j} = A_i \times v_{i,j}$$

la formula del rischio può anche essere scritta nel seguente modo:

$$R_{i,j} = p_j \times p_{i,j} \times A_i \times v_{i,j}$$

$$R_j = \sum_i R_{i,j}$$

$$R = \sum_j R_j$$

$R_{i,j}$ = rischio dell'elemento i con lo scenario j
p_j = probabilità dello scenario j
$p_{i,j}$ = probabilità che l'elemento i sia esposto allo scenario j
A_i = valore dell'elemento i
$v_{i,j}$ = vulnerabilità dell'elemento i nello scenario j

Nei capitoli seguenti sono riportate le formule per il calcolo del rischio per ogni tipo di danno secondo la probabilità e l'entità del danno. In tutti i successivi calcoli bisognerà verificare se il pericolo concerne la corsia di emergenza, la carreggiata (una sola direzione di marcia) o entrambe le carreggiate (nei due sensi di marcia) e, di conseguenza, adeguare il numero di persone interessate, la possibilità di deviazione, nonché l'entità totale dei danni.

6.2 Tipo di danno a: impatto diretto

Carreggiata
Questo tipo di danno si può verificare in caso di crolli, colate di versante, franamenti spontanei, valanghe, inondazioni dinamiche come pure colate di detrito e depositi di colate detritiche che interessano la carreggiata.

Probabilità di danno ps_{Dcarr} in caso di congestionamento:

$$ps_{DcarrCong} = p_j \times (1 - p_{ChiusPrev}) \times (1 - p_{ChEvSim}) \times p_{Cong}$$

$$ps_{DfahrbahnStau} = p_j \times (1 - p_{Sp}) \times (1 - p_{GSp}) \times p_{Stau}$$

e in caso di normali condizioni di viabilità:

$$ps_{DcarrNorm} = p_j \times (1 - p_{ChiusPrev}) \times (1 - p_{ChEvSim}) \times p_{Norm}$$

$$ps_{DfahrbahnNorm} = p_j \times (1 - p_{Sp}) \times (1 - p_{GSp}) \times p_{Norm}$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
p_j	Probabilità dello scenario j	[1 / anni]	Valori secondo pagina 46
$p_{ChiusPrev}$	Probabilità di chiusura precauzionale; deve essere calcolata in modo separato per ogni singolo processo	[ ]	Valori secondo Fig. 4.5 a pagina 48
$p_{ChEvSim}$	Probabilità di chiusura a seguito di eventi simultanei; deve essere calcolata in modo separato per ogni singolo processo	[ ]	Vedi formula a pagina 49
p_{Cong}	Probabilità di congestionamento	[ ]	Ricavato da pagina 49
p_{Norm}	Probabilità situazione normale	[ ]	Ricavato da pagina 49

Entità del danno S_{Dcarr}

$$S_{Dcarr} = N_P \times \lambda \times p_{Os} \times f_C$$

$$S_{Dfahrbahn} = N_P \times \lambda \times p_{rA} \times f_F$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
N_P	Numero di persone interessate per scenario	[ ]	Calcoli secondo la formula a pagina 49 per ogni situazione di esposizione
p_{Os}	Probabilità spaziale di evento, riferita a tutta la larghezza del deposito	[ ]	Il valore è definito dall'esperto in pericoli naturali secondo il capitolo 3
λ	Mortalità in caso di evento	[ ]	Valore secondo il tipo e della forza del fenomeno secondo l'allegato II
f_C	Fattore della carreggiata	[ ]	Ricavato da pagina 47

Il rischio $R_{Dcarr;Q,\,j}$ per le persone a seguito di un impatto diretto per tipo di processo e per singolo scenario è calcolato nel modo seguente:

$$R_{Dcarr;Q,j} = (S_{DcarrCong} \times ps_{DcarrCong}) + (S_{DcarrNorm} \times ps_{DcarrNorm})$$

$$R_{Dfahrbahn;Q,j} = (S_{Dfahrbahnstau} \times ps_{DfahrbahnStau}) + (S_{DfahrbahnNorm} \times ps_{DfahrbahnNorm})$$

Impianti accessori

Questo tipo di danno si può verificare in caso di crolli, colate di versante, franamenti spontanei, valanghe, inondazioni dinamiche come pure colate di detrito e depositi di colate detritiche, che interessano le persone che si trovano negli impianti accessori.

Probabilità di danno $ps_{Daccessori}$:

$$ps_{Daccessori} = p_j \times (1 - p_{ChiusPrev}) \times (1 - p_{ChEvSim}) \times 0.67$$

$$ps_{Dnebenanlage} = p_j \times (1 - p_{Sp}) \times (1 - p_{GSp}) \times 0.67$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
p_j	Probabilità dello scenario j	[1 / anni]	Valori secondo pagina 46
$p_{ChiusPrev}$	Probabilità di chiusura precauzionale; deve essere calcolata in modo separato per ogni singolo processo	[ ]	Valori secondo Fig. 4.5 a pagina 48
$p_{ChEvSim}$	Probabilità di chiusura a seguito di eventi simultanei; deve essere calcolata in modo separato per ogni singolo processo	[ ]	Vedi formula a pagina 49
0.67	Tenendo conto di quanto indicato a pagina 49, la media di visitatori è stata determinata fra le 06:00 e le 22:00, poiché in questo intervallo si constata il 95% del TGM. Ao stesso tempo si suppone che la probabilità di ogni evento non varia in funzione dell'orario	[ ]	$0.95 \times \frac{1}{30} = 0.67$

Entità dei danni $S_{Daccessori}$:

$$S_{Daccessori} = N_P \times \frac{F}{F_N} \times \lambda \times p_{Os}$$

$$S_{Dnebenanlage} = N_P \times \frac{F}{F_N} \times \lambda \times p_{rA}$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
N_P	Numero di persone coinvolte per singolo scenario	[ ]	Determinato secondo pagina 49
F	Superficie compresa in F_N, toccata dallo scenario j	[m^2]	Determinato a partire dalla valutazione del pericolo
F_N	Superficie degli impianti accessori, nella quale si costata la presenza di N_P persone	[m^2]	Determinato sulla base della determinazione di N_P
p_{Os}	Probabilità spaziale di evento, riferita a tutta la larghezza del deposito	[ ]	Il valore è definito dall'esperto in pericoli naturali secondo il capitolo 3
λ	Mortalità in caso di evento	[ ]	Valore che dipende dal tipo e dall'intensità del processo secondo l'allegato II

Di conseguenza il rischio $R_{Dannessi;Q,\ j}$ corso da persone in un impianto accessorio a seguito di un impatto diretto per singolo evento Q e scenario j può essere calcolato nel seguente modo:

$$R_{Daccessori;Q,j} = \left(S_{Daccessori} \times ps_{Daccessori}\right)$$

$$R_{Dnebenanlage;Q,j} = \left(S_{Dnebenanlage} \times ps_{Dnebenanlage}\right)$$

6.3 Tipo di danno b: tamponamento

Il tipo di danno "tamponamento" si può verificare in presenza di tutti quei processi che interessano la carreggiata. Questa tipologia di danno non deve però essere presa in considerazione quando l'intensità dell'evento è debole e l'altezza del deposito o la grandezza dei massi è inferiore a 0,15 metri. Non deve neppure essere considerata nel caso di franamenti permanenti e sprofondamenti / abbassamenti di debole entità. Un tamponamento può verificarsi solo se il traffico scorre normalmente, in quanto in caso di congestionamento l'ostacolo può essere individuato per tempo.

Conformemente a quanto indicato a pagina 49, la probabilità di tamponamento è determinata per singolo evento naturale. Il rischio di questo tipo di danno è dapprima calcolato per ogni fonte del processo e per ogni scenario e, in seguito, nello scenario j è ripartito uniformemente su tutto il tratto stradale interessato dalla fonte del processo.

Probabilità di *danno* ps_{tamp}:

$$ps_{tamp} = p_j \times (1 - p_{Chius\,Prev}) \times (1 - p_{ChEvSim}) \times p_{tamp} \times f_C \times (1 - p_{cong})$$

$$ps_{auffahr} = p_j \times (1 - p_{Sp}) \times (1 - p_{GSp}) \times p_{auffahr} \times f_F \times (1 - p_{Stau})$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
p_j	Probabilità dello scenario j	[1 / anni]	Valore secondo pagina 48
$p_{ChiusPrev}$	Probabilità di chiusura precauzionale; deve essere calcolata in modo separato per ogni singolo processo	[ ]	Vedere Fig. 4.5 a pagina 48
$p_{ChEvSim}$	Probabilità di chiusura a seguito di eventi simultanei; deve essere calcolata in modo separato per ogni singolo processo	[ ]	Vedere formula a pagina 48
p_{tamp}	Probabilità di una collisione (tamponamento) in un determinato tratto a seguito di un evento naturale	[ ]	Valori secondo Fig. 4.10
f_C	Fattore carreggiata	[ ]	Estrapolato da pagina 49
p_{cong}	Probabilità di congestionamento	[ ]	Estrapolato da pagina 49

Entità del danno S_{tamp}:

$$S_{tamp} = N_P \times \lambda$$

$$S_{auffahr} = N_P \times \lambda$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
N_P	Numero di persone coinvolte per singolo scenario	[ ]	1.76 (occupazione media di un veicolo secondo pagina 49)
λ	Mortalità in caso di evento	[ ]	0.0066 secondo pagina 49

Il rischio $R_{tamp;Q,\,j}$ corso dalle persone sulla carreggiata a causa dello scontro con un ostacolo può essere calcolato come segue per ogni fonte del processo Q e per ogni scenario j:

$$R_{tamp;Q,j} = (S_{tamp} \times ps_{tamp})$$

$$R_{auffahr;Q,j} = (S_{auffahr} \times ps_{auffahr})$$

6.4 Tipo di danno c: copertura

Carreggiata

Il danno "copertura della carreggiata" si può verificare in presenza di tutti quei processi che, secondo l'analisi dei pericoli, possono interessare la carreggiata. Può essere anche una conseguenza di tutti i processi che oltrepassano la carreggiata (al di sopra o al di sotto) e che possono danneggiare i manufatti esistenti (come indicato nel capitolo 2.7).

Probabilità di danno $ps_{copertura}$:

$$ps_{copertura} = p_j$$

$$ps_{verschütt} = p_j$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
p_j	Probabilità dello scenario j	[1 / anni]	valore secondo pagina 48

Entità del danno $S_{copertura}$:

$$S_{copertura} = g \times W \times SE \times p_{Os} \times f_C$$

$$S_{Verschütt} = g \times W \times SE \times p_{rA} \times f_F$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
g	Lunghezza del tratto effettivamente interessato dall'evento, valore per singola intensità	[m]	Carta d'intensità della valutazione del pericolo
W	Valore base di una struttura interessata da un evento (tratto, manufatto)	[CHF / m]	Valore secondo l'allegato I
SE	Vulnerabilità di una struttura interessata da un evento (tratto, manufatto)	[ ]	Valore in base al tipo di struttura, al tipo di processo e all'intensità secondo l'allegato I
p_{Os}	Probabilità spaziale di evento, riferita a tutta la larghezza del deposito	[ ]	Il valore è definito dall'esperto in pericoli naturali secondo il capitolo 3.
f_C	Fattore carreggiata	[ ]	Deduzione (pag. 48)

Il rischio $R_{copertura;Q,j}$ della carreggiata in seguito ai lavori di pulizia e di sistemazione può essere calcolato come segue per ogni fonte del processo Q e ogni scenario j:

$$R_{copertura;Q,j} = \left(S_{copertura} \times ps_{copertura}\right)$$

$$R_{verschütt;Q,j} = \left(S_{verschütt} \times ps_{verschütt}\right)$$

Impianti accessori

Il danno "copertura degli impianti accessori"è possibile in presenza di tutti quei processi che, secondo l'analisi dei pericoli e le disposizioni di pagina 48, interessano gli impianti accessori.

Probabilità di danno $ps_{copertura}$:

$$ps_{copertura} = p_j$$

$$ps_{verschütt} = p_j$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
p_j	Probabilità dello scenario j	[1 / anno]	Valori secondo pagina 48

Entità del danno $S_{copertura}$:

$$S_{copertura} = F \times W \times SE \times p_{Os}$$

$$S_{Verschütt} = F \times W \times SE \times p_{rA}$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
F	Superficie effettivamente toccata dall'evento, valore per singola intensità	[m²]	Carta d'intensità della valutazione del pericolo
W	Valore base di una struttura interessato da un evento (edificio, parcheggio o simile)	[CHF / m²]	Valore secondo l'allegato I
SE	Vulnerabilità di una struttura interessata da un evento (tratto, manufatto)	[ ]	Valore in base al tipo di struttura, al tipo di processo e all'intensità secondo l'allegato I
p_{Os}	Probabilità spaziale di evento, riferita a tutta la larghezza del deposito	[ ]	Il valore è definito dall'esperto in pericoli naturali secondo il capitolo 3

Il rischio $R_{copertura;Q,\,j}$ degli impianti accessori a seguito della pulizia e della sistemazione può essere calcolato come segue per ogni fonte del processo Q e per ogni scenario j:

$$R_{copertura;Q,j} = \left(S_{copertura} \times ps_{copertura}\right)$$

$$R_{verschütt;Q,j} = \left(S_{verschütt} \times ps_{verschütt}\right)$$

6.5 Tipo di danno d1: disponibilità – chiusura dopo evento

Il danno "disponibilità – chiusura dopo evento"si può verificare in presenza di tutti quei processi che, secondo l'analisi dei pericoli, possono raggiungere la carreggiata. Può essere anche una conseguenza di tutti i processi che oltrepassano la carreggiata (al di sopra o al di sotto) e che possono danneggiare i manufatti esistenti (come indicato nel capitolo 2.7). Per ogni struttura/elemento è necessario determinare se la riparazione dei danni necessita l'interruzione o meno del transito sulla carreggiata (p. es. erosione di piloni di sostegno dei ponti o danneggiamento del tetto di gallerie). Se un manufatto è stato danneggiato, è necessario determinare se è da prevedere una chiusura prolungata.

Poiché per ogni fonte del processo e per ogni scenario è determinante solo l'intensità massima prevedibile di un evento naturale, il rischio di "disponibilità - chiusura dopo evento" è dapprima calcolato per ogni fonte del processo e per ogni scenario e, in seguito, ripartito uniformemente su tutto il tratto in pericolo.

Se nello scenario j la carreggiata di un determinato tratto stradale (per es. tra due svincoli autostradali) rischia di essere interessata da più di un processo scatenabile dallo stesso fenomeno meteorologico (neve, acqua, colate di versante), si dovrà calcolare il rischio della fonte del processo che porterà alla chiusura della carreggiata al traffico nello scenario in questione. Se nello scenario j vi sono n zone in cui il processo si potrebbe verificare con la medesima intensità, il rischio sarà ripartito su tutte le n fonti del processo.

Probabilità di danno ps_{dispoE} per neve, acqua e colate detritiche di versante:

$$ps_{dispoE} = \left(p_j \times \frac{1}{n}\right)$$

$$ps_{verfügE} = \left(p_j \times \frac{1}{n}\right)$$

Probabilità di danno ps_{dispoE} per altri processi:

$$ps_{dispoE} = p_j$$

$$ps_{verfügE} = p_j$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
p_j	Probabilità dello scenario j	[1 / anno]	Valori secondo pagina 48
n	Numero delle fonti di processo che possono comportare la chiusura preventiva del tratto stradale in uno scenario. Per tratto stradale si intende il tratto compreso tra due raccordi.	[ ]	Valutazione dei pericoli

Entità del danno S_{dispoE}:

$$S_{dispoE} = d_{ChiusE} \times K_{chius\ estate/inverno}$$

$$S_{verfügE} = d_{SpE} \times K_{Sp\ Sommer\ /\ Winter}$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
d_{ChiusE}	Durata della chiusura dopo l'evento	[giorni]	In funzione dell'intensità massima potenziale di un evento secondo la Fig. 5.2
$K_{chius\ estate/inverno}$	Tasso del costo di chiusura al traffico estate/inverno	[CHF/giorno]	Modello IVT-PFZ

Il rischio della chiusura di un tratto $R_{dispoE;Q,}$ può essere calcolato come segue per ogni processo Q e per ogni scenario j:

$$R_{dispoE;Q,j} = \left(S_{dispoE} \times ps_{dispoE}\right)$$

$$R_{verfügE;Q,j} = \left(S_{verfügE} \times ps_{verfügE}\right)$$

6.6 Tipo di danno d2: disponibilità – chiusura preventiva

Il danno "disponibilità – chiusura preventiva" si può verificare in presenza di tutti quei processi che, secondo l'analisi dei pericoli per mezzo di un dispositivo di misurazione automatica e / o in presenza di processi causati da fenomeni meteorologici (neve acqua e colate di versante), possono interessare la carreggiata stessa. Per tutti gli altri tipi di processi questo tipo di danno non è da prendere in considerazione.

Poiché la probabilità e l'entità dei danni per fonte del processo e per scenario sono indipendenti dagli altri parametri rilevati al momento dell'analisi dei pericoli; il rischio di disponibilità – chiusura preventiva è dapprima calcolato per ogni fonte del processo e per ogni scenario e, in seguito, viene ripartito uniformemente su tutto il tratto in pericolo.

Se n spazi che presentano processi dello stesso tipo toccano la carreggiata in un medesimo tratto stradale (p. es. fra due svincoli autostradali) e la chiusura preventiva di questo tratto è possibile, è necessario stabilire – in collaborazione con i servizi responsabili - qual è la fonte del processo che causa la chiusura preventiva. Il rischio riguardante la chiusura preventiva è allora attribuito a quest'ultimo. Se ciò non dovesse essere possibile, il rischio calcolato (per ogni scenario) dovrà essere ripartito su tutte le n fonti del processo.

Probabilità del danno $ps_{dispoChiusPrev}$:

$$ps_{dispoChiusPrev} = \left(p_j \times h_{ChiusPrev} \times \frac{1}{n} \right)$$

$$ps_{verfügSp} = \left(p_j \times h_{Sp} \times \frac{1}{n} \right)$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
p_j	Probabilità per lo scenario j	[1 / anno]	Valori come a pagina 48
n	Numero delle fonti di processo tra due uscite autostradali che possono essere attivate dallo stesso evento meteorologico e che sono la causa della chiusura preventiva di un tratto stradale. Per tratto stradale si intende il tratto compreso tra due raccordi	[ ]	
$h_{ChiuPrev}$	Frequenza della chiusura preventiva	[ ]	Determinare come a pagina 48 e seguenti

Entità del danno $S_{dispoChiusPre}$:

$$S_{dispoChiusPrev} = d_{ChiuPrev} \times K_{chius\ estate/inverno}$$

$$S_{verfügSP} = d_{SPvorsorg} \times K_{Sp\ Sommer/Winter}$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Fonte dei dati e dei valori
$d_{ChiusPrev}$	durata della chiusura preventiva	[giorni]	determinata secondo pagina 48 e seguenti
$K_{chius\ estate/inverno}$	Tasso del costo di chiusura al traffico estate/inverno	[CHF/giorno]	Modello IVT-PFZ

Il rischio di un tratto $R_{dispoChiusPrev;Q,\ j}$ causato da una chiusura preventiva può essere calcolato come segue per ogni processo Q e per ogni scenario j:

$$R_{dispoChiusPrev;Q,j} = \left(S_{dispoChiusPrev} \times ps_{dispoChiusPrev} \right)$$

$$R_{verfügSp;Q,j} = \left(S_{verfügSp} \times ps_{verfügSp} \right)$$

Il rischio causato dall'indisponibilità di un tratto $R_{dispo;Q,j}$ può essere ottenuto con la seguente addizione:

$$R_{dispo;Q,j} = R_{dispoE;Q,j} + R_{dispoChius;Q,j}$$

$$R_{verfüg;Q,j} = R_{verfügE;Q,j} + R_{verfügSp;Q,j}$$

6.7 Somma di rischi

Rischi collettivi

I rischi dei diversi tipi di danni per fonte del processo e per scenario sono presentati separatamente e devono essere sommati in tutti gli scenari per tipo di danno e per fonte del processo. Per calcolare il rischio per le persone sulla carreggiata è necessario sommare il rischio di "impatto diretto" al rischio di "tamponamento". Il rischio totale di "disponibilità" di un determinato tratto stradale è costituito dal rischio di chiusura dopo l'evento e da quello di chiusura preventiva.

Quando si comparano o si sommano i rischi di differenti tipi di danno di una medesima fonte del processo per scenario o per tutti gli scenari possibili, essi si devono dapprima convertire nell'unità [CHF / anno]. Va ricordato inoltre che i rischi per le persone devono essere moltiplicati per i costi residui conformemente al concetto di rischio della PLANAT [48] (5 milioni CHF).

I rischi per fonte del processo possono poi essere sommati ai rischi dei singoli tratti (p. es. per singola bretella autostradale).

I rischi di differenti fonti del processo si riferiscono a un determinato tratto stradale per il quale sono rappresentati come [rischio / tratto stradale]. Nel caso di rischi sovrapposti si procede alla loro somma.

Rischi individuali

Il rischio individuale di decesso è considerato per il tratto stradale che un pendolare medio percorre quattro volte al giorno. I tratti di riferimento devono essere definiti dal committente.

Il rischio individuale di decesso è calcolato come segue per singolo processo Q e per scenario j:

$$r_{ind,Q,j} = \frac{4 \times R_{carr;Q,j} + 4 \times R_{tamp,Q,j}}{TMG \times \beta}$$

$$r_{ind,Q,j} = \frac{\left(4 \times R_{Dfahrbahn;Q,j} + 4 \times R_{auffahr;Q,j}\right)}{\left(DTV \times \beta\right)}$$

I rischi individuali di decesso si sommano per tutti le fonti del processo in un determinato tratto e per ogni scenario.

6.8 Documentazione sul calcolo del rischio e prodotti da consegnare

La determinazione e la rappresentazione del rischio devono pronunciarsi in merito ai punti sottostanti e mettere a disposizione le rappresentazioni grafiche corrispondenti:

- analisi e rappresentazione del rischio collettivo in funzione dei differenti tipi di danno possibili e della situazione di esposizione al rischio per mezzo di tabelle e grafici;
- analisi e rappresentazione del rischio collettivo in funzione della fonte del processo e dei differenti tipi di danno possibili per mezzo di tabelle e grafici;
- analisi e rappresentazione del rischio collettivo e individuale in funzione dei tratti e segmenti stradali;
- rappresentazione del rischio globale in funzione dei tratti stradali su una carta in scala 1:5'000, standardizzata con dei tratti di lunghezza 100 metri;
- rappresentazione del rischio per fonte del processo sottoforma di diagramma a torta sulla carta indicata nel punto precedente, compresa una classificazione per tipologia di danno possibile;
- rappresentazione del rischio in funzione dei tratti stradali sottoforma di diagramma a colonna cumulato con il chilometraggio e classificato per processo principale;
- relazione tecnica con presentazione e discussione della documentazione di base e dei risultati;
- la fornitura di altra documentazione è da discutere con il committente.

Alcuni esempi di rappresentazione dei rischi sono disponibili all'allegato IV.

7 Valutazione dei rischi e delle misure

7.1 In generale

Con la valutazione dei rischi e delle misure di protezione è possibile, da una parte, verificare, mediante valori limite, se i rischi identificati possono o non possono essere sopportati dagli amministratori delle strade e dalla società.

D'altra parte, si fissano procedure e criteri che permettono di analizzare e ottimizzare i costi e i benefici di diverse combinazioni e varianti di misure atte a ridurre il rischio.

La valutazione dei rischi e delle misure di protezione viene effettuata per determinati tratti stradali sottoposti al rischio (delimitazione del sistema). I tratti possono essere delimitati dagli spazi nei quali si possono verificare i processi e dalle loro combinazioni, dalle caratteristiche legate all'infrastruttura stradale (bretelle, possibilità di deviazione) o ancora dalle particolari necessità del gestore o dell'utilizzatore (ad es. il pendolare). L'unità minima è determinata dallo spazio di un singolo processo. Teoricamente sarebbe possibile includere tutta la rete nazionale delle strade e i relativi collegamenti oltre frontiera. Questa delimitazione è decisa di caso in caso, in funzione delle necessità e della situazione.

Le misure considerate ottimali nell'ambito della valutazione devono soddisfare la legislazione in vigore, le norme tecniche, le direttive (interne ed esterne), ecc.

Per la presente metodologia gli elementi di valutazione quantitativa dei rischi e delle misure sono i seguenti:

- criteri di valutazione dei rischi esistenti e restanti;
- schema per la determinazione delle zone a rischio che richiedono una pianificazione prioritaria;
- criteri di efficienza e di efficacia per determinare le misure o le combinazioni di misure ottimali.

I differenti rischi legati alle persone, alle cose o alla disponibilità sono valutati allo stesso modo. I rischi legati alle persone sono trasformati in una somma equivalente al costo massimo di salvataggio (costi marginali). In questo modo è possibile compararli con gli altri rischi e utilizzarli per l'analisi costo - efficacia (vedi anche capitolo 6.7).

I rischi determinati dall'analisi dei rischi non tengono conto del fattore di avversione.

7.2 Criteri di controllo

Teoricamente è immaginabile fissare degli obiettivi di protezione quantitativa per i rischi individuali e collettivi legati alle persone, alle cose e alla disponibilità. Questi obiettivi di protezione assoluti, dovrebbero essere raggiunti a tutti i costi, senza badare ai costi delle misure necessarie.

D'altra parte, nella prassi attuale, gli obiettivi di protezione sono intesi come valori limite da raggiungere a condizione che il rapporto costo-efficacia sia KW $\geq$ 1.

Criterio 1: rischio individuale di decesso

Per il rischio individuale di decesso, il criterio di controllo deciso dall'USTRA è un valore limite di probabilità di decesso pari a $1*10^{-5}$ per anno. Questo valore vale per gli utenti stradali che percorrono regolarmente un determinato tratto scelto dall'USTRA (esempi: pendolari che percorrono quattro volte al giorno un determinato tratto). Il valore è utilizzato quale criterio di controllo e non come obiettivo assoluto. Così facendo, si assicura che tratti stradali con elevati rischi individuali per le persone siano riconosciuti come tali. Per questi tratti diventa, in ogni caso, obbligatorio valutare le misure

necessarie per diminuire il rischio e controllare la loro efficienza ed efficacia. Le misure di protezione devono essere adottate solo quando questo criterio è soddisfatto.

Il valore limite della probabilità di decesso di $1*10^{-5}$ per anno è stato dedotto dalla probabilità media di decesso in Svizzera delle persone con età superiore ai 15 anni. Da qui è poi stato ipotizzato che il rischio di decesso dovuto ai pericoli naturali dovesse essere da 10 a 100 volte inferiore ($1*10^{-5}$ – $1*10^{-6}$)) a quello considerato socialmente accettabile. Conformemente al concetto di rischio della PLANAT [48] è stato scelto il valore più alto (10^{-5}).

Per quanto riguarda i rischi individuali legati alle cose o alla disponibilità, non è stato fissato alcun obiettivo di protezione o criterio di controllo con valore limite. Per questi tipi di rischi non esistono quindi degli obiettivi di protezione e dei valori limite, poiché sono difficili da definire.

Oltre al criterio 1, si deve tenere conto anche dei due criteri seguenti basati sui rischi collettivi.

Criterio 2: rischio sul tratto stradale > 100 CHF / m* anno
Criterio 3: rischio per ogni zona interessata dal processo o per ogni impianto accessorio > 10 000 CHF / anno

Per i rischi collettivi non vengono fissati obiettivi di protezione. La loro valutazione è effettuata al momento della determinazione della decisione ottimale necessaria alla diminuzione del rischio (efficienza ed efficacia delle misure).

7.3 Efficienza ed efficacia delle misure

La valutazione dei rischi collettivi è eseguita verificando la misura ottimale o la combinazione di misure in grado di ridurre questi rischi. Fra le diverse possibilità (combinazione di misure) all'interno del sistema considerato (tratto stradale, regione, ecc.) devono essere identificate quelle ottimali dal punto di vista dell'efficienza e dell'efficacia [10].

Nella valutazione delle misure, i rischi legati a persone e strutture sono considerati equivalenti. Non viene dunque espressa alcuna preferenza per la riduzione di un rischio in particolare.

L'efficacia e l'efficienza delle possibili misure sono valutate in base al loro costo (C) e alla loro efficacia (B) (analisi costo-efficacia): $KW = \Delta R/MK \geq 1$

- le misure sono attuate solo quando il rapporto costo / efficacia è $KW = \Delta R/MK \geq 1$. Questo significa che i benefici netti sono > 0;
- fra le misure o combinazioni di misure che soddisfano la condizione precedente, si sceglie quella che presenta la maggiore efficacia (differenza benefici-costi, cioè quella che permette di massimizzare i benefici netti con il costo totale minimo).

In base a [60] i costi considerati sono quelli reali e diretti (p. es. costi d'investimento, di manutenzione e di riparazione). La loro stima può essere effettuata in base ai prezzi di mercato.

La valutazione del beneficio si basa sui danni evitati, cioè sulla differenza fra i rischi prima e dopo l'attuazione delle misure. La valutazione monetaria (monetizzazione) dei diversi rischi è stata illustrata nei capitoli precedenti dedicati all'analisi dei rischi. La valutazione dei benefici deve riferirsi a tutti i rischi considerati. Se la scelta di una misura dovesse aumentare un rischio conosciuto (p. es. i costi di deviazione sono maggiori a causa del tipo di chiusura scelto), allora sarà necessario ridurne anche i benefici.

L'analisi, la valutazione e il confronto delle diverse misure devono considerare i costi e i benefici per differenti periodi. Per semplificare, e conformemente a [48] e [49], i flussi dei costi e dei benefici sono però considerati costanti. Si applica infatti una valutazione

statica dei costi, che non tiene conto dello sconto. Questo è giustificato secondo [48] per i seguenti motivi: a) i benefici non sono scontati e b) gli errori legati a questo tipo di metodo di valutazione rientrano nell'intervallo di incertezza dell'intera analisi.

Tecnicamente le misure di riduzione del rischio sono valutate in funzione dei criteri di efficacia ed efficienza. In ogni caso però la decisione di realizzare le misure è influenzata sovente da altri fattori (p. es. fattori d'ordine politico, ecologico, economico).

7.4 Procedura di pianificazione e valutazione delle misure

I risultati dell'analisi e della valutazione dei rischi gettano le basi per la pianificazione e la valutazione delle misure. Lo scopo della pianificazione delle misure è trovare la misura o il pacchetto di misure che permettono una riduzione ottimale dei rischi individuali e collettivi secondo i criteri elencati in precedenza.

Nel quadro della gestione integrale dei rischi, la pianificazione delle misure deve comprendere tutte le misure possibili e utili a tre livelli: prevenzione, intervento e rimessa in esercizio. Devono essere considerate anche le misure di tipo organizzativo all'interno dell'USTRA, coordinate con la gestione del rischio (attività interne), come pure le misure di carattere informativo e di sensibilizzazione (vedi allegato IV).

Procedura

La pianificazione delle misure comprende le seguenti fasi di lavoro: (vedi anche Fig. 7.3):

- valutazione delle misure e delle combinazioni di misure tecnicamente possibili (fattibilità, effetti sulla natura e sull'ambiente). Le misure possibili possono essere suddivise nei quattro seguenti gruppi:
  - misure di pianificazione: le zone esposte a pericolo non possono essere utilizzate oppure l'utilizzazione che ne viene fatta deve essere modificata; per le vie di comunicazione questo significa che, ad esempio, le zone di pericolo sono da evitare, gli elementi di costruzione sensibili devono essere spostati (p. es. i piloni dei ponti), la circolazione su determinati tratti stradali particolarmente pericolosi deve essere limitata;
  - misure tecniche di costruzione: in questo caso si distinguono le misure di protezione che agiscono contro un fenomeno naturale allo scopo di diminuire il pericolo o influenzare sostanziale il suo decorso o la probabilità che si verifichi (p. es. i ripari valangari, la pulizia dei torrenti, le dighe di protezione, ecc.) e le misure di protezione applicate a una struttura/un elemento per diminuire i possibili danni senza però influenzare il decorso dell'evento (p. es. le gallerie di protezione, ecc.);
  - misure biologiche: l'effetto stabilizzante delle piante serve a evitare, o almeno a diminuire, il sorgere e il propagarsi di processi gravitativi; a questo riguardo l'esempio meglio conosciuto è il bosco di protezione;
  - misure organizzative: la preparazione alle situazioni critiche, il preallarme e l'intervento durante l'evento diminuiscono i possibili danni; esempi a questo proposito sono gli avvisi di maltempo, i piani di chiusura stradale, i sistemi di gestione e di misurazione, ecc.;
  - la manutenzione delle opere di protezione esistenti rientra tra le misure tecniche di costruzione;
- valutazione dell'efficacia delle misure (effetti sullo svolgimento del processo e/o sui beni esposti) e rivalutazione della situazione di rischio dopo la realizzazione di una misura (benefici (B) = rischio prima della misura – rischio dopo la misura);
- stima dei costi d'investimento, di gestione, di manutenzione e di riparazione nonché calcolo dei costi annuali da essi derivati;
- confronto tra costi (C) e benefici (B) annuali (riduzione del rischio globale);

- scelta della migliore variante tra quelle che presentano un KW = ΔR/MK ≥ 1 (valore massimo del rapporto costo - efficacia);
- se il valore limite del rischio individuale di decesso per un determinato tratto stradale è superato, si procede all'esame dei restanti rischi individuali legati alle persone. Si attuano le successive misure di protezione identificate fino a quando è soddisfatta l'equazione KW = ΔR/MK ≥ 1;
- quando l'equazione KW = ΔR/MK < 1, è necessario verificare l'insieme delle varianti, rivedere le misure o rinunciarvi;
- proposta di misure.

I risultati dell'analisi e della valutazione dei rischi sono tuttavia solo uno dei fattori della pianificazione delle misure. Sono da tenere in considerazione anche:

- criteri ecologici (compatibilità con l'ambiente e il paesaggio);
- criteri sociali (nessun riporto dei costi alle future generazioni, nessuna discriminazione di determinati gruppi di popolazione rispetto ad altri);
- esecuzione della pianificazione della manutenzione delle strade nazionali;
- capacità.

Il presente metodo non permette d'integrare sistematicamente questi ulteriori criteri in un concetto di durabilità. A questo scopo esistono altri strumenti (p. es. le analisi del valore dei benefici).

Determinazione dell'efficacia e dei benefici

L'efficacia di una misura deve essere determinata per ogni singolo elemento a rischio. Deve essere calcolata per ogni singolo processo tenendo conto dei possibili scenari, esposizioni e tipologie di danno. A questo proposito, tenuto conto del suo effetto sulla situazione di rischio, una misura può essere classificata come segue.

- Effetti sul processo, la misura agisce su:
  - probabilità di occorrenza (p. es. pulizia delle rocce, posa di chiodi);
  - ampiezza (p. es. sminamento preventivo di valanghe);
  - portata (p. es. diga di protezione);
  - intensità di un fenomeno (p. es. bosco di protezione contro la caduta massi).

Effetti sul potenziale danno, la misura agisce su:

- probabilità di presenza di persone esposte (p. es. chiusura, deviazione o limitazione del traffico);
- vulnerabilità di strutture/elementi (p. es. gallerie di protezione, miglioramento delle possibilità di deviazione).

La valutazione dell'efficacia delle misure tecniche di costruzione può essere fatta in conformità con [48], valutando gli effetti della misura sulla probabilità di occorrenza e l'entità del fenomeno. Oltre a ciò devono essere considerate altre istruzioni relative al dimensionamento di elementi e strutture (per es. [1]).

In linea di massima, anche le misure biologiche possono essere valutate tenendo conto della loro influenza sulle dimensioni e la probabilità di occorrenza di un processo. In ogni caso, al momento, gli approcci quantitativi in materia sono ancora insufficienti.

Per le misure organizzative non esistono ancora approcci quantitativi che permettano di valutare la loro efficacia. Le valutazioni, caso per caso, devono essere dedotte da valori empirici, pareri di esperti e risultati della ricerca.

La valutazione delle misure di pianificazione del territorio deve contemplare un'analisi del rischio per l'elemento i nella sua nuova posizione di pianificazione, tenendo conto di tutti i processi potenzialmente pericolosi rilevati con il presente metodo di analisi.

Sulla base dell'efficacia così determinata, la situazione del rischio è sottoposta a un nuovo esame in funzione delle misure scelte per ogni singolo scenario e situazione di esposizione possibile. A questo proposito bisogna anche considerare la possibilità che per certe misure (p. es. la chiusura delle strade) il rischio di specifici tipi di danno (p. es. la disponibilità) possa anche aumentare. Quest'aumento di rischio dovrà essere tenuto in conto al momento del calcolo del rischio della singola misura. Il beneficio (B) di una misura corrisponde alla riduzione del rischio ottenuto e si esprime come differenza tra rischio iniziale e rischio finale secondo la seguente formula:

$$\Delta R_m = R_0 - R_m$$

$$N_m = R_0 - R_m$$

ΔR_m = beneficio della strategia della misura m

R_0 = rischio della variante zero (rischio iniziale)

R_m = rischio della strategia della misura m

Determinazione dei costi

I costi annuali di una misura di protezione si compongono di:

- **costi d'investimento** (= costo del capitale): costituiti dai costi di ammortamento e dagli interessi; la durata dei costi d'investimento dipende dalla durata della misura;
- **costi correnti:** costi di gestione, di manutenzione e di riparazione.

Il calcolo dei costi avviene in modo statico come presentato in [59] (annualità).

I costi annuali C_j possono quindi essere espressi nel seguente modo:

$$C_j = C_b + C_u + C_r + C_a + C_z$$

$$K_j = K_b + K_u + K_r + K_a + K_z$$

con

$$C_a = \frac{I_0 - L_n}{n}$$

$$K_a = \frac{(I_0 - L_n)}{n}$$

e

$$C_z = L_n + \frac{I_0 - L_n}{2} \times \frac{p}{100} = \frac{I_0 + L_n}{2} \times \frac{p}{100}$$

$$K_z = \left[L_n + \frac{(I_0 - L_n)}{2} \right] \times \left(\frac{p}{100} \right) = \left(\frac{(I_0 + L_n)}{2} \right) \times \left(\frac{p}{100} \right)$$

così facendo, l'equazione di base è definita come segue:

$$C_j = C_b + C_u + C_r + \frac{I_0 - L_n}{n} + \frac{I_0 + L_n}{2} \times \frac{p}{100}$$

$$K_j = K_b + K_u + K_r + \frac{(I_0 - L_n)}{n} + \left(\frac{(I_0 + L_n)}{2} \right) \times \left(\frac{p}{100} \right)$$

Abbreviazione	Spiegazione	Unità	Valori e origine dei dati
C_j	Costi annuali	[CHF / anno]	
C_b	Costi di gestione: p. es. costi del personale, costi d'illuminazione delle gallerie, costi di gestione dei sistemi di misurazione, ecc.	[CHF / anno]	Da determinare caso per caso oppure secondo Allegato III
C_u	Costi di manutenzione: p. es. costi dei lavori annuali di vuotatura delle reti parasassi o delle camere di ritenzione, ecc.	[CHF / anno]	Da determinare caso per caso oppure secondo Allegato III
C_r	Costi di riparazione: p. es. costi di sistemazione dopo un evento	[CHF / anno]	Da determinare caso per caso oppure secondo Allegato III
C_a	Costi di ammortamento	[CHF / anno]	Secondo la formula precedente
C_z	Interessi	[CHF / anno]	Secondo la formula precedente
I_0	Costi d'investimento	[CHF]	Da determinare caso per caso
L_n	Valore residuo	[CHF]	Da determinare caso per caso oppure secondo Allegato III
n	Durata di vita	[anni]	Da determinare caso per caso oppure secondo Allegato III
p	Tasso d'interesse	[%]	2 (secondo [60])

Determinazione della combinazione di misure ottimale

Valutazione di una misura singola:

- monetizzazione e somma dei rischi;
- determinazione dei costi annuali, dei benefici (= diminuzione del rischio) e dei rischi residui (tener conto della diversa efficacia per i diversi tipi di rischio);
- attuazione quando il rapporto costo – efficacia è pari a KW = ΔR/MK ≥ 1
- verifica del rispetto delle condizioni di base (rischio individuale di decesso).

Ottimizzazione di misure e combinazioni di misure:

- valutazione delle singole misure (vedi sopra);
- creazione della combinazione di misure a partire dalle misure singole con il rapporto KW = ΔR/MK ≥ 1;
- determinazione dei costi annuali, dei benefici (= diminuzione del rischio) e dei rischi residui delle differenti combinazioni. In questa fase è molto importante tener conto della ridondanza dei benefici e dei costi. Se per motivi tecnici non è indispensabile agire diversamente, nel caso di combinazioni di misure, deve essere realizzata per prima la misura con il miglior rapporto costi/benefici;
- massimizzazione del beneficio netto $\Delta R_{N,m}$:

$$\Delta R_{N,m} = \Delta R_m - C_{j,m}$$

$$N_{N,m} = N_m - K_{j,m}$$

$\Delta R_{N,m}$ = beneficio netto della strategia della misura m

ΔR_m = beneficio della strategia della misura m secondo Fig. 7.3

$C_{j,\,m}$ = costi annuali della strategia della misura m secondo Fig. 7.3

- rappresentazione dei benefici e dei costi secondo la Fig. 7.1;
- rappresentazione della linea dell'efficienza passante per il punto zero;
- determinazione della parallela più distante dalla copertura;
- verifica del rispetto delle condizioni di base (rischio individuale di decesso).

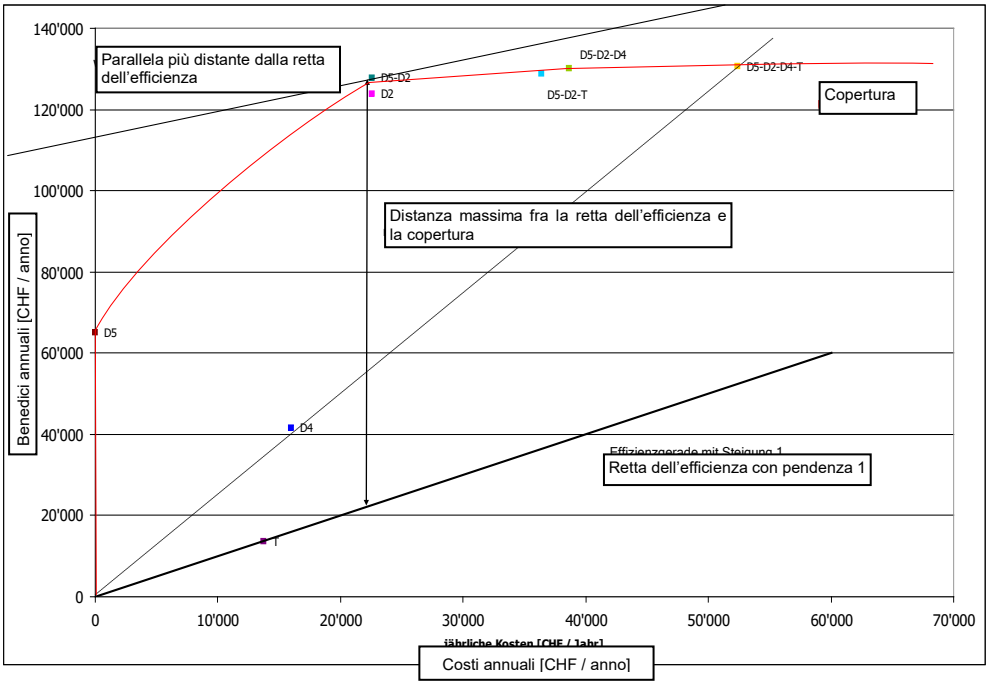


Fig. 7.1 Determinazione della strategica strategia di misure ottimale con l'aiuto di un esempio pratico che illustra le misure D2, D4, D5 e T individuali e combinate. In questo caso la combinazione ottimale di misure è D5-D2.

Per determinare la misura strategica ottimale è anche possibile, secondo [60], minimizzare il costo globale C_G (vedi Fig. 7.2):

$$C_{G,m} = R_m + C_{j,m}$$

$$K_{G,m} = R_m + K_{j,m}$$

$C_{G,\,m}$ = costo totale della misura strategica m

R_m = rischio della misura strategica m

$C_{j,\,m}$ = costo annuale per la misura strategica m

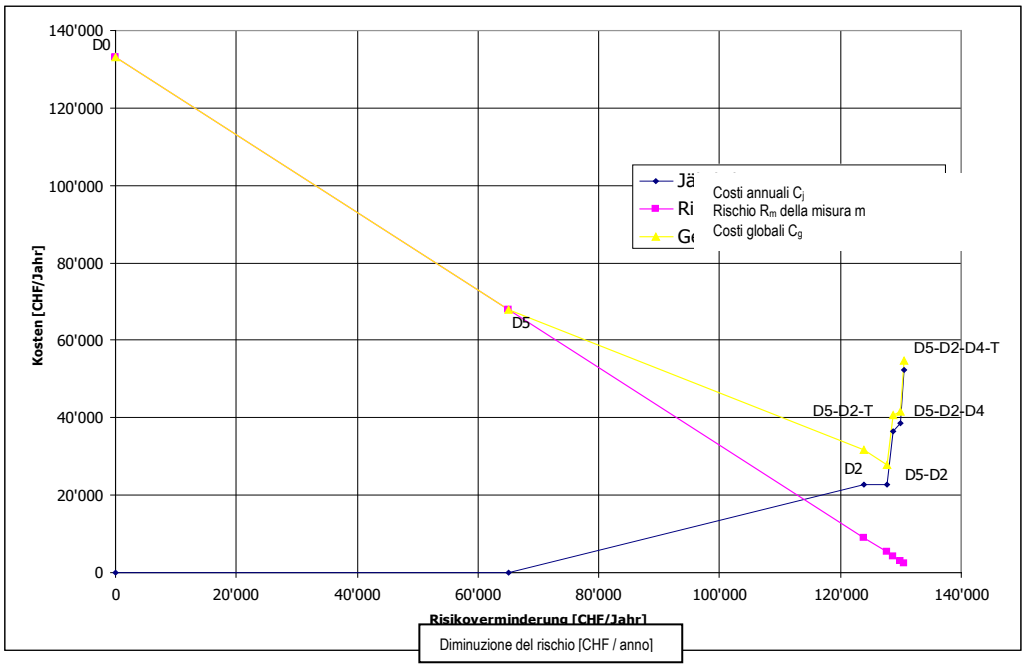


Fig. 7.2 Determinazione della strategia ottimale di misure minimizzando i costi globali C_G.

7.5 Sintesi del procedimento

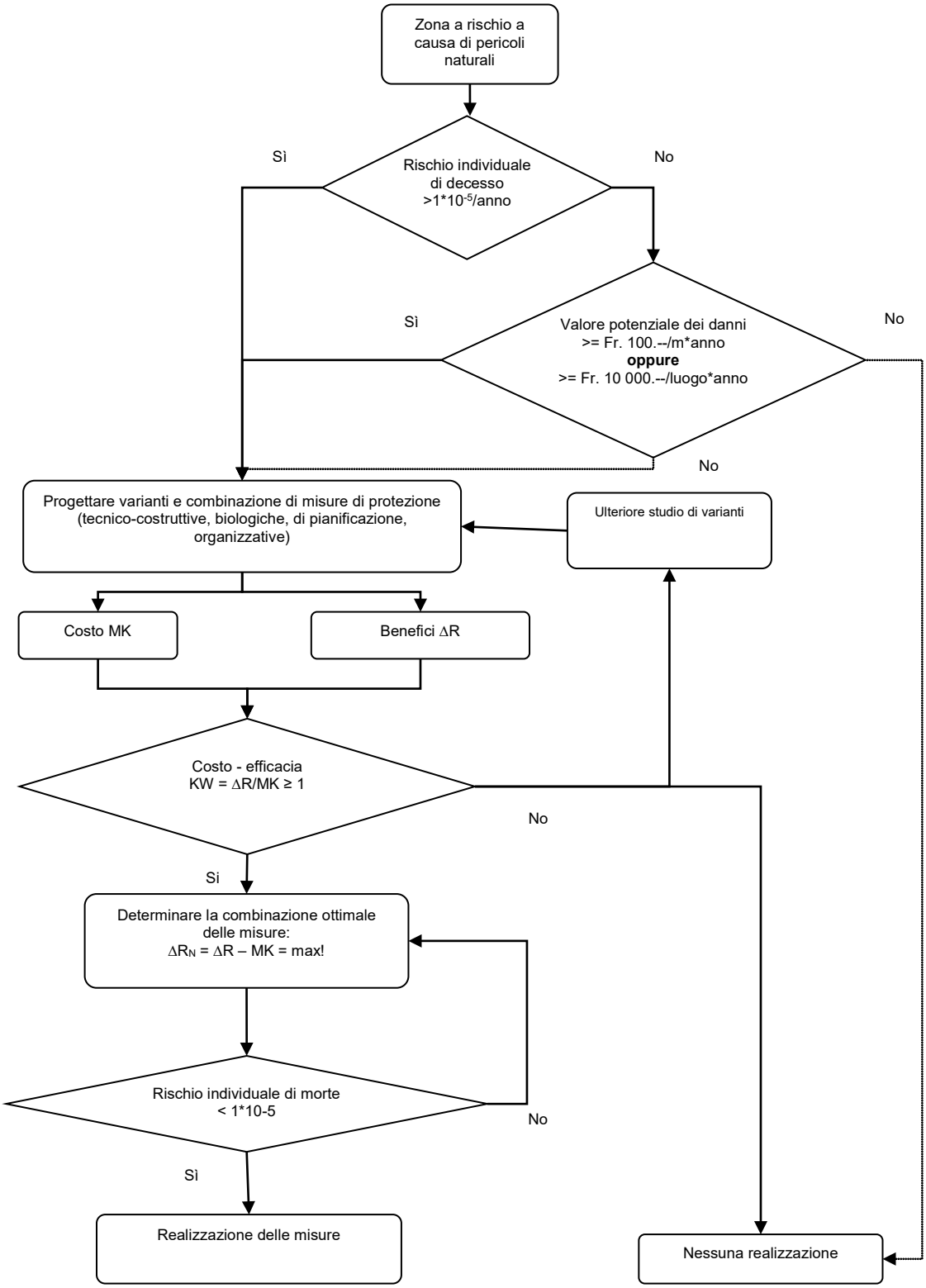


Fig. 7.3 Procedimento per la valutazione dei rischi e la definizione delle priorità per la pianificazione delle misure contro i rischi individuali legati alle persone.

Allegati

I **Allegato A: Valori di base e di vulnerabilità per i vari elementi a rischio in funzione del tipo di processo e della sua intensità.....75**

II **Allegato B: Valori relativi alla mortalità in funzione del tipo di processo e della sua intensità 78**

III **Allegato C: Costi di gestione, di manutenzione e di riparazione, ciclo di vita e valore residuo delle opere di protezione.....80**

IV **Allegato D: Carta dei rischi e delle zone a rischio 82**

V **Allegato E: Struttura organizzativa USTRA gestione pericoli naturali.....85**

I Allegato A: Valori di base e di vulnerabilità per i vari elementi a rischio in funzione del tipo di processo e della sua intensità

Allegato A1: Valori di base per i diversi elementi dei tratti stradali [13]

Fonte:
[1]: EconoMe, 2008
[2]: Birdsall / Hajdin, 2008
[3]: Wilhelm, 1999
[4]: valori empirici USTRA

Struttura/elemento	**Valore in [CHF / 'm]**	**Fonte**
Carreggiata		
Varie corsie, carreggiate separate	9500.00	[1]
Semiautostrada, 2 corsie, carreggiate separate	7500.00	derivato da [1]
Svincoli di entrata e di uscita	5000.00	Derivato da [1]
Ponti		
Varie corsie, carreggiate separate	80 000.00	[2], [3] e [4]
Semiautostrada, 2 corsie, carreggiate separate	50 000.00	Derivato [2], [3] da [4]
Svincoli di entrata e di uscita	40 000.00	Derivato da [2], [3] e [4]
Gallerie (scavo)		
Varie corsie, carreggiate separate	80 000.00	[4]
Semiautostrada, 2 corsie, carreggiate separate	50 000.00	[4]
Svincoli di entrata e di uscita	30 000.00	[4]
Galleria (tratto con scavo a cielo aperto)		
Varie corsie, carreggiate separate	53 000.00	[4]
Semiautostrada, 2 corsie, carreggiate separate	33 000.00	[4]
Svincoli di entrata e di uscita	20 000.00	[4]
Galleria contro le valanghe		
Varie corsie, carreggiate separate	60 000.00	Derivato da [3]
Semiautostrada, 2 corsie, carreggiate separate	36 000.00	[3]
Svincoli di entrata e di uscita	24 000.00	[3]
Galleria contro la caduta massi		
Varie corsie, carreggiate separate	87 000.00	[4]
Semiautostrada, 2 corsie, carreggiate separate	50 000.00	derivato da [4]
Svincoli di entrata e di uscita	46 000.00	[4]

[13] Per elementi e strutture che rappresentano delle superfici (impianti accessori come per esempio, aree di ristoro, centri di manutenzione, ecc.), i valori di riferimento devono essere determinati in base a quanto indicato da EconoMe.

Allegato A2: Vulnerabilità – elementi lineari[14]

Struttura/elemento: Carreggiata - varie corsie, carreggiate separate

Fonte:
[1]: UFAM, 2008: EconoMe
[2]: Birdsall / Hajdin, 2008
[3]: valori empirici USTRA

		Valore [CHF / 'm]	Parte del valore di base	Fonte	Osservazioni
Valore di base		**9'500**	**1.00**	**[1] e [3]**	
Processo	**Intensità**				
Valanghe	Debole	47.5	0,005	[1]	
	Media	950	0,10	[1]	
	Elevata	1900	0,20	[1]	
Crollo	Debole	950	0,10	[3]	Con questi valori, si considera che la caduta blocchi, di regola, non interessa e non danneggia tutta l'ampiezza della carreggiata
	Media	1'900	0,50	[3]	
	Elevata	9'500	1,00	[3]	
	> 3000 kJ	9750	1,00	[3]	
Franamenti permanenti; cedimenti; sprofondamenti / abbassamenti	Debole	95	0,01	[1]	Valori più precisi, per singoli elementi/strutture, possono essere estrapolati dai dati relativi alla manutenzione annuale
	Media	950	0,10	[1]	
	Elevata	9500	1,00	[1]	
Colate di versante, franamenti spontanei	Debole	950	0,10	[1]	
	Media	1900	0,20	[1]	
	Elevata	2850	0,30	[1]	
Colate detritiche di versante	Debole	--	--		
	Media	2375	0,25	Valori medi da [1] e [2]	
	Elevata	4275	0,45	Valori medi da [1] e [2]	

[14] Per elementi e strutture che rappresentano delle superfici (impianti accessori come per esempio aree di ristoro, centri di manutenzione, ecc.) i valori di riferimento devono essere determinati conformemente a quanto indicato da EconoMe.

Inondazione / deposizione di colate detritiche - dinamico (v > 1 m / s)	Debole	47.5	0,05	Valori medi da [1] e [2]	
	Media	475	0,05	Valori medi da [1] e [2]	
	Elevata	3325	0,35	Valori medi da [1] e [2]	Bisogna attendersi danni all'asfalto
Inondazione / deposizione di colate detritiche - statico (v > 1 m / s)	Debole	0	0	Valori medi da [1] e [2]	L'entità del danno dipende meno dall'altezza dell'acqua che dalla durata dell'inondazione
	Media	95	0,01	Valori medi da [1] e [2]	
	Elevata	950	0,1	[3]	
Erosione di sponda	Elevato	9500	1,00	[3]	

Per altri elementi della carreggiata, l'entità del danno si deve estrapolare dai *valori di base* nell'Allegato A1 e dalla *parte di valore* del *valore di base* della Tabella precedente.

In linea di massima, quando i danni di ponti o tratti di galleria si limitano alla carreggiata, si devono utilizzare unicamente i valori che si riferiscono alla sola carreggiata.

L'entrata di acqua nelle gallerie arreca, molto spesso, costosi danni agli impianti elettrotecnici (ordine di grandezza: 2'000 CHF / m).

Nel caso in cui a essere a rischio siano tutti gli elementi che costituiscono ponti, tunnel o gallerie, è necessario stabilire dei *valori di danno potenziale* per ogni singolo elemento. I valori di base nell'Allegato A1 rappresentano il tetto massimo dei *valori di danno potenziale* in caso di nuova costruzione.

II Allegato B: Valori relativi alla mortalità in funzione del tipo di processo e della sua intensità

Allegato B1: Mortalità in caso di fenomeni naturali: impatto diretto su veicoli

Fonti

Per valanghe, crolli, frane e colate detritiche: UFAM, 2008
Per inondazioni ed erosioni laterali: gli Autori

Processi		**Intensità**	
	Debole	Media	Elevata
Valanghe	0,00025	0,1	0,2
Crollo	0,1	0,8	1
franamenti permanenti; cedimenti / abbassamento	Nessun impatto diretto		
Colate di detrito	0	0,1	0,3015
Colate di versante, franamenti spontanei	0,05	0,1	0,3
Inondazione / deposizione di colate detritiche; dinamico	0	0,00025	0,0315
Inondazione / deposizione di colate detritiche; statico	0	1E-10	0,0001
Erosione laterale			0

In linea di massima, i valori nei tunnel, nelle gallerie e sui ponti non cambiano se il fenomeno avviene effettivamente nel luogo e nel modo indicato.

Nel caso in cui sia in pericolo l'intera costruzione, le conseguenze devono essere determinate per ogni singolo elemento (numero di veicoli, conseguenze).

Allegato B2: Mortalità in caso di fenomeni naturali: impatto diretto su impianti accessori

Fonti

Per valanghe, crolli, frane e colate detritiche: UFAM, 2008
Per inondazioni ed erosioni laterali: gli Autori

Strutture/elementi: **Aree verdi e posteggi (= installazioni di parcheggio)**

	Intensità		
Processi	Debole	Media	Elevata
Valanghe	0,0002	0,1	0,48
Crollo	0,1	0,08	1
Franamenti permanenti; cedimenti / abbassamento	Nessun impatto diretto		
Colate di detrito	0,015	0,56	0.8
Colate di versante, franamenti spontanei	0,015	0,56	0.8
Inondazione / deposizione di colate detritiche; dinamico	0	0.02975	0,3
Inondazione / deposizione di colate detritiche; statico	Nessun impatto diretto		
Erosione laterale			1

Struttura/elemento **Edifici [15](= edifici industriali e commerciali)**

	Intensità		
Processi	Debole	Media	Elevata
Valanghe	0,00025	0,1	0,2
Crollo	0,1	0,8	1
Franamenti permanenti; cedimenti / abbassamento	Nessun impatto diretto		
Colate di detrito	0	0,1	0,3015
Colate di versante, Franamenti spontanei	0,05	0,1	0,3
Inondazione / deposizione di colate detritiche; dinamico	0	0,00025	0,0315
Inondazione / deposizione di colate detritiche; statico	0	1E-10	0,0001
Erosione laterale	0	0,1	0,3015

[15] La mortalità in altri tipi di edificio deve essere stabilita conformemente alla classificazione di EconoMe.

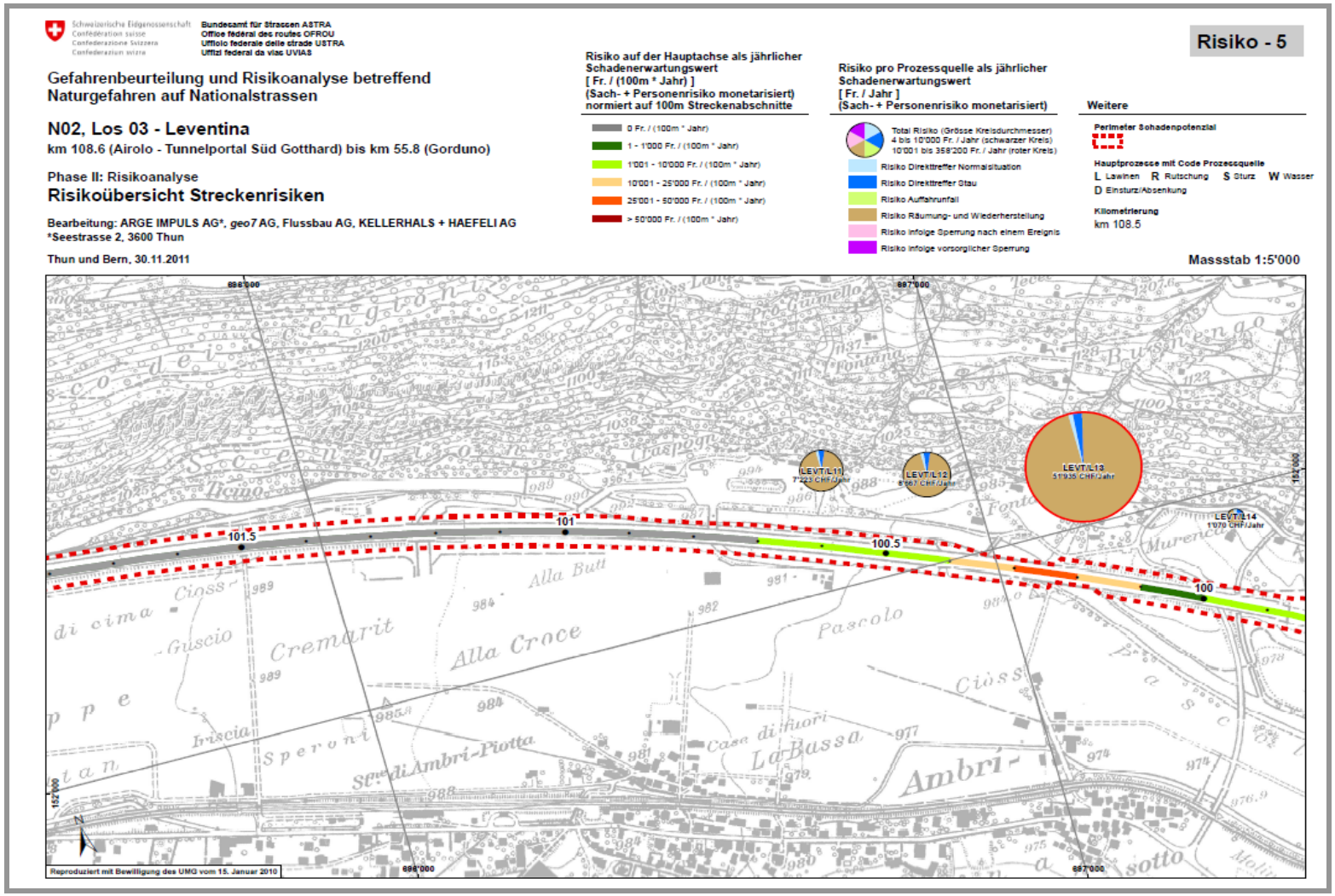
III Allegato C: Costi di gestione, di manutenzione e di riparazione, ciclo di vita e valore residuo delle opere di protezione

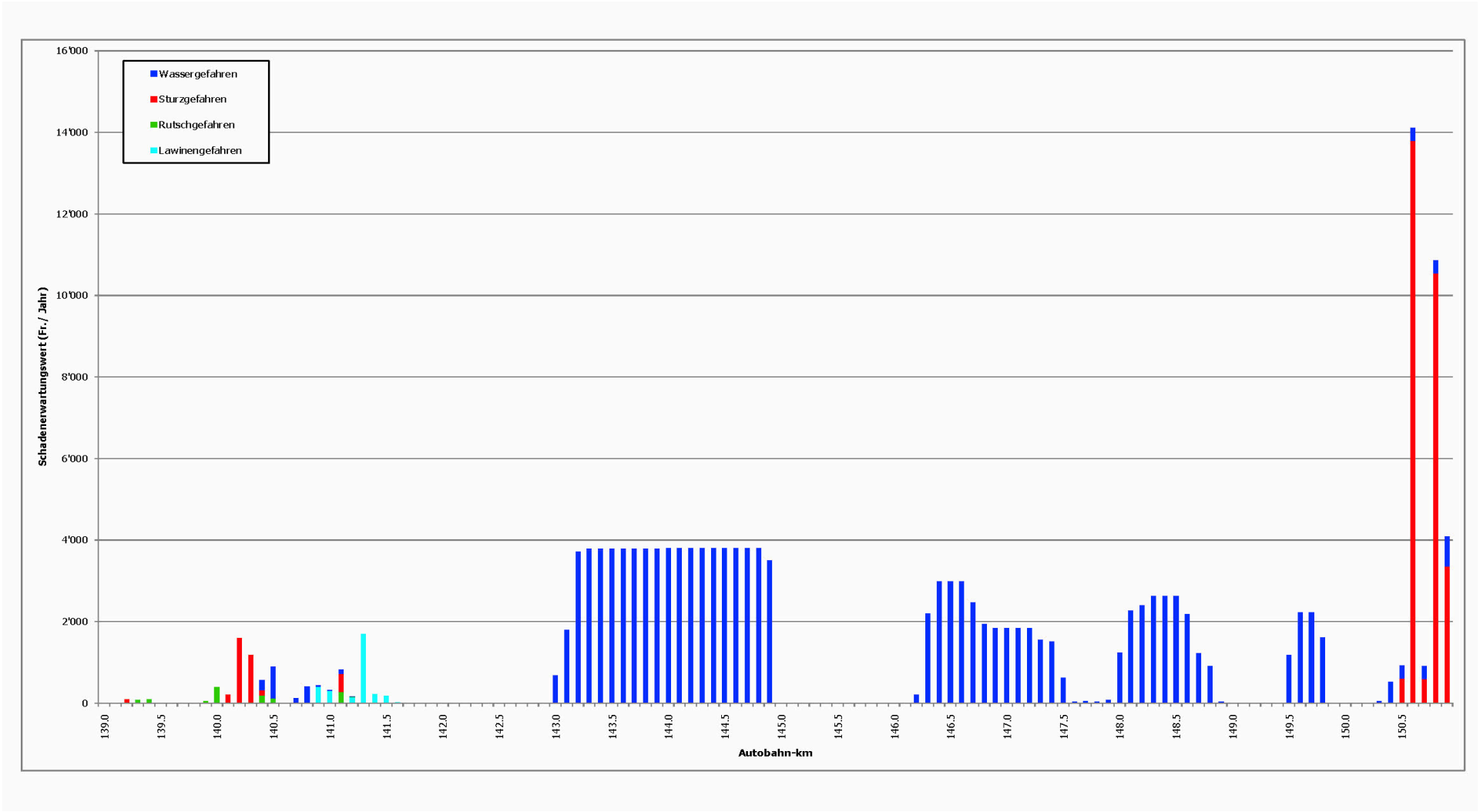
Costi d'esercizio	[% del costo d'investimento]
Costi di manutenzione	[% del costo d'investimento]
Costi di riparazione	[% del costo d'investimento]
Valore residuo	[% del costo d'investimento]
Durata	[anni]
Fonti	[1]: EconoMe [2]: Wilhelm, 1999 [3]: FFS, 2004 SBB, 2004

Misura di protezione		**Valore**	**Fonte**
Vallo di protezione	Costi d'esercizio	0	[1], [2], [3]
	Costi di manutenzione + riparazione	0,5	[1], [2], [3]
	Valore residuo	0	[1], [3]
	Durata	100	[1], [2], [3]
Rete paramassi	Costi d'esercizio	0	[1]
	Costi di manutenzione + riparazione	2	[1]
	Valore residuo	0	[1]
	Durata	50	[1]
Messa in sicurezza di pareti rocciose con reti	Costi d'esercizio	0	[3]
	Costi di manutenzione + riparazione	2	[3]
	Valore residuo	0	[3]
	Durata	30	[3]
Sistemi di allarme	Costi d'esercizio	1,5	[2]
	Costi di manutenzione + riparazione	2,5	[2]
	Valore residuo	0	[2]
	Durata	10	[2]
Gallerie	Costi d'esercizio	0	[2], [1]
	Costi di manutenzione + riparazione	1,5	[1]
	Valore residuo	0	[1]
	Durata	80	[1]
Tunnel	Costi d'esercizio	0,5	[1]
	Costi di manutenzione + riparazione	2	[1]
	Valore residuo	0	[1]
	Durata	80	[1]
Ponti da neve	Costi d'esercizio	0	[1], [2], [3]
	Costi di manutenzione + riparazione	1	[1], [3]
	Valore residuo	0	[1], [2], [3]
	Durata	80	[1]
Sistemi di brillamento	Costi d'esercizio	5	[1]
	Costi di manutenzione + riparazione	4	[1]
	Valore residuo	0	[1]
	Durata	20	[1]

Costruzioni temporanee	Costi d'esercizio	0	[1], [2], [3]
	Costi di manutenzione + riparazione	2	[1]
	Valore residuo	0	[1], [3]
	Durata	30	[1], [2], [3]
Opere di sostegno (cassoni di legno, gabbioni riempiti di pietre)	Costi d'esercizio	0	[1], [3]
	Costi di manutenzione + riparazione	1	[1]
	Valore residuo	0	[1], [3]
	Durata	50	[1]
Briglie di legno	Costi d'esercizio	0	[1]
	Costi di manutenzione + riparazione	2	[1]
	Valore residuo	0	[1]
	Durata	30	[1]
Briglie di calcestruzzo	Costi d'esercizio	0	[1]
	Costi di manutenzione + riparazione	2	[1]
	Valore residuo	0	[1]
	Durata	50	[1]
Reti contro le colate detritiche	Costi d'esercizio	1	[1]
	Costi di manutenzione + riparazione	3	[1]
	Valore residuo	0	[1]
	Durata	30	[1]
Griglie di legno	Costi d'esercizio	2	[1]
	Costi di manutenzione + riparazione	1	[1]
	Valore residuo	0	[1]
	Durata	50	[1]
Camere di ritenzione in calcestruzzo.	Costi d'esercizio	1	[1]
	Costi di manutenzione + riparazione	1	[1]
	Valore residuo	0	[1]
	Durata	80	[1]
Opere di protezione contro le piene.	Costi d'esercizio	0,5	[1]
	Costi di manutenzione + riparazione	0,5	[1]
	Valore residuo	0	[1]
	Durata	100	[1]

IV Allegato D: Carta dei rischi e delle zone a rischio

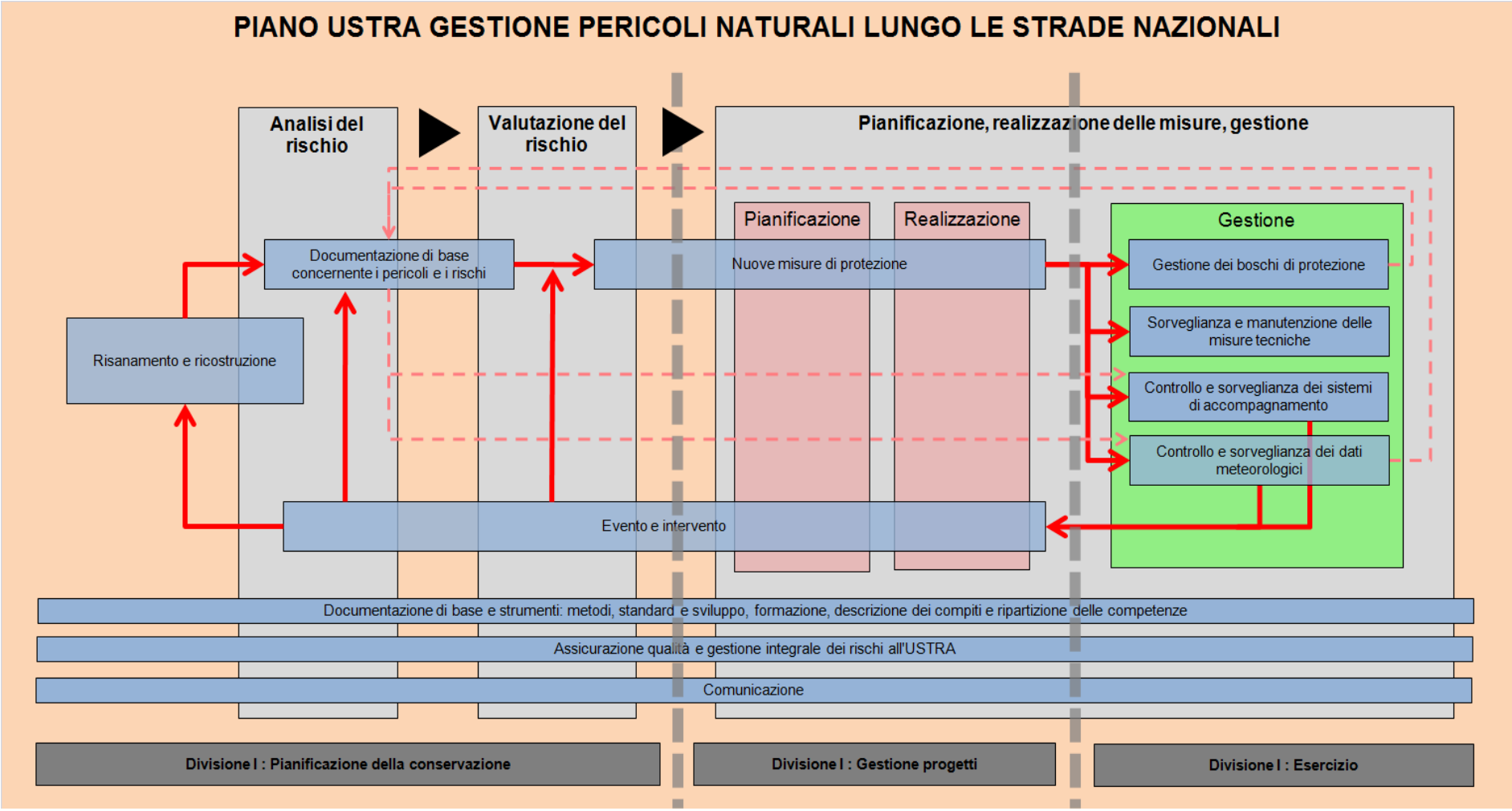



Wassergefahren
Sturzgefahren
Rutschgefahren
Lawinengefahren
Schadenerwartungswert (Fr./ Jahr)
16'000
14'000
12'000
10'000
8'000
6'000
4'000
2'000
0
139.0
139.5
140.0
140.5
141.0
141.5
142.0
142.5
143.0
143.5
144.0
144.5
145.0
145.5
146.0
146.5
147.0
147.5
148.0
148.5
149.0
149.5
150.0
150.5
Autobahn-km

	Risiko Direkttreffer Normalsituation	Risiko Direkttreffer Stausituation	Risiko Direkttreffer Normal- und Stausituation	Risiko Auffahrunfall	Personenrisiko Total		Räumungs- und Wiederherstellungs-kosten	Umfahrungskosten infolge Sperrung nach Ereignis	Umfahrungskosten infolge vorsorglicher Sperrung	Sachrisiken Total
	(Tf./ Jahr)	(Tf./ Jahr)	(Tf./ Jahr)	(Tf./ Jahr)	(Tf./ Jahr)	(Fr./ Jahr) monetarisiert mit Fr. 5 Mio.	(Fr./ Jahr)	(Fr./ Jahr)	(Fr./ Jahr)	(Fr./ Jahr)
N02/rstu/L/1a	4.6E-05	0.0E+00	4.6E-05	2.5E-06	4.8E-05	200	30	400	0	500
N02/rstu/L/2a	2.2E-04	0.0E+00	2.2E-04	1.4E-05	2.3E-04	1'100	1'000	60	0	1'100
N02/rstu/R/3a	5.9E-06	1.0E-10	5.9E-06	0.0E+00	5.9E-06	30	100	10	0	100
N02/rstu/R/6a	3.3E-05	6.5E-10	3.3E-05	1.9E-07	3.4E-05	200	300	600	0	900
N02/rstu/S/1	5.7E-06	1.3E-10	5.7E-06	4.0E-06	9.7E-06	50	20	20	0	40
N02/rstu/S/10	5.7E-04	4.2E-09	5.7E-04	6.0E-05	6.3E-04	3'100	500	11'200	0	11'700
N02/rstu/S/11	2.5E-04	1.9E-09	2.5E-04	3.6E-05	2.9E-04	1'400	200	12'400	0	12'600
N02/rstu/S/6	2.1E-04	4.0E-09	2.1E-04	2.0E-05	2.3E-04	1'200	400	2'000	0	2'400
N02/rstu/S/9a	3.0E-06	1.2E-10	3.0E-06	4.0E-06	7.0E-06	30	10	80	0	90
N02/rstu/W/102	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	3.6E-06	3.6E-06	20	2'000	100	400	2'500
N02/rstu/W/103	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0	600	10	100	800
N02/rstu/W/104	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-06	1.3E-06	10	40'400	600	100	41'200
N02/rstu/W/105	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-06	1.3E-06	10	900	600	100	1'600
N02/rstu/W/106	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.3E-06	1.3E-06	10	1'000	600	100	1'800
N02/rstu/w/108	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-06	7.9E-06	40	70'500	7'200	800	78'400
N02/rstu/W/111	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	8.5E-06	8.5E-06	40	300	500	200	1'000
N02/rstu/W/114	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	7.9E-06	7.9E-06	40	4'000	1'100	900	5'900
N02/rstu/W/115	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	1.2E-06	1.2E-06	10	700	90	100	900
N02/rstu/W/12	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.0E-07	9.0E-07	0	30	40	500	500
N02/rstu/W/14	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0	10	10	100	100
N02/rstu/W/9	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	9.1E-07	9.1E-07	0	300	50	700	1'000
Total	**1.3E-03**	**1.1E-08**	**1.3E-03**	**1.8E-04**	**1.5E-03**	**7'600**	**123'300**	**37'800**	**4'200**	**165'200**

Nota: esempio di calcolo basato su un costo limite di 5 millioni di CHF. Per quanto riguarda i progetti, fa fede il valore raccomandato dall' Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE (*Value of statistical life (VOSL) : empfohlener Wert der Zahlungsbereitschaft für die Verminderung des Unfall- und Gesundheitsrisikos in der Schweiz*).

V Allegato E: Struttura organizzativa USTRA gestione pericoli naturali



Temi e elementi della gestione pericoli naturali USTRA

(I = Divisione Infrastruttura stradale; N = Divisione Reti stradali; F = Filiale; GE = Unità territoriale; Manuale NPC = Manuale gestione degli eventi NPC; EP = Pianificazione della conservazione; ELA = Capo intervento USTRA)

Temi	**Elementi**	**Responsabilità presso l'USTRA**	**Descrizione**	**Interfaccia verso altri temi o elementi della gestione dei pericoli naturali.**	**Interfaccia verso temi o elementi simili dell'USTRA**	**Interfaccia all'esterno dell'USTRA**
Evento e intervento					Secondo il documento "Ereignismanagement unter NFA"; gestione degli eventiallgemein	
	Valutazione dell'evento	Secondo il Manuale NPC		Controllo e sorveglianza dei dispositivi tecnici di misura e dei dati meteorologici		Ufficio pericoli naturali cantonale c/o Sezione forestale, UFAM; NAZ; piattaforma comune dei pericoli naturali (GIN); Servizi pronto intervento
	Allarme	Secondo il Manuale NPC		Controllo e sorveglianza dei dispositivi tecnici di misura e dei dati meteorologici		Ufficio pericoli naturali cantonale c/o Sezione forestale, UFAM; NAZ; piattaforma comune dei pericoli naturali (GIN); Servizi pronto intervento
	Organizzazione delle disponibilità dell'USTRA	Secondo il Manuale NPC		Controllo e sorveglianza dei dispositivi tecnici di misura e dei dati meteorologici		Servizi pronto intervento (pompieri, Polizia, ambulanza, ecc.)

	Messa a disposizione delle risorse	GE; in caso di fenomeni di grossa portata F	ELA beneficia dell'aiuto specialistico di un geologo per il settore dei pericoli naturali	Controllo e sorveglianza dei dispositivi tecnici di misura e dei dati meteorologici		
	Misure d'urgenza	GE, eventualmente F				Servizi pronto intervento (Pompieri, Polizia, Ambulanza, ecc.)
	Rilievi e valutazione dell'evento	GE e F	GE informa i superiori; primi rilievi e *triage* da parte del GE; valutazione e analisi eseguita da F	Banca dati dei pericoli e dei rischi: catasto dei pericoli		Ufficio pericoli naturali cantonale c/o Sezione forestale, UFAM, Uffici privati di specialisti, Istituti di ricerca
	Misure immediate	GE eventualmente F	Secondo l'entità del danno	Nuove misure di protezione: misure immediate		Cointeressati
	Rimessa in stato provvisorio (= piccolo intervento di manutenzione)	GE eventualmente F	Secondo l'entità del danno			
	Progetti	F				Cointeressati

Temi	**Elementi**	**Responsabilità presso l'USTRA**	**Descrizione**	**Interfaccia verso altri temi o elementi della gestione dei pericoli naturali.**	**Interfaccia verso temi o elementi simili dell'USTRA.**	**Interfaccia all'esterno dell'USTRA.**
Risanamenti e ricostruzione					Risanamento / ricostruzione in caso di eventi simili	
	Analizzare l'evento e la vulnerabilità	F		Evento e intervento: rilievo e valutazione dell'evento		
	Messa a disposizione delle risorse.	F				
	Pianificazione	F				
	Realizzazione	F				

Temi	**Elementi**	**Responsabilità presso l'USTRA**	**Descrizione**	**Interfaccia verso altri temi o elementi della gestione dei pericoli naturali.**	**Interfaccia verso temi o elementi simili dell'USTRA.**	**Interfaccia all'esterno dell'USTRA.**
Banca dati dei pericoli e dei rischi						
	Allestimento di un catasto degli eventi	GE	Formazione dell'UFAM 2 volte 1 giorno	Rilievo e valutazione dell'evento		
	Messa a disposizione delle risorse	I				
	Definizione della banca dati dei pericoli	I / F	Progetto per i pericoli naturali lungo le strade nazionali TP4			Servizi cantonali responsabili per i pericoli naturali e i corsi d'acqua, UFAM
	Definizione della banca dati dei rischi	I / F	Progetto relativo ai pericoli naturali lungo le strade nazionali TP4	Obiettivi di protezione / criteri di controllo	Gestione del rischio all'USTRA	
	Aggiornamento periodico completo della banca dati	I / F	Progetto relativo ai pericoli naturali lungo le strade nazionali TP6	Obiettivi di protezione / criteri di controllo; legame alla politica del rischio presso l'USTRA: rapporto	Gestione del rischio all'USTRA	Servizi cantonali responsabili per i pericoli naturali e i corsi d'acqua, UFAM
	Controllo e aggiornamento dopo singolo evento o realizzazione di misure di protezione	I / F	Progetto relativo ai pericoli naturali lungo le strade nazionali TP6	Pianificazione di nuove misure di protezione; legame alla politica del rischio presso l'USTRA: rapporto	Gestione del rischio all'USTRA	Servizi cantonali responsabili per i pericoli naturali e i corsi d'acqua, UFAM

Temi	**Elementi**	**Responsabilità presso l'USTRA**	**Descrizione**	**Interfaccia verso altri temi o elementi della gestione dei pericoli naturali.**	**Interfaccia verso temi o elementi simili dell'USTRA.**	**Interfaccia all'esterno dell'USTRA.**
Nuove misure di protezione					UPlaNS; misure immediate	
	Messa a disposizione delle risorse	I	Nell'ambito della pianificazione decennale			
	Misure immediate	F o GE	Secondo l'entità del danno (piccoli interventi di manutenzione)	Evento e intervento: misure immediate		
	Pianificazione delle misure	F	Vedere lo schema delle procedure allegato	Banca dati dei pericoli e dei rischi; obiettivi di protezione / criteri di controllo		Altri interessati (Comuni, altri mezzi di trasporto, servizi cantonali responsabili per i pericoli naturali e i corsi d'acqua)
	Realizzazione delle misure	F	Vedere lo schema delle procedure allegato	Controllo e manutenzione delle opere di protezione esistenti		Altri interessati (Comuni, altri mezzi di trasporto, servizi cantonali responsabili per i pericoli naturali e i corsi d'acqua)
	Controllo e aggiornamento dopo singolo evento o realizzazione di misure di protezione	I / F	Progetto relativo ai pericoli naturali lungo le strade nazionali TP6	Banca dati dei pericoli e dei rischi: controllo e aggiornamento della banca dati dei pericoli e dei rischi	Gestione del rischio all'USTRA.	

Temi	**Elementi**	**Responsabilità presso l'USTRA**	**Descrizione**	**Interfaccia verso altri temi o elementi della gestione dei pericoli naturali.**	**Interfaccia verso temi o elementi simili dell'USTRA.**	**Interfaccia all'esterno dell'USTRA.**
Sorveglianza e manutenzione delle opere di protezione esistenti					Sorveglianza e manutenzione delle opere	
	Allestire e aggiornare il catasto delle opere di protezione	F tramite EP	Da verificare		Banca dati delle opere.	Servizi cantonali responsabili per i pericoli naturali e i corsi d'acqua
	Chiarire le responsabilità fra i diversi interessati	F tramite EP				Altri interessati (Comuni, altri mezzi di trasporto, servizi cantonali responsabili per i pericoli naturali e i corsi d'acqua)
	Eseguire i controlli	GE	Vedi lo schema delle procedure allegato	Banca dati dei pericoli e dei rischi	Sorveglianza e manutenzione delle opere	
	Definire le misure	GE	Vedi lo schema delle procedure allegato	Nuove opere di protezione: misure immediate o pianificazione delle misure.	Sorveglianza e manutenzione delle opere	
	Garantire la realizzazione.	F tramite EP			Sorveglianza e manutenzione delle opere	

Temin	**Elementi**	**Responsabilità presso l'USTRA**	**Descrizione**	**Interfaccia verso altri temi o elementi della gestione dei pericoli naturali.**	**Interfaccia verso temi o elementi simili dell'USTRA.**	**Interfaccia all'esterno dell'USTRA.**
Gestione dei boschi di protezione				Sorveglianza e manutenzione delle opere di protezione esistenti		
	Inventario dei boschi di protezione pertinenti	I	Progetto relativo ai pericoli naturali lungo le strade nazionali TP4	Banca dati dei pericoli		Proprietari di boschi; Sezione forestale cantonale (pianificazione regionale WEP, progetti di selvicoltura)
	Chiarire le responsabilità fra i diversi interessati	F		Sorveglianza e manutenzione delle opere di protezione esistenti		Altri interessati (proprietari di boschi, Comuni, altri mezzi di trasporto, gestione forestale)
	Messa a disposizione delle risorse	I				
	Garantire la gestione dei boschi di protezione	F con GE	Verificare la realizzazione	Sorveglianza e manutenzione delle opere di protezione esistenti		

Temin	**Elementi**	**Responsabilità presso l'USTRA**	**Descrizione**	**Interfaccia verso altri temi o elementi della gestione dei pericoli naturali.**	**Interfaccia verso temi o elementi simili dell'USTRA.**	**Interfaccia all'esterno dell'USTRA.**
Controllo e sorveglianza dei dispositivi tecnici di misura				Controllo e sorveglianza dei dati riguardanti la meteo; agli eventi e agli interventi	"Ereignismanagement unter NFA"	
	Chiarire le responsabilità fra i diversi interessati	F				Altri interessati (Comuni, altri mezzi di trasporto, servizi cantonali, servizi cantonali responsabili per i pericoli naturali e i corsi d'acqua e per gestione forestale)
	Definire i valori limite	I e F (EP)		Banca dati dei pericoli e dei rischi; nuove opere di protezione		Studi d'ingegneria privati
	Ordinare misurazioni	F				
	Controllare i dati misurati	F oppure GE				
	Organizzare il sistema di allarme e d'intervento	ELA e GE		Evento e intervento.		Servizi cantonali responsabili per i pericoli naturali e i corsi d'acqua., UFAM; NAZ; piattaforma comune dei pericoli naturali (GIN); servizi primo intervento
	Misure immediate	GE		Nuove opere di protezione: misure immediate		

Temi	**Elementi**	**Responsabilità presso l'USTRA**	**Descrizione**	**Interfaccia verso altri temi o elementi della gestione dei pericoli naturali.**	**Interfaccia verso temi o elementi simili dell'USTRA.**	**Interfaccia all'esterno dell'USTRA.**
Controllo e sorveglianza dei dati meteo				Controllo e sorveglianza dei dati riguardanti la meteo, gli eventi e gli interventi	"Ereignismanagement unter NFA"	
	Chiarire le responsabilità fra i diversi interessati	F				Altri interessati (Comuni, altri mezzi di trasporto, servizi cantonali, servizi cantonali responsabili per i pericoli naturali e i corsi d'acqua e per gestione forestale)
	Definire i valori limite	F		Elementi base dei pericoli		
	Organizzare il sistema di allarme e d'intervento	ELA e GE		Evento e intervento		Servizi cantonali responsabili per i pericoli naturali e i corsi d'acqua, UFAM; NAZ; piattaforma comune dei pericoli naturali (GIN); servizi primo intervento
	Consultare i dati.	F, ELA				

Temi	**Elementi**	**Responsabilità presso l'USTRA**	**Descrizione**	**Interfaccia verso altri temi o elementi della gestione dei pericoli naturali.**	**Interfaccia verso temi o elementi simili dell'USTRA.**	**Interfaccia all'esterno dell'USTRA.**
Elementi base e strumenti						
	Metodi, norme e strumenti	N	Progetto relativo ai pericoli naturali lungo le strade nazionali TP6		Norme, ricerca e sicurezza	
	Formazione continua e *stage*.	I			Formazione continua e stage all'USTRA	
	Perfezionamento	N	Progetto relativo ai pericoli naturali lungo le strade nazionali TP6		Norme, ricerca e sicurezza	
Allacciamento alla politica del rischio all'USTRA						
	Garantire un rapporto con metodi di gestione del rischio comparabili	F e N	F fornisce i dati, N li integra	Preparazione dei dati di base relativi ai pericoli e ai rischi	Formazione continua e stage all'USTRA	
	Obiettivi di protezione / definire e verificare i criteri di controllo	N	TP3	Preparazione dei dati di base relativi ai pericoli e ai rischi	Formazione continua e stage all'USTRA	

Temi	**Elementi**	**Responsabilità presso l'USTRA**	**Descrizione**	**Interfaccia verso altri temi o elementi della gestione dei pericoli naturali.**	**Interfaccia verso temi o elementi simili dell'USTRA.**	**Interfaccia all'esterno dell'USTRA.**
Assicurazione della qualità	Procedure e processi				Assicurazione della qualità all'interno dell'USTRA	
Comunicazione dei rischi	Nel caso di un evento	In collaborazione con l'informazione e la comunicazione	Richiede una formazione		Gestione degli eventi sotto NFA	

Bibliografia

Istruzioni e Direttive del USTRA

[1] Ufficio federale delle strade USTRA (2008), **„Einwirkungen infolge Steinschlag auf Schutzgalerien“**, *Direttiva ASTRA 12006, V2.31* www.astra.admin.ch.

[2] Ufficio federale delle strade USTRA, Ferrovie federali svizzere FFS (2007), **„Einwirkungen infolge Lawinen auf Schutzgalerien“**, *Direttiva ASTRA 12007, V2.00,* www.astra.admin.ch.

[3] Ufficio federale delle strade USTRA (2004), **„Überprüfung der bestehenden Galerien“**, *Documentazione ASTRA 82005,* www.astra.admin.ch.

[4] Ufficio federale delle strade USTRA, Ferrovie federali svizzere FFS (1998), **„Planung, Bau und Unterhalt von Schutzgalerien gegen Steinschlag- und Lawineneinwirkungen“**, *Documentazione ASTRA 82004*, www.astra.admin.ch.

Norme

[5] Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti VSS (1999), **„Strassenverkehrsunfälle – Unfallzahlen, Unfallstatistiken, Unfallkosten“,** *SN640 007*.

[6] Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti VSS (1998), **„Strassenverkehrsunfälle – Lokalisierung und Rangierung von Unfallschwerpunkten“**, *SN 640 009*.

Documentazione

[7] Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren AGN (2004), “**Gefahreneinstufung Rutschungen i.w.S.”** *Entwurf.*

[8] ARGE WSL.VWI.GWW (2004), “**Korridorplanung Brig – Oberwald: Verkehr, Naturgefahren. Technischer Bericht”.**

[9] Ufficio federale delle strade USTRA, Ufficio federale dei trasporti UFT, Ufficio federale dell’economia delle acque UFEA, Ferrovie federali svizzere FFS; (1998), **„Sicherheit von Bauwerken im Wasser. Empfehlung für die Überwachung und Hinweise für den Neubau“.**

[10] Ufficio federale delle strade USTRA (2008), “**Effektivität und Effizienz von Massnahmen”,** Assegnista di ricerca AGB 2005/104, *Rapporto di ricerca Nr. 620.*

[11] Ufficio federale delle strade USTRA (2008), „**Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung“**, Assegnista di ricerca AGB 2005/102, *Entwurf Stand Juli 2008*.

[12] Ufficio federale delle strade USTRA (2008), “**Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken infolge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten”**, Assegnista di ricerca AGB2002/020, *Rapporto di ricerca Nr. 630,* VSS Zürich.

[13] Ufficio federale delle strade USTRA (2003), **„Steinschlag – Naturgefahr für die Nationalstrassen“**, *Rapporto finale della ASTRA-Expertengruppe*.

[14] Ufficio federale delle strade USTRA (1999), “**Standardisierte Bewertungsmethode für die Beurteilung von Projekten bzw. Projektbestandteilen mit Hilfe der Kostenwirksamkeitsanalyse”,** *Handbuch.*

[15] Ufficio federale delle strade USTRA, INFRAS (1998), **„Staukosten im Strassenverkehr“,** *Rapporto finale*, Zurigo.

[16] Ufficio dell’ambiente UFAM (2008), **„EconoMe“**.

[17] Ufficio federale della pianificazione del territorio UFPT, Ufficio federale dell’economia delle acque UFEA, Ufficio federale dell’ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP (1997), **„Empfehlungen zur Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“.**

[18] Ufficio federale della pianificazione del territorio UFPT, Ufficio federale dell’economia delle acque UFEA, Ufficio federale dell’ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP (1997), **„Empfehlungen zur Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“.**

[19] Ufficio federale delle foreste UFF, WSL Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF (1984), **„Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten“.**

[20] Ufficio federale delle sviluppo territoriale ARE (2007), **„Staukosten des Strassenverkehrs in der Schweiz“**, *attualizzato 2000/2005.*

[21] Ufficio federale statistica, Ufficio federale delle sviluppo territoriale ARE (2007), **„Mobilität in der Schweiz Ergebnisse des Mikrozensus zum Verkehrsverhalten“**, *Factsheet*.

[22] Ufficio federale delle acque e della geologia UFAEG (2003), **„Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten“**, *Praxishilfe*.

[23] Ufficio federale dell’ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP (1999), **„Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren“**, Methode, Fallbeispiele und Daten, *Umweltmaterialien Nr. 107/I und II, Naturgefahren*.

[24] Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP (1998), **„Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren“**, *Umwelt Materialien Nr. 85.*

[25] Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP (1992), „**Handbuch III zur Störfallverordnung StFV“**, *Richtlinien für Verkehrswege*.

[26] Ufficio federale delle acque e della geologia UFAEG, WSL Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF (2003), **„Oberflächennahe Rutschungen, ausgelöst durch die Unwetter vom 15.-16.72002 im Napfgebiet und vom 31.8.-1.9.2002 im Gebiet Appenzell“**, *Projektbericht*.

[27] Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP, Ufficio federale dell'economia delle acque UFEA (1995), **„Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene“.**

[28] Ufficio federale delle acque e della geologia UFAEG (2001) **„Hochwasserschutz an Fliessgewässern“**, *Wegleitung.*

[29] Ufficio federale delle acque e della geologia UFAEG (2002), **„EDV-Legende für die digitale Kartographie (ArcGis, MapInfo, MicroStation und AutoCad)**“.

[30] Birdsall, J. D., Hajdin, R. (2008), **“Vulnerability of individual Infrastructure Objects Subjected to Natural Hazards”**.

[31] Egli, T. (2005), **Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren**, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (vkf).

[32] WSL Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF (1999), **Neue Berechnungsmethoden in der Lawinengefahrenkartierung.**

[33] WSL Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF (1990), **Berechnung von Fliesslawinen, eine Anleitung für Praktiker**, *Mitteilungen.*

[34] WSL Istituto per lo studio della neve e delle valanghe SLF, Gerber, W. (1994), **„Beurteilung des Prozesses Steinschlag“**, *Kursunterlagen der Forstlichen Arbeitsgruppe Naturgefahren, Poschiavo*.

[35] Erath, A. (2011), **“Vulnerability assessment of road transport infrastructure”**, ETH Zürich, Zürich.

[36] Frick, E., Hiller, R., Kienholz, H., Romang, H., in Vorbereitung (2008), **„SEDEX – Sediments and Experts“**, *Eine praxistaugliche Methodik zur Beurteilung der Feststofflieferung in Wildbächen*.

[37] Gamma, P. (1999), **„dfwalk – Ein Murgangsimulationsprogramm zur Gefahrenzonierung“**, Inauguraldissertation Universität Bern.

[38] Hess, J. (2008), **„Schutzziele im Umgang mit Naturrisiken in der Schweiz“**, *Entwurf Stand Februar 2008*.

[39] Hoffmann und Nielsen (1993), **„Beschreibung von Verkehrsabläufen an signalisierten Knotenpunkten“**.

[40] Hollenstein, K. (1997), **„Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken“**.

[41] IMPULS (2008), **„Methodik für eine risikobasierte Gefahrenbeurteilung, -prävention und – bewältigung“**, *Bericht zur Situationsanalyse und zu den Zielen*.

[42] IMPULS (2008), **„Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse und Massnahmenplanung Naturgefahren, Nationalstrassen Kanton Bern, Phase 2: Risikoanalyse“**, *Technischer Bericht.*

[43] IMPULS (2005), **„Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse und Massnahmenplanung Naturgefahren, Nationalstrassen Kanton Bern. Phase 1: Gefahrenbeurteilung – Methodik“,** *Beilage zum Pflichtenheft*.

[44] IMPULS (2004), **„Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse und Massnahmenplanung Naturgefahren, Nationalstrassen Kanton Bern“**, *Schutzziele.*

[45] Kanton St. Gallen (2003), **Wegleitung Naturgefahrenanalyse im Kanton St. Gallen**.

[46] Landeshydrologie und -geologie (1996), **„Empfehlung zur Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen“**, *Mitteilung Nr. 4*.

[47] Merz, H. A., Schneider, Th., Bohnenblust, H. (1995), **„Bewertung von technischen Risiken. Beiträge zur Strukturierung und zum Stand der Kenntnisse“**, *Modelle zur Bewertung von Todesfallrisiken*.

[48] PLANAT (2009), **„Testversion Risikokonzept für Naturgefahren – Leitfaden“**, Strategie Naturgefahren Schweiz, *Umsetzung des Aktionsplan PLANAT 2005 – 2008.*

[49] PLANAT (2009), **Testversion Wirkung von Schutzmassnahmen.** Strategie Naturgefahren Schweiz, *Umsetzung des Aktionsplans PLANAT 2005 – 2008.*

[50] PLANAT (2007), **„Schutzziele, Aktionsplan der PLANAT“**, *Einzelprojekt B2.2 Schlussbericht.*

[51] PLANAT (2005), **„Risikobewertung bei Naturgefahren“**, *Schlussbericht.*

[52] PLANAT (2004)b, **„Strategie Naturgefahren Schweiz. Teilprojekt B: Methodenevaluation“**, *Interner Schlussbericht*.

[53] PLANAT (2004)a, **„Strategie Naturgefahren Schweiz“**, *Synthesebericht.*

[54] PLANAT, Ufficio federale delle acque e della geologia UFAEG, Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAFP (2000) **„Vom Gelände zur Karte der Phänomene“** *Kompendium.*

[55]	Rickli, C., Zürcher, K., Frey, W., Lüscher, P. (2002), **„Wirkung des Waldes auf oberflächennahe Rutschprozesse“**, *Schweiz. Z. Forstwes. 153 (2002) 11: 437-445*.
[56]	Ferrovie federali svizzere FFS (2005), **„Pflichtenheft Risikoanalysen Naturgefahren“**, *SBB. Interne Arbeitsgrundlage. Version 20.5.2005*.
[57]	Schneider, T. (1984), **„Das Risikokonzept“**.
[58]	Wilhelm et al. (2001), **„Mobilität und Naturgefahren. Beiträge zu einem integralen Risikomanagement“**, *Conference Paper STRC (Swiss Transport Research Conference)*.
[59]	Wilhelm, Chr. (1999), **„Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutzmassnahmen an Verkehrsachsen. Vorgehen, Beispiele und Grundlagen der Projektevaluation“**, *Vollzug Umwelt, Praxishilfe*.
[60]	Wilhelm, Chr. (1997), **„Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz. Methodik und Erhebungen zur Beurteilung von Schutzmassnahmen mittels quantitativer Risikoanalyse und ökonomischer Bewertung“**, *Mitt. Eidg. Inst. Schnee- Lawinenforsch*.

Elenco delle modifiche

Edizione	Versione	Data	Modifiche
2012	2.20	28.11.2018	Adattamento costo limite.
2012	2.10	19.12.2013	Adeguamenti Allegati I, II, III.
2012	2.00	03.05.2013	Adeguamenti del modello di traffico concernente la chiusura al traffico, definizione univoca del rapporto costo – efficacia KW = ∆R/MK, miglioramenti formali e adeguamenti degli allegati
2011	1.31	12.03.2011	Traduzione italiana e revisione traduzione franchese.
2009	1.30	17.12.2009	Adeguamenti e riformulazione.
2009	1.20	01.07.2009	Adeguamenti a seguito delle esperienze tratte dal progetto pilota Reusstal.
2009	1.00	01.01.2009	Pubblicazione V1.00