

**REGIONE AUTONOMA DELLA VALLE D'AOSTA
REGION AUTONOME DE LA VALLEÉ D'AOSTE**

UNITE' DES COMMUNES VALDOTAINES

MONT-EMILIUS

**COLLEGAMENTO DELLA PISTA CICLABILE VELODOIRE 7° LOTTO
IN COMUNE DI SAINT-MARCEL**

CUP: H39B98000000006 - CIG: 810071055D

PROGETTO DEFINITIVO

ANALISI DI RISCHIO

Committente:

Unité des Communes Valdôtaines Mont-Emilius

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti (RTP):

Arch. Andrea MARCHISIO (mandatario)

Ing. Flavio LOVATO

Dott. Forestale Duilio GAL

Arch. Sylvie CERISE

Dott. Geologo Stefano DE LEO

Data:

16 aprile 2022

1. PREMESSA

Su incarico dell'Unità di Comuni Monte Emilius è stata eseguita un'Analisi di Rischio in ordine al progetto definitivo del "*collegamento della pista ciclabile Vélodoire settimo lotto in Comune di St. Marcel*", redatto dall'Arch. Andrea Marchisio, dall'Ing. Flavio Lovato e dal Dr. For. Duilio Gal di Aosta. L'analisi è stata sviluppata in base alle indicazioni degli Uffici Regionali, conseguenti allo studio da essi commissionato al Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Infrastrutture del Politecnico di Torino, relativo alla "Definizione di valore di rischio medio per l'analisi di rischio da caduta massi per le strade delle Regione Autonoma Valle d'Aosta - 2015", e secondo la metodologia definita dal ROckfall risk MAagement (RO.MA.), che consente di quantificare il rischio lungo i tratti di strada interessati da crollo di massi.

Il presente lavoro si basa sullo studio geologico personalmente eseguito a supporto del progetto di questo tratto di pista ciclabile (relazione geologica e di compatibilità del dell'aprile 2022), **e riguarda un tratto di circa 420 m tra le sezz. di progetto 29-46, dove lo studio ha evidenziato l'insufficienza delle opere attualmente presenti a garantire la sicurezza dalla caduta di massi per la viabilità stradale e la pista che ad essa si affianca in questo tratto.**

2. INDICE RO.S.I.

2.1. Descrizione del metodo

L'Indice di Suscettibilità al Crollo (Rockfall Susceptibility Index: Ro.S.I.), permette la caratterizzazione in situ dei versanti rocciosi e ha l'intento di descrivere le pareti rocciose soggette a dissesto e la connessa propensione al distacco. L'elemento considerato come vulnerabile al fenomeno di crollo è la pista ciclabile sottostante il versante. L'indice è applicato ad aree omogenee in termini di morfologia e geologia definite mediante sopralluoghi in situ e permette una descrizione quantitativa della parete mediante l'attribuzione di punteggi ai parametri caratterizzanti il versante. Al crescere della pericolosità della parete, i valori assunti dal Ro.S.I. aumentano: il massimo valore raggiungibile dall'indice è pari a 120. L'indice è funzione di 3 fattori:

$$\text{Ro.S.I.}=(I_A)\times(I_B)\times(I_C)$$

Per la definizione dell'indice è stata utilizzata la scheda speditiva allegata e a cui si rimanda per una descrizione approfondita parametri utilizzati. Di seguito viene data una descrizione sommaria di questi ultimi.

IA –Geometria della parete e caratteristiche della zona di accumulo

Il fattore I_A tiene conto la geometria della parete e della zona di accumulo ed è determinabile attraverso la seguente relazione:

$$I_A = I'_A + I''_A$$

dove I'_A descrive la geometria della parete, secondo le configurazioni proposte in Figura 1, e I''_A descrive le caratteristiche della zona di transito e zona di accumulo della frana da caduta massi. Quest'ultimo si compone di due indici I''_{Aa} e I''_{Ab} (vegetazione e terrazzamenti), che possono decrementare o lasciare invariato il punteggio ottenuto dall'indice I'_A . Per la definizione approfondita dei vari indici si rimanda alla scheda speditiva Ro.S.I. allegata.

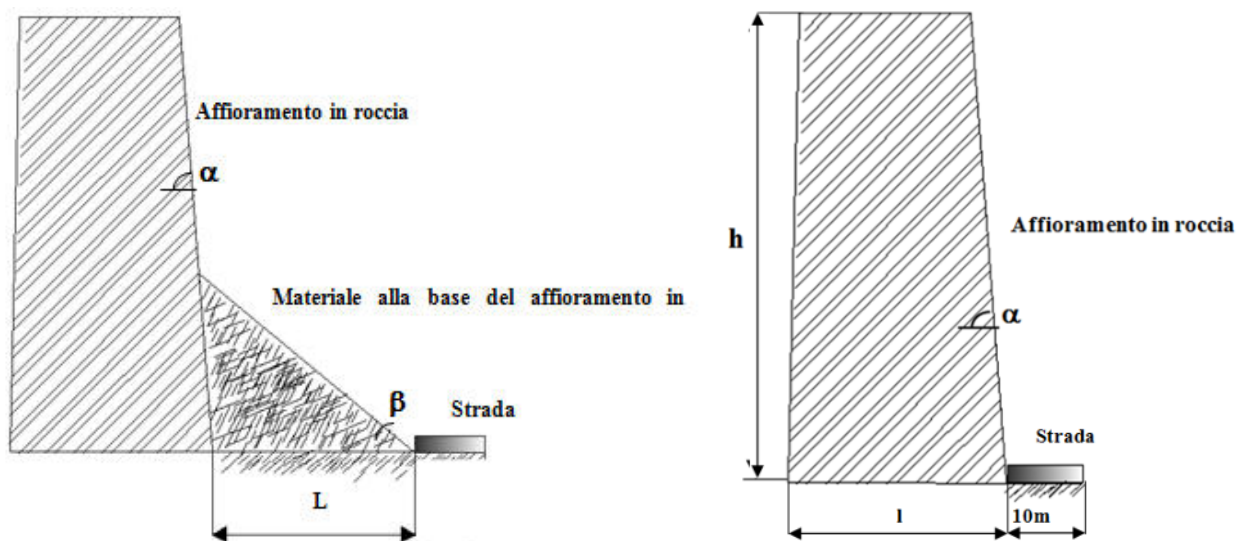


Figura 1. Configurazione 1 (sinistra) e configurazione 2 (destra) della geometria della parete

IB –Caratteristiche geo-strutturali della zona di innesco

L'indice I_B descrive le caratteristiche geostrutturali della zona di innesco distinguendo tra roccia ($I_{B \text{ roccia}}$) e detrito ($I_{B \text{ detrito}}$), tenendo conto delle caratteristiche dell'area sorgente e dell'area di possibili distacchi dei blocchi in roccia. Il parametro I_B si compone di 3 sotto-parametri per un punteggio totale pari a 10, da cui si ottiene dalla seguente equazione: $I_B = I_{Ba} + (I_{Bb} * I_{B \text{ roccia}} \text{ OPPURE } I_{B \text{ detrito}})$

Zona sorgente – Indice I_{Ba}

Per area sorgente si intende la fascia di versante in cui si possono generare i fenomeni di distacco.

Se il versante presenta un'unica fascia alterata composta da più nicchie distribuite su una zona continua e non interrotta da fasce non alterate, allora tale casistica viene definita come zona sorgente unica.

Per zona sorgente multipla si intende la presenza sul versante di più zone sorgente appartenenti a fasce alterate, discontinue e intervallate da aree ove non sono presenti zone sorgente.

Area possibili distacchi – Indice I_{Bb}

Il parametro I_{Bb} valuta l'influenza delle dimensioni areali dell'affioramento roccioso o detrito di falda relativamente alla possibile formazione di nicchie di distacco: all'aumentare della superficie rocciosa aumenta l'eventuale numero di nicchie. Il parametro, in caso di sorgente unica, misura l'altezza della parete rocciosa o, in alternativa, del detrito, a seconda di quale dei due venga considerato area sorgente.

Caratteristiche geo-strutturali roccia Indice $I_{Broccia}$

Per caratterizzare l'ammasso roccioso sono stati introdotti 4 parametri, di cui uno opzionale, la cui somma definisce l'indice $I_{Broccia}$ secondo la seguente equazione: $I_{Broccia} = I_{Bc1} + I_{Bc2} + I_{Bc3} (+ I_{Bc4})$.

Dove:

- Indice I_{Bc1} – Nicchie di distacco
- Indice I_{Bc2} – Grado di fratturazione dell'ammasso
- Indice I_{Bc3} – Caratteristiche ammasso roccioso
- Indice I_{Bc4} – Condizioni aggravanti

Caratteristiche detrito - Indice I_{Bc1}

Per descrivere il possibile detrito presente al piede, ritenuto area sorgente, sono state introdotte tre classificazioni sulla base delle indicazioni della carta geologica valdostana inerente i depositi detritici. Un parametro ritenuto importante per la classificazione è la valutazione della presenza e della qualità della matrice legante i blocchi.

IC – Caratteristiche zona di accumulo

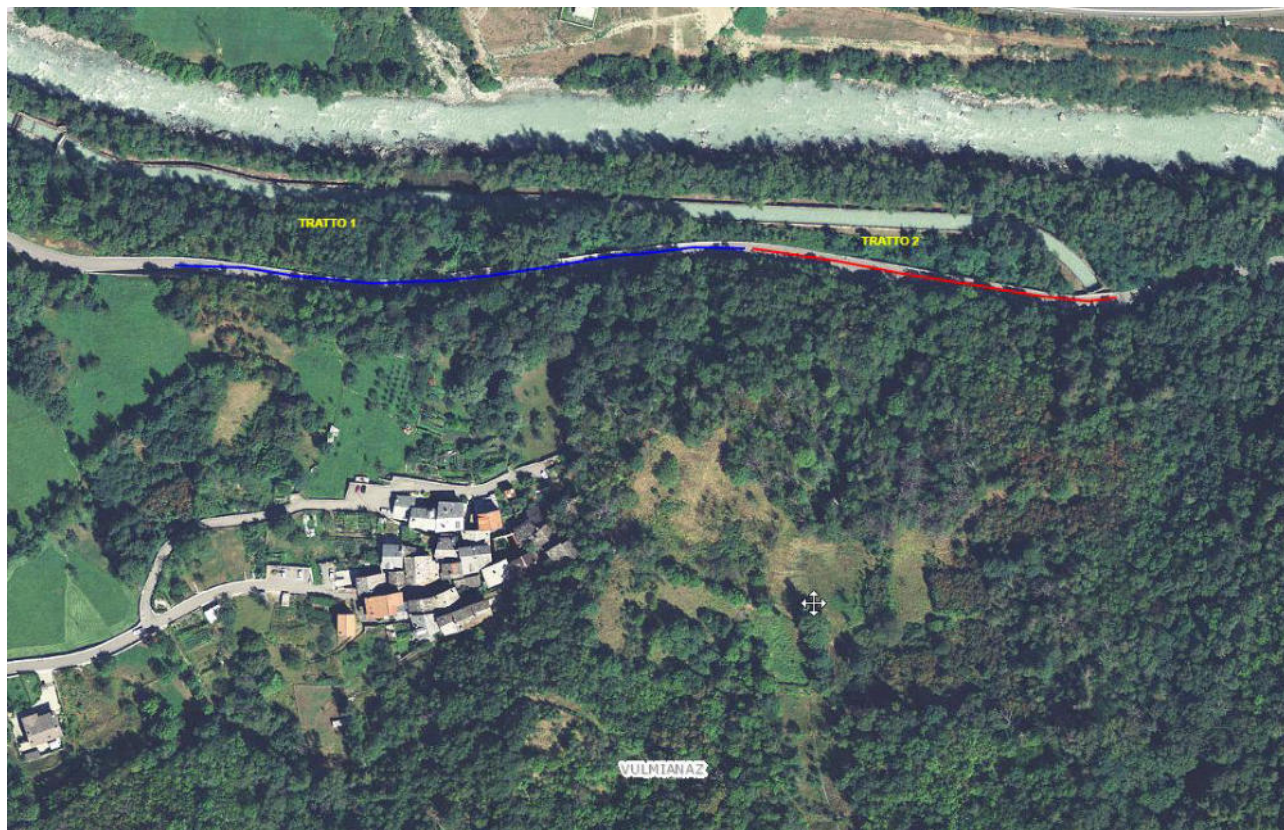
Nell'indice RO.S.I. la zona di accumulo può presentare tre configurazioni univoche: 1) parete rocciosa aggettante sulla strada, 2) parete rocciosa con deposito di falda a bordo strada (o testimoni muti), 3) parete rocciosa con prato-arbusti a bordo strada. Sulla base della configurazione vengono attribuiti diversi punteggi, meglio descritti nella scheda speditiva.

2.2. Dati di ingresso

La parete a monte della strada intercomunale e della pista ciclabile in progetto è stata oggetto di analisi (vedi anche relazione geologica e di compatibilità) distinguendo due tratti a diversa pericolosità:

Tratto 1 (250 m) corrispondente al tratto (dalla sez. 29 fino alla sez. 37 ca.) caratterizzato da una scarpata detritica boscata a monte;

Tratto 2 (170 m) corrispondente al tratto caratterizzato da una scarpata a monte con diffusa presenza di affioramenti rocciosi (sez. 37-46).



Di seguito sono sintetizzati i valori attribuiti ai diversi parametri utilizzati nel metodo:

STRADA	Pista Ciclabile Comunità M. Emilius - VII lotto Comune St. Marcel																		
DATA	mar-22																		
	I'A: Geometria parete e caratt. Zona accumulo e transito							I'B: caratt. Zona Innesco				I'B: caratt. Zona Innesco				Z. accumulo			
			Conf. 1	Conf. 2	veget.	terrazzi	IA	z. sorgente	alt.sorgente	IB	Roccia				Detrito				
	I _{Aa}	I _{Ab}	I _A =I _{Aa} +I _{Ab}	I _A =I _{Ac} /I _{Ad}	I _{Aa}	I _{Ab}	ΣI _{Ai}	I _{Ba}	I _{Bb}	ΣI _{Bi}	I _B -roccia	I _{Bc1}	I _{Bc2}	I _{Bc3}	I _{Bc4}	I _{Bc1}	ΣI _{Bi}	I _C	ROSI
Tratto 1 (Config.1: detrito)	5	5	10	-	0	0	10	1	1	2.2	0	0	0	0	0	1.2	0	1	22
Tratto 2 (Config.1: roccia+detrito)	5	5	10	-	-0.5	0	9.5	1	1	4.5	3.5	1	1	1	0.5	-		1	42.75

2.3. Risultati

Sulla base dei dati appena riportati, l'indice Ro.S.I. per i due tratti analizzati **valgono**

rispettivamente 22 e 42,75 (IA x IB x IC) su 120.

Una volta determinato l'indice Ro.S.I., è possibile utilizzare i risultati di uno studio condotto dal Politecnico di Torino*¹ per la determinazione del numero di crolli potenziali che può interessare la parete analizzata, non essendo disponibili dati relativi ad eventi storici.

Lo studio citato infatti si pone come obiettivo la definizione di una legge di correlazione tra i dati di caduta massi derivati l'analisi storica e il Rockfall Susceptibility Index (Ro.S.I.), utilizzando i rilievi relativi all'intera rete stradale regionale. Si riporta di seguito un estratto della relazione conclusiva:

“La determinazione del numero di crolli potenziali, che possono interessare un tratto di versante, deve tenere conto sia delle caratteristiche dell'ammasso roccioso sia del tempo di ritorno del fenomeno considerato. A questo fine si è cercato di definire una legge di correlazione tra l'indice Ro.S.I. e il numero di potenziali eventi di crollo per tratto omogeneo. È stato effettuato quindi un confronto tra i punteggi dell'indice per i vari tratti omogenei di strada considerata e gli eventi di crollo storici riportati nei database. A seguito diversi tentativi si è optato per una lunghezza di 100 m.. Si sono adottate due metodologie, descritte nel seguito:

- il primo approccio si basa nell'intensità media di accadimento dei crolli per aree omogenee, noto il punteggio Ro.S.I.. Considerando sette classi di Ro.S.I., di cui la prima corrisponde al punteggio nullo e le altre partono dal punteggio minimo (0,8) con intervalli pari a 20, per tutta la rete regionale si è attribuita un'intensità amedio per ogni classe. Il valore amedio è ottenuto dividendo la sommatoria degli eventi registrati per ogni classe con la lunghezza chilometrica dei tratti con Ro.S.I. appartenente alla classe considerata. Al fine di omogenizzare le unità di misura in questa relazione, questo valore viene poi ulteriormente diviso 10, per fornire n.eventi/anno/100m. I risultati ottenuti con questo approccio sono riassunti in Figura 2.

- il secondo approccio, più cautelativo, considera per le diverse classi di Ro.S.I. il massimo numero di eventi verificatisi in tutti i tratti di 100m sull'intera rete. Questo approccio tiene conto del ridotto tempo di osservazione in relazione al fenomeno studiato e assume la possibilità che nelle zone con pari punteggio Ro.S.I. possano verificarsi lo stesso numero di eventi già accaduti in aree omogenee. Avendo considerato il numero massimo di eventi accaduti ad ogni classe si attribuisce un'intensità amax riassunta in Figura 3.

¹ Definizione di valore di rischio medio per l'analisi di rischio da caduta massi per le strade delle regione Autonoma Valle d'Aosta – Relazione conclusiva – 2015. Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Infrastrutture – Politecnico di Torino

I valori α precedentemente riassunti vengono espressi in numero di eventi/anno/100m e possono essere applicati per tratti di lunghezza variabile trattandoli come un'intensità specifica di crollo."

Dall'analisi delle figure seguenti è possibile determinare il numero di crolli all'anno per un tratto di 100m in base al valore del Ro.S.I. in precedenza calcolato, corretto in funzione della lunghezza del tratto.

TRATTO 1

- $\alpha_{\text{medio}}=0.004$ eventi/anno/100 m x 250 m= **0.01 eventi/anno**

- $\alpha_{\text{max}}=0.04$ eventi/anno/100 m x 250 m= **0.1 eventi/anno**

TRATTO2

- $\alpha_{\text{medio}}=0.004$ eventi/anno/100 m x 170 m= **0.0068 eventi/anno**

- $\alpha_{\text{max}}=0.07$ eventi/anno/100 m x 170 m= **0.12 eventi/anno**

Notiamo che, nel caso specifico, in base a quanto concordato con gli uffici regionali, non si è tenuto conto delle opere di protezione attualmente presenti lungo la strada (barriere paramassi), in quanto esse risultano a tratti sottodimensionate in altezza, prive di certificazione che dia indicazione della loro resistenza e, soprattutto, datate di circa 20 anni e quindi prossime al termine della vita utile considerata per questo tipo di opere.

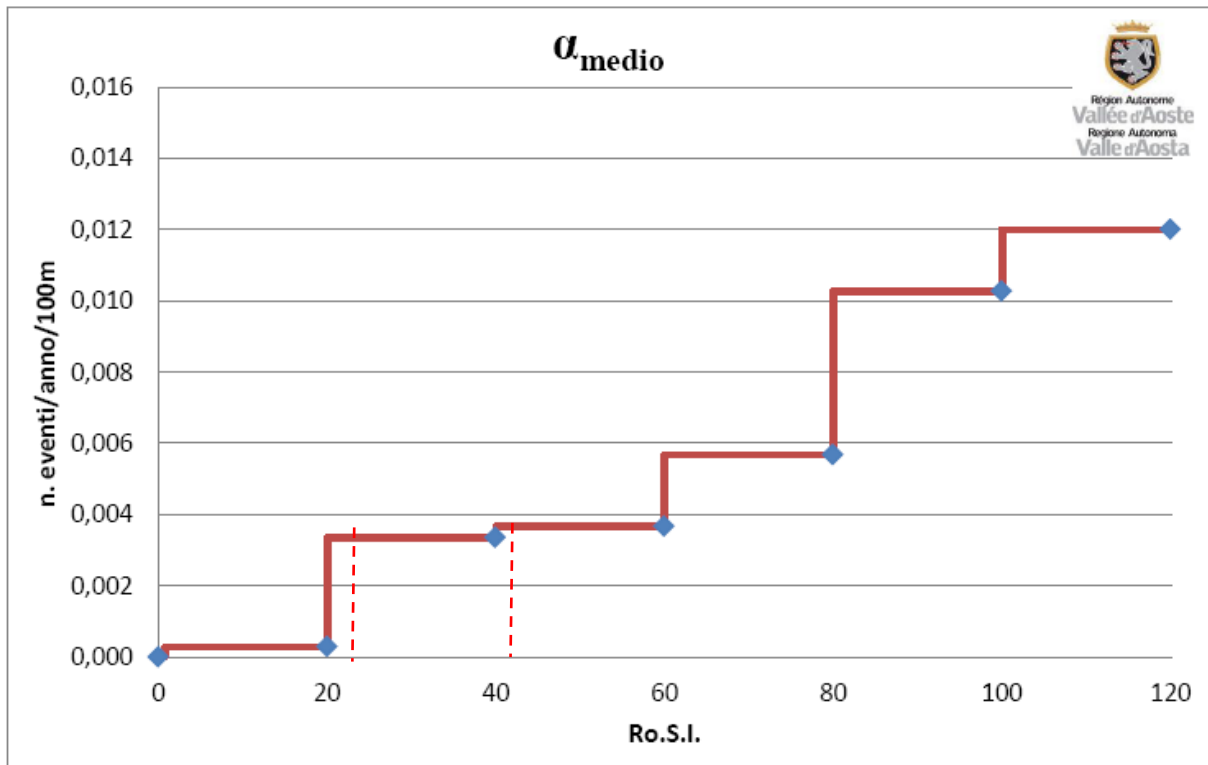


Figura 2. Correlazione tra il numero di eventi di crollo/anno (valore medio) per tratti di 100m e l'indice Ro.S.I. per un tempo di ritorno di 25 anni lungo le strade regionali valdostane. La linea tratteggiata indica il valore di Ro.S.I. determinato per la parete analizzata

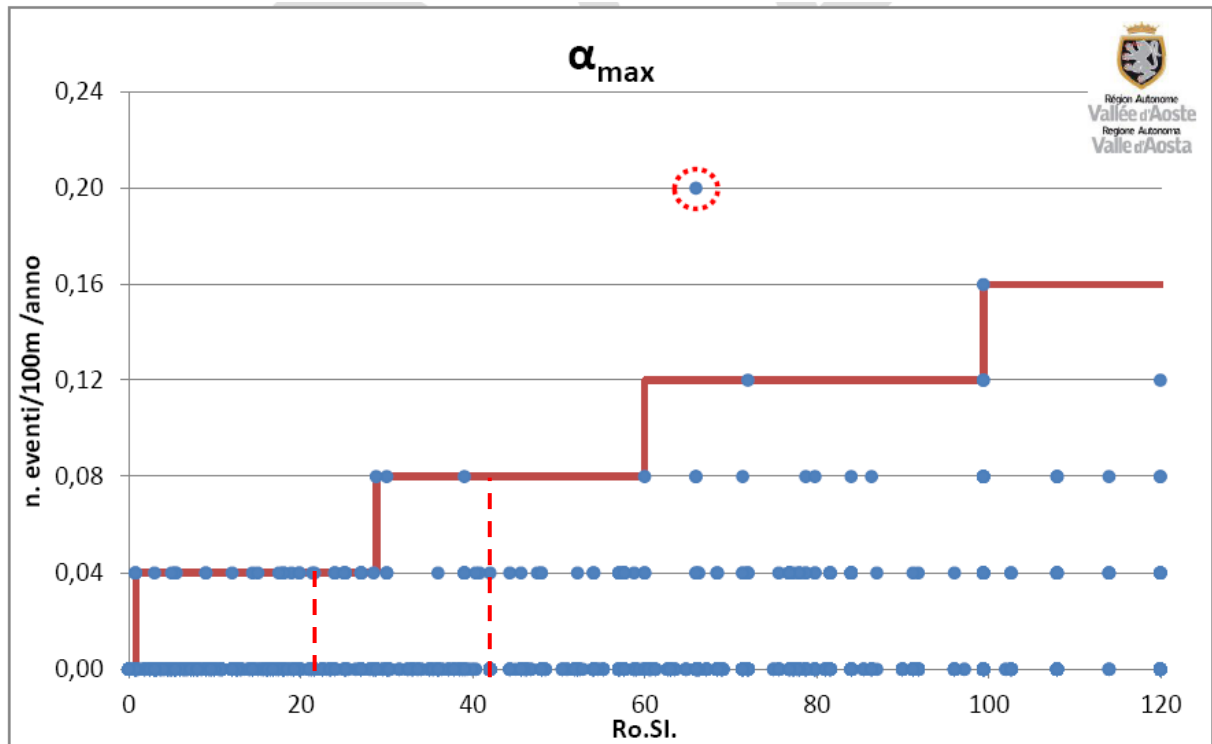


Figura 3. Correlazione tra il numero di eventi di crollo/anno (valore massimo) per tratti di 100m e l'indice Ro.S.I. per un tempo di ritorno di 25 anni lungo le strade regionali valdostane. La linea tratteggiata indica il valore di Ro.S.I. determinato per la parete analizzata

3. METODO RO.MA.

Il metodo ROckfall risk MAnagement (RO.MA.) fornisce una metodologia in grado di quantificare il rischio lungo i tratti di strada interessati da crollo di massi sia per versanti in condizioni naturali sia dopo l'installazione di interventi mitigativi su porzioni omogenee di strada.

3.1. Descrizione del metodo

Il metodo RO.MA. si basa nell'applicazione del metodo probabilistico dell'albero degli eventi (Hoek, 2000; Locatelli, 2005; Peila e Guardini, 2008), che è una metodologia valida per lo studio di sistemi complessi e strutturati come quello in esame.

Considerati due eventi indipendenti tra loro, quali il fenomeno franoso e il contemporaneo passaggio del veicolo, la probabilità che se ne verifichi almeno uno è data dalla somma delle probabilità dei singoli eventi, mentre la probabilità che essi si verifichino contemporaneamente è data dal prodotto delle singole probabilità. Si possono così comporre i vari fattori ed ottenere la probabilità del verificarsi di uno o più eventi in relazione al periodo osservato da cui è possibile ottenere un valore di rischio relativo agli incidenti con esito mortale ed agli incidenti con esito non mortale.

Nel dettaglio, viene definito evento iniziatore la caduta di uno o più massi nell'intervallo di tempo considerato (usualmente un anno) e nell'ipotesi che ogni crollo sia un evento indipendente; da questo evento partono i vari rami dell'albero connessi tra loro da nodi. Ciascun nodo rappresenta un evento caratterizzato da un valore di probabilità P_i e ciascun ramo rappresenta un possibile scenario di accadimento. La somma dei valori dei singoli nodi deve essere pari all'unità e il valore di ogni ramo è funzione di quelli precedenti.

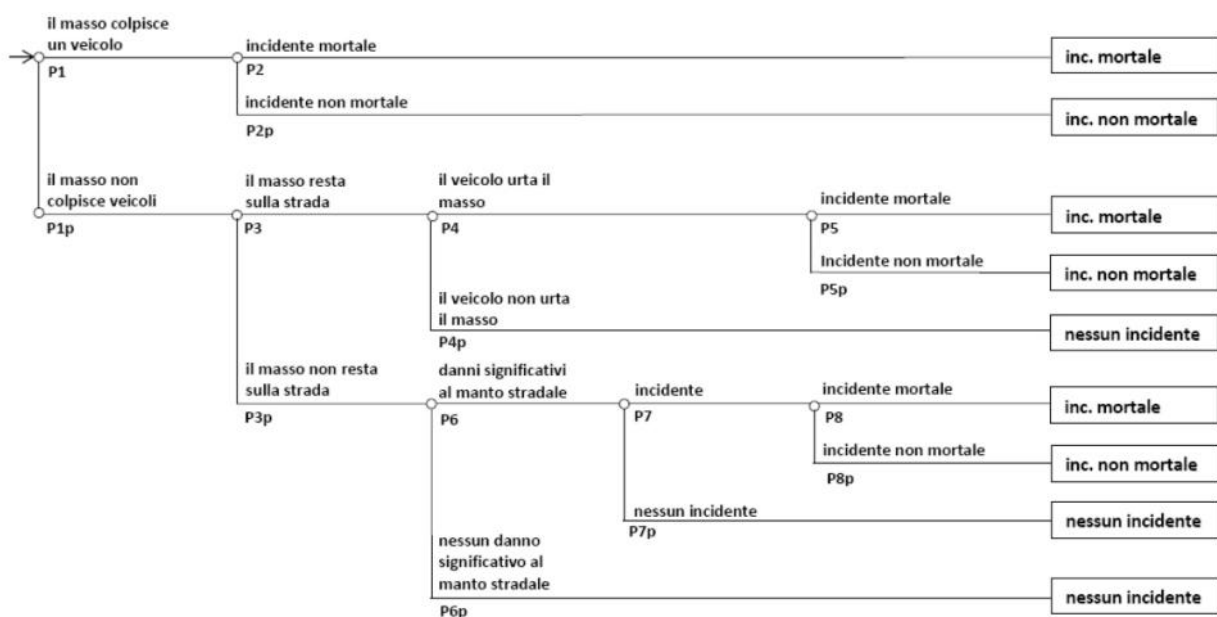


Figura 4. Albero degli eventi adottato per il calcolo del rischio nel metodo RO.MA.

3.2. Assunzioni iniziali e dati di ingresso

Data la complessità del sito (pista ciclabile accanto ad una strada intercomunale) e le diverse ipotesi di transito dei ciclisti utenti, si è ritenuto opportuno effettuare l'analisi del rischio prendendo in considerazione tre possibili scenari riportati qui di seguito:

- Scenario 1 – prevede il transito sulla pista ciclabile di ciclisti singoli distribuiti sulle 24 ore;
- Scenario 2 – prevede il transito di ciclisti riuniti in gruppi da 4 distribuiti sulle 24 ore;
- Scenario 3 – prevede il transito di veicoli a motore sulla strada intercomunale nell'arco delle 24 ore.

Per il calcolo del valore di rischio si deve partire dal valore d'intensità precedentemente discusso. Questa verifica è stata fatta applicando il metodo RO.MA. ed assumendo uno dei due valori di α discussi precedentemente per la lunghezza di 100m del tratto di strada indagato. I risultati sono sintetizzati nel seguito.

Il calcolo è stato effettuato considerando i seguenti parametri d'ingresso:

- numero di veicoli al giorno medio: valore ricavato dai rilievi di censimenti del traffico per la pista ciclabile esistente (figura 5) (scenari 1 e 2) ed una strada censita paragonabile a quella in esame (scenario 3);
- per quanto riguarda numero di veicoli sulla pista ciclabile, i censimenti del traffico per il tratto del fondovalle della conca di Aosta (contatore automatico presso la ditta MAFER gestito dall'Unité des Communes Mont Emilius), indicano i seguenti dati, relativi agli ultimi 3 anni:
 - 2019 : 129.674 passaggi/anno
 - 2020 : 153.179 passaggi/anno
 - 2021 : 167.934 passaggi/annoPer un valore medio di 150.262 passaggi/anno, che corrispondono ad una frequenza giornaliera media di 412 passaggi. Per la valutazione del rischio è stato **preso un valore di 500 passaggi di media giornaliera**, considerando un possibile ulteriore aumento nel futuro. Si tratta sicuramente di un valore cautelativamente eccesso, considerando che il tratto in esame è meno frequentato rispetto al settore centrale presso la città.
- Per quanto riguarda numero di autoveicoli sulla Strada dell'Envers, i censimenti del traffico comunicati dall'ufficio regionale della viabilità relativo a tratti similari indicano un valore medio annuo di passaggi nell'ordine dei 2000 al giorno (SR 15 – Brissogne 2355 veicoli/giorno e SR 35 – Gran Pollein 2339 veicoli/giorno).

Sono inoltre stati valutati gli ulteriori parametri di ingresso relativi a:

- lunghezza della parete instabile: lunghezza in metri della parete da studiare. Nello studio specifico sono state considerate le due tratte da 250 e 170 metri;
- numero di massi che si possono staccare dalla parete nel tratto considerato e nel periodo di tempo di un anno. Nel caso specifico, partendo dal valore di $R_o.S.I.$ e scegliendo il valore di α è possibile determinare il valore di potenziali accadimenti ogni anno, come illustrato nella precedente sezione.

Di seguito sono riassunti i dati di ingresso e le assunzioni sulle probabilità di accadimento prese per i diversi scenari considerati.

Scenario1 - ciclista singolo: il dato di partenza per l'utilizzo del metodo è il numero di veicoli giornalieri, che, per le biciclette, è quello in precedenza indicato di circa 500 veicoli/giorno, che corrisponde indicativamente ad un valore medio annuo. Gli ulteriori dati conseguenti e necessari nell'analisi sono riassunti nella seguente tabella.

Scenario 1 - ciclista singolo					
N. veicoli giornalieri	500.0	n/g	Lunghezza veicoli	2	m
Velocità veicolo	15	km/h	Distanza visiva decisionale	20	m
Interdistanza veicoli	720	m	Lunghezza parete instabile	250-170	m
			Persone coinvolte per veicolo	1	/

Per ciò che concerne le probabilità di accadimento assunte, in riferimento all'albero degli eventi adottato nella metodologia, per lo scenario del ciclista singolo, va specificato quanto segue:

- La probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale è inferiore rispetto allo scenario con veicolo a motore per via principalmente delle più modeste velocità in gioco e di conseguenza del tempo di reazione del conducente. Il valore di tale probabilità è stato ridotto al 10%.
- La probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale si equivale in tutti gli scenari esaminati in quanto il suo valore è già estremamente basso ed una ulteriore riduzione non apporta variazioni sostanziali ai risultati finali.

Scenario 1 - gruppi da 4 ciclisti: anche in questo caso il dato di partenza è il numero di ciclisti giornalieri, ma a differenza dello scenario precedente tale parametro è stato suddiviso in gruppi di 4 persone. Questo scenario è da ritenersi realistico e risulta potenzialmente più gravoso del precedente per il maggior numero di utenti esposti.

Scenario 2 - gruppi di 4 ciclisti					
N. veicoli giornalieri	500.0	n/g	Lunghezza veicoli	8	m
N. gruppi ciclisti	75.0	n/g	Distanza visiva decisionale	20	m
Velocità veicolo	15	km/h	Lunghezza parete instabile	100	m
Interdistanza veicoli	2880	m	Persone coinvolte per veicolo	1.5	/

Relativamente alle probabilità assunte, rispetto al caso precedente va segnalato esclusivamente che la probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale equivale al valore di probabilità assunto nello scenario con veicoli a motore.

Scenario veicolo su strada intercomunale: non essendo disponibili dati relativi alla strada intercomunale in esame, il numero di veicoli giornalieri deriva da una stima ragionata rispetto a dati misurati² su strade regionali paragonabili (SR 15 – Brissogne 2355 veicoli/giorno e SR 35 – Gran Pollein 2339 veicoli/giorno).

Scenario 3 - veicoli a motore					
N. veicoli giornalieri	2000	n/g	Lunghezza veicoli	4	m
N. veicoli orari	83.3	n/h	Distanza visiva decisionale	60	m
Velocità veicolo	60	km/h	Lunghezza parete instabile	100	m
Interdistanza veicoli	720	m	Persone coinvolte per veicolo	2	/

3.3. Risultati dell'analisi di rischio

La valutazione del rischio comporta la formulazione di giudizi sul significato e sull'accettabilità del rischio stesso, occorre dunque definire dei valori soglia o dei criteri di accettazione in relazione allo scenario che si desidera indagare, come ad esempio relativamente al rischio per la salute, ambientale, economico o etico.

In letteratura tecnica sono disponibili numerosi esempi che spaziano dal rischio geologico a quello del comparto industriale o della sicurezza sul lavoro. Attraverso l'esame di alcuni riferimenti si intende inquadrare le principali problematiche connesse alla definizione del rischio accettabile per facilitare, nel processo decisionale, la scelta del livello di rischio ammissibile sulla rete viaria.

Il livello di riferimento per valutare l'alterazione delle condizioni di sicurezza è il rischio "naturale", cioè quello a cui ogni individuo è esposto per il solo fatto di vivere a contatto con il mondo naturale. Nella Norma UNI 11211-2 del luglio 2021, relativa alle Opere di difesa dalla caduta massi, Parte 2: programma preliminare di intervento, sono espresse delle

² Dati resi disponibili dall'Assessorato opere pubbliche - ufficio viabilità e relativi ai rilievi di censimento del traffico dell'anno 2009

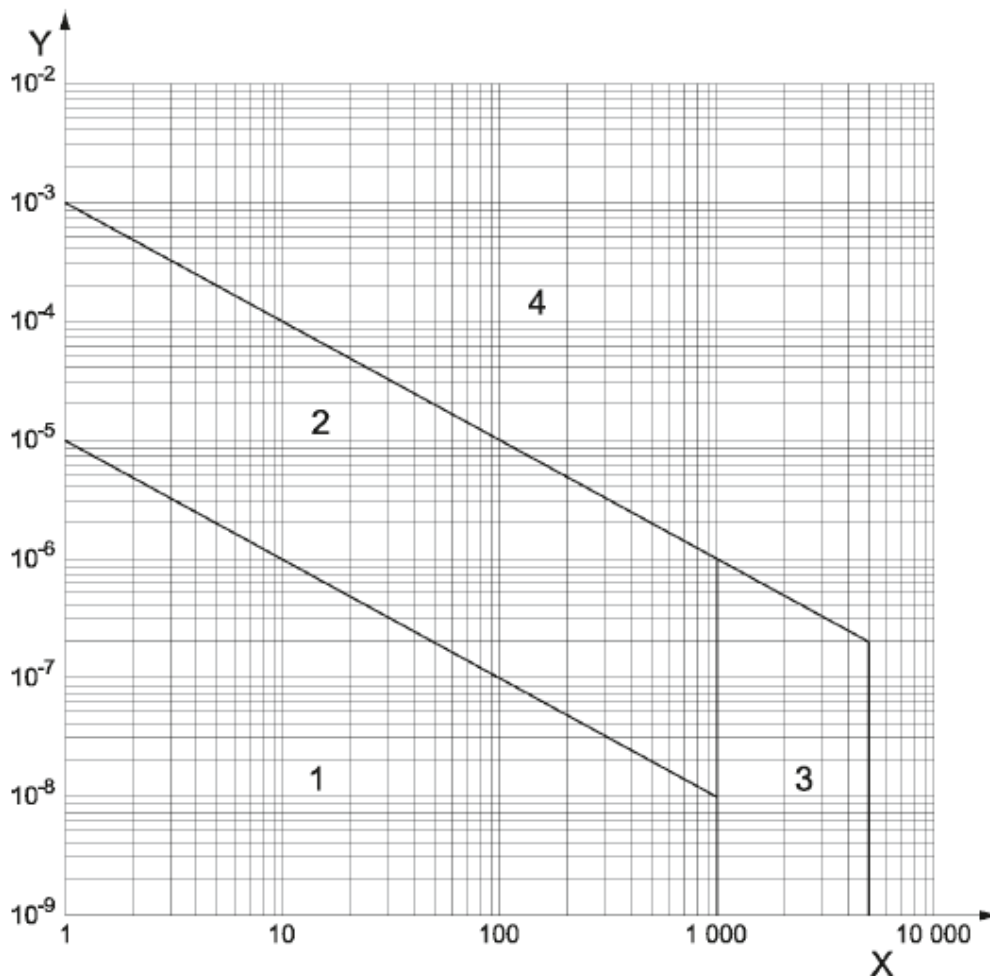
considerazioni in merito al rischio individuale accettabile: “Alcuni studi hanno dimostrato che l’opinione pubblica tollera livelli di rischio compresi tra 10^{-2} perdite di vite umane/anno e 10^{-4} perdite di vite umane/anno, quando è esposta volontariamente (per esempio nel caso di incidenti stradali, incidenti sul lavoro, ecc.). Quando, invece, è esposta a rischi involontari (per esempio incendi, calamità naturali, crolli di opere d’ingegneria, ecc.) tollera livelli di rischio molto più bassi, tra 10^{-5} perdite di vite umane/anno e 10^{-6} perdite di vite umane/anno”.

La Norma propone inoltre un specifico diagramma relativo alle soglie rischio in funzione delle perdite di vite umane:

figura 2 **Andamento delle soglie di rischio**

Legenda

- X Perdita di vite umane
- Y Perdite di vite umane su base annua
- 1 Rischio accettabile
- 2 Regione “ALARP”
- 3 Regione del rischio associato a eventi catastrofici
- 4 Rischio non accettabile



Che indica come valori di “rischio accettabile”, che ricadono nel campo 1, quelli compresi tra 10^{-5} e 10^{-8} morti l’anno, dove il sito non richiede interventi di protezione.

Le probabilità di accadimento di incidenti nei due tratti individuati sono state calcolate sulla base di quanto indicato da Peila e Guardini (2008), utilizzando il foglio di calcolo fornito dagli uffici regionali (vada tabulati in allegato). Nella tabella seguente sono riassunti i risultati ottenuti riferiti ai tre diversi scenari ipotizzati e distinti ciascuno secondo l’utilizzo di α max e α medio.

TRATTO 1	PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE	PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE (CON FERITI)	
Scenario 1 - ciclista singolo α max	1.39E-04	9.70E-04	
Scenario 1 - ciclista singolo α med	1.39E-05	9.72E-05	
Scenario 2 - gruppi di 4 ciclisti α max	3.61E-04	1.58E-03	
Scenario 2 - gruppi di 4 ciclisti α med	3.61E-05	1.58E-04	
Scenario 3 - autoveicolo α max	2.50E-04	2.79E-03	
Scenario 3 - autoveicolo α med	2.50E-05	2.80E-04	
TRATTO 2	PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE	PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE (CON FERITI)	
Scenario 1 - ciclista singolo α max	1.67E-04	1.16E-03	
Scenario 1 - ciclista singolo α med	9.46E-06	6.61E-05	
Scenario 2 - gruppi di 4 ciclisti α max	4.32E-04	1.89E-03	
Scenario 2 - gruppi di 4 ciclisti α med	2.46E-05	1.08E-04	
Scenario 3 - autoveicolo α max	2.99E-04	2.79E-03	
Scenario 3 - autoveicolo α med	1.70E-05	2.80E-04	

Notiamo che il rischio di incidenti in base ai parametri inseriti risulta analogo come ordine di grandezza per i tre scenari, **con un massimo relativo al caso del gruppo di 4 ciclisti. Risulta inoltre più a rischio il tratto due**, caratterizzato da una maggiore frequenza degli eventi, nonostante la tratta abbia lunghezza inferiore.

A titolo di confronto si riportano di seguito per il caso peggiore i risultati di uno studio condotto dal Politecnico di Torino³ relativi alla rete stradale regionale della Valle d’Aosta.

³ Definizione di valore di rischio medio per l’analisi di rischio da caduta massi per le strade delle regione Autonoma Valle d’Aosta – Relazione conclusiva – 2015. Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell’Ambiente e delle Infrastrutture – Politecnico di Torino

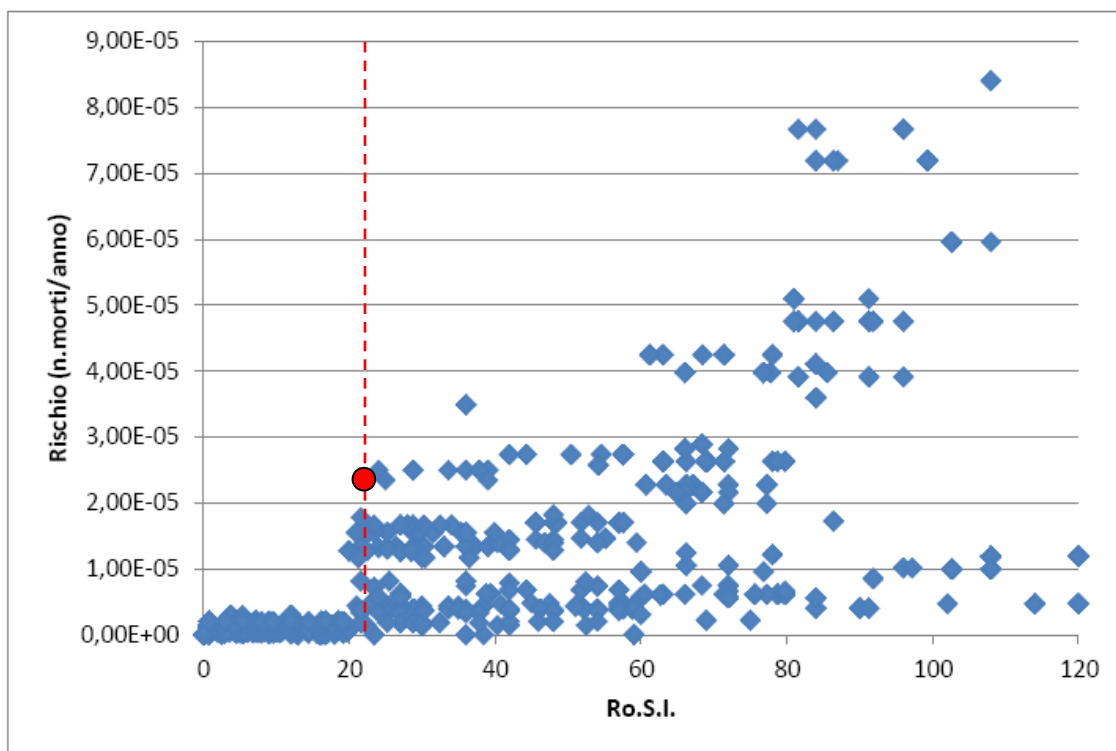


Figura 5. Rischio calcolato con il valore di α_{medio} per tratti di 100m in funzione di Ro.S.I. per le strade regionali valdostane. Il cerchio rosso indica il rischio calcolato relativo allo scenario 2

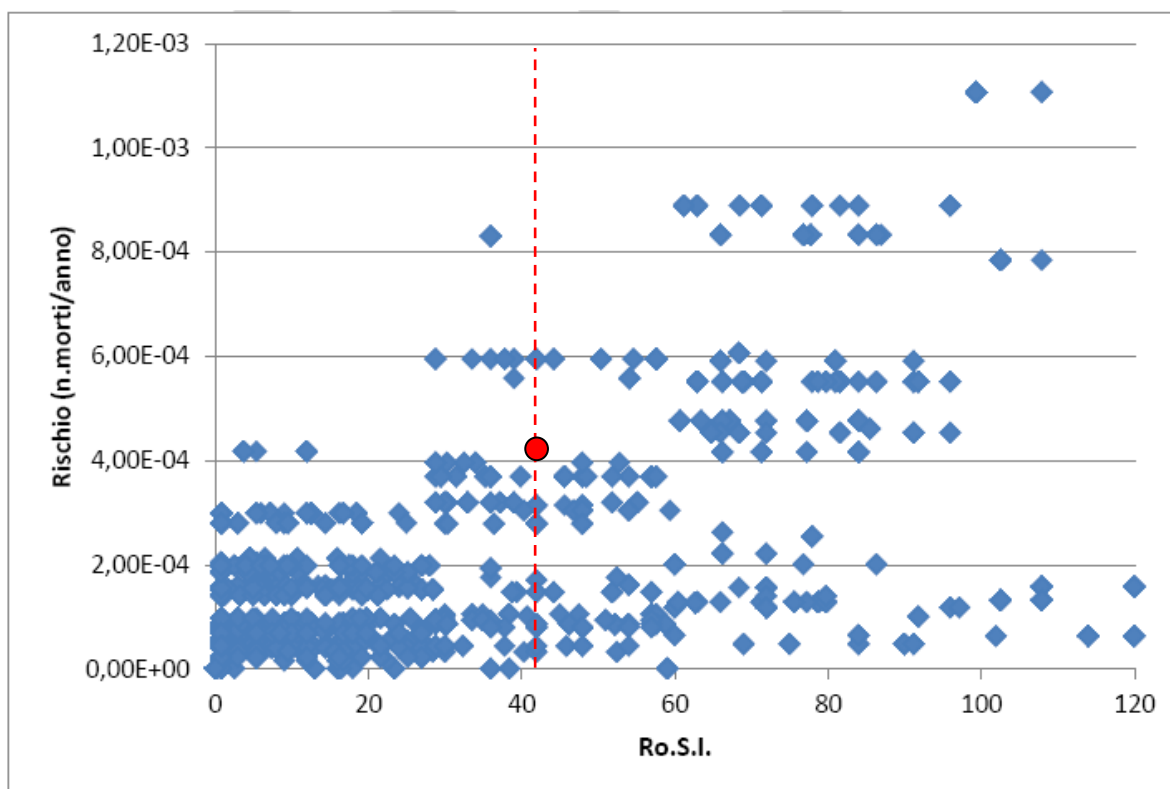


Figura 6. Rischio calcolato con il valore di α_{max} per tratti di 100m in funzione di Ro.S.I. per le strade regionali valdostane. Il cerchio rosso indica il rischio calcolato relativo allo scenario 2

Il confronto evidenzia lo scenario più cautelativo (gruppo di 4 ciclisti) ricade nella media delle strade regionali, **con valori di probabilità di accadimento di incidente superiore però alla soglia di rischio naturale in precedenza indicata** (10^{-6} morti/anno), **per cui risulta necessario intervenire con opere di mitigazione dello stesso per riportarlo al di sotto di tale soglia.**

L'intervento di protezione proposto nel progetto di realizzazione della pista ciclabile, che prevede la posa di nuove barriere paramassi al piede del pendio e la posa di reti corticali per stabilizzare le scarpate direttamente incombenti sulla strada, **consente una sostanziale riduzione del rischio.** Il dimensionamento delle stesse è stato effettuato in base alla Norma UNI 11211, che prevede di considerare i valori al frattile 95% delle velocità di impatto e delle altezze di rimbalzo calcolate con le analisi traiettografiche (vedi relazione geologica). Notiamo che le barriere previste (energia trattenuta al MEL 416,7 kJ) risultano ampiamente dimensionate rispetto alle energie calcolate (al massimo 280 kJ), per cui sono in grado di trattenere per questo parametro in sostanza il 100% degli impatti. Rispetto alle traiettorie di rimbalzo, anche nel caso peggiore (profilo 4) è stato verificato che soltanto un teorico 2% delle traiettorie supera la barriera, considerando anche i coefficienti di sicurezza previsti dalla norma. Applicando questi parametri di riduzione, **la probabilità di accadimento di incidente mortale legato a caduta massi in precedenza calcolata si riduce a valori al di sotto della soglia di accettabilità prima indicata** (10^{-6} morti/anno), **passando nel caso peggiore da 4.32E-04 a 8.65E-06.**

Aosta, 15/04/2022



ALLEGATO TABULATI DI CALCOLO

TRATTO 1 - Scenario 1 - ciclista singolo α max

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	500
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	2.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	15
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	20
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	250
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	720
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	20
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.00
intensità kilomtrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.100000

PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.400
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012

PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO SUPERAMENTO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50

PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20

CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH $PSH = Lv/Lp$			8.000E-03
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS $PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$			7.997E-04
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS $PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$			1.903E-06
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA $PA = PTS * PS * Nv$			7.607E-07
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1 $P1 = PA * 365$			2.777E-04
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p $P1p = 1 - P1$			9.997223E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2 $P2 = (Cp * Ma)$			4.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p $P2p = 1 - P2$			6.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3 $P3 = Mf$			5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p $P3p = 1 - P3$			5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H) $P4SH = (Ldvd * / 2) / Lp$			4.000E-02
$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$			3.992E-03
$P4TS = (Lp/1000/Vv) / 8760$			1.903E-06
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4 $P4 = P4TS * P4S * Nv * 365$			1.386E-03
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p $P4p = 1 - P4$			9.986E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5 $P5 = Mb$			4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p $P5p = 1 - P5$			9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			

P6	$P6 = Mt$	2.000E-01
probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato		
P6p	$P6p = 1 - P6$	8.000E-01
probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente		
P7	$P7 = P4$	1.386E-03
probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente		
P7p	$P7p = 1 - P7$	9.986E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale		
P8	$P8 = Md$	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale		
P8p	$P8p = 1 - P8$	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE		
$P1IM = P1 * P2$		1.1107E-04
$P3IM = P1p * P3 * P4 * P5$		2.7715E-05
$P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8$		1.6629E-07
RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI		
$PIM = P1IM + P3IM + P6IM$		1.3895E-04
PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE		
$P2INM = P1 * P2p$		1.6660E-04
$P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p$		6.6515E-04
$P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p$		1.3841E-04
RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI		
$PINM = P2INM + P4INM + P7INM$		9.7016E-04
PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE		
RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE		
$P5NI = P1p * P3 * P4p$		4.9917E-01
$P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p$		9.9834E-02
$P9NI = P1p * P3p * P6p$		3.9989E-01
$PNI = P5NI + P8NI + P9NI$		9.9889E-01

Tratto 1 - Scenario 1 - ciclista singolo α medio

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	500
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	2.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	15
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	20
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	250
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	720
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	20
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.00
intensità kilomtrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.010000
PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.400
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012
PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO SUPERAMENTO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50
PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20
CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH	$PSH = Lv/Lp$		8.000E-03
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS	$PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$		8.000E-05
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS	$PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$		1.903E-06
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA	$PA = PTS * PS * Nv$		7.610E-08
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1	$P1 = PA * 365$		2.778E-05
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p	$P1p = 1 - P1$		9.999722E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2	$P2 = (Cp * Ma)$		4.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p	$P2p = 1 - P2$		6.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3	$P3 = Mf$		5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p	$P3p = 1 - P3$		5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H)	$P4SH = (Ldvd* / 2) / Lp$		4.000E-02
	$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$		3.999E-04
	$P4TS=(Lp/1000/Vv) / 8760$		1.903E-06
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4	$P4 = P4TS * P4S * Nv * 365$		1.389E-04
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p	$P4p = 1 - P4$		9.999E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5	$P5 = Mb$		4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p	$P5p = 1 - P5$		9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			
P6	$P6 = Mt$		2.000E-01
probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato			
P6p	$P6p = 1 - P6$		8.000E-01

probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente	P7 P7 = P4	1.389E-04
probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente	P7p P7p = 1 - P7	9.999E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale	P8 P8 = Md	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale	P8p P8p = 1 - P8	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE

P1IM = P1 * P2	1.1111E-05
P3IM = P1p * P3 * P4 * P5	2.7771E-06
P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8	1.6663E-08
RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI	
PIM = P1IM + P3IM + P6IM	1.3904E-05

PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE

P2INM = P1 * P2p	1.6666E-05
P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p	6.6651E-05
P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p	1.3869E-05
RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI	
PINM = P2INM + P4INM + P7INM	9.7187E-05

PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE

RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE	
P5NI = P1p * P3 * P4p	4.9992E-01
P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p	9.9983E-02
P9NI = P1p * P3p * P6p	3.9999E-01
PNI = P5NI+P8NI+P9NI	9.9989E-01

TRATTO 1 - Scenario 2 - gruppi di 4 ciclisti α max

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	500
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	8.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	15
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	20
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	250
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	2880
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	20
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.50
intensità chilometrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.100000

PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.200
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012

PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO SUPERAMENTO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50

PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20

CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH $PSH = Lv/Lp$			3.200E-02
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS $PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$			3.195E-03
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS $PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$			1.903E-06
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA $PA = PTS * PS * Nv$			3.039E-06
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1 $P1 = PA * 365$			1.109E-03
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p $P1p = 1 - P1$			9.988907E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2 $P2 = (Cp * Ma)$			3.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p $P2p = 1 - P2$			7.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3 $P3 = Mf$			5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p $P3p = 1 - P3$			5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H) $P4SH = (Ldvd * / 2) / Lp$			4.000E-02
$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$			3.992E-03
$P4TS = (Lp/1000/Vv) / 8760$			1.903E-06
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4 $P4 = P4TS * P4S * Nv * 365$			1.386E-03
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p $P4p = 1 - P4$			9.986E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5 $P5 = Mb$			4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p $P5p = 1 - P5$			9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			

P6	$P6 = Mt$	2.000E-01
probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato		
P6p	$P6p = 1 - P6$	8.000E-01
probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente		
P7	$P7 = P4$	1.386E-03
probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente		
P7p	$P7p = 1 - P7$	9.986E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale		
P8	$P8 = Md$	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale		
P8p	$P8p = 1 - P8$	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE

$P1IM = P1 * P2$	3.3280E-04
$P3IM = P1p * P3 * P4 * P5$	2.7692E-05
$P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8$	1.6615E-07

RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI

$PIM = P1IM + P3IM + P6IM$	3.6066E-04
----------------------------	-------------------

PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE

$P2INM = P1 * P2p$	7.7653E-04
$P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p$	6.6460E-04
$P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p$	1.3829E-04

RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI

$PINM = P2INM + P4INM + P7INM$	1.5794E-03
--------------------------------	-------------------

PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE

RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE

$P5NI = P1p * P3 * P4p$	4.9875E-01
$P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p$	9.9751E-02
$P9NI = P1p * P3p * P6p$	3.9956E-01
$PNI = P5NI + P8NI + P9NI$	9.9806E-01

Tratto 1 - SCENARIO 2 - gruppi di 4 ciclisti α medio

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	500
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	8.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	15
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	20
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	250
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	2880
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	20
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.50
intensità kilomtrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.010000

PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.200
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012

PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO SUPERAMENTO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50

PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20

CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH	$PSH = Lv/Lp$		3.200E-02
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS	$PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$		3.199E-04
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS	$PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$		1.903E-06
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA	$PA = PTS * PS * Nv$		3.044E-07
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1	$P1 = PA * 365$		1.111E-04
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p	$P1p = 1 - P1$		9.998889E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2	$P2 = (Cp * Ma)$		3.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p	$P2p = 1 - P2$		7.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3	$P3 = Mf$		5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p	$P3p = 1 - P3$		5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H)	$P4SH = (Ldvd* / 2) / Lp$		4.000E-02
	$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$		3.999E-04
	$P4TS=(Lp/1000/Vv) / 8760$		1.903E-06
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4	$P4= P4TS * P4S * Nv * 365$		1.389E-04
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p	$P4p = 1 - P4$		9.999E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5	$P5 = Mb$		4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p	$P5p = 1 - P5$		9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			
P6	$P6 = Mt$		2.000E-01

probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato	P6p $P6p = 1 - P6$	8.000E-01
probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente	P7 $P7 = P4$	1.389E-04
probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente	P7p $P7p = 1 - P7$	9.999E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale	P8 $P8 = Md$	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale	P8p $P8p = 1 - P8$	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE

$P1IM = P1 * P2$	3.3328E-05
$P3IM = P1p * P3 * P4 * P5$	2.7769E-06
$P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8$	1.6661E-08

RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI

$PIM = P1IM + P3IM + P6IM$	3.6122E-05
----------------------------	-------------------

PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE

$P2INM = P1 * P2p$	7.7765E-05
$P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p$	6.6646E-05
$P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p$	1.3868E-05

RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI

$PINM = P2INM + P4INM + P7INM$	1.5828E-04
--------------------------------	-------------------

PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE

RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE

$P5NI = P1p * P3 * P4p$	4.9988E-01
$P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p$	9.9975E-02
$P9NI = P1p * P3p * P6p$	3.9996E-01
$PNI = P5NI + P8NI + P9NI$	9.9981E-01

Tratto 1 - Scenario 3 - veicoli a motore α max

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	2000
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	4.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	60
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	60
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	250
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	720
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	60
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.50
intensità kilomtrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.100000

PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.200
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012

PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50

PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20

CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH	$PSH = Lv/Lp$		1.600E-02
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS	$PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$		1.599E-03
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS	$PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$		4.756E-07
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA	$PA = PTS * PS * Nv$		1.521E-06
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1	$P1 = PA * 365$		5.551E-04
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p	$P1p = 1 - P1$		9.994449E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2	$P2 = (Cp * Ma)$		3.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p	$P2p = 1 - P2$		7.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3	$P3 = Mf$		5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p	$P3p = 1 - P3$		5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H)	$P4SH = (Ldvd* / 2) / Lp$		1.200E-01
	$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$		1.193E-02
	$P4TS=(Lp/1000/Vv) / 8760$		4.756E-07
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4	$P4= P4TS * P4S * Nv * 365$		4.142E-03
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p	$P4p = 1 - P4$		9.959E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5	$P5 = Mb$		4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p	$P5p = 1 - P5$		9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			
P6	$P6 = Mt$		2.000E-01
probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato			
P6p	$P6p = 1 - P6$		8.000E-01
probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente			
P7	$P7 = P4$		4.142E-03

probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente		
P7p	$P7p = 1 - P7$	9.959E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale		
P8	$P8 = Md$	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale		
P8p	$P8p = 1 - P8$	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE		
$P1IM = P1 * P2$		1.6653E-04
$P3IM = P1p * P3 * P4 * P5$		8.2789E-05
$P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8$		4.9674E-07
RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI		
$PIM = P1IM + P3IM + P6IM$		2.4982E-04
PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE		
$P2INM = P1 * P2p$		3.8858E-04
$P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p$		1.9869E-03
$P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p$		4.1345E-04
RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI		
$PINM = P2INM + P4INM + P7INM$		2.7890E-03
PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE		
RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE		
$P5NI = P1p * P3 * P4p$		4.9765E-01
$P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p$		9.9531E-02
$P9NI = P1p * P3p * P6p$		3.9978E-01
$PNI = P5NI + P8NI + P9NI$		9.9696E-01

Tratto 1 - Scenario 3 - veicoli a motore α med

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	2000
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	4.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	60
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	60
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	250
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	720
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	60
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.50
intensità kilomtrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.010000

PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.200
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012

PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50

PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20

CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH	$PSH = Lv/Lp$		1.600E-02
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS	$PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$		1.600E-04
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS	$PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$		4.756E-07
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA	$PA = PTS * PS * Nv$		1.522E-07
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1	$P1 = PA * 365$		5.555E-05
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p	$P1p = 1 - P1$		9.999444E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2	$P2 = (Cp * Ma)$		3.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p	$P2p = 1 - P2$		7.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3	$P3 = Mf$		5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p	$P3p = 1 - P3$		5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H)	$P4SH = (Ldvd* / 2) / Lp$		1.200E-01
	$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$		1.199E-03
	$P4TS=(Lp/1000/Vv) / 8760$		4.756E-07
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4	$P4= P4TS * P4S * Nv * 365$		4.164E-04
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p	$P4p = 1 - P4$		9.996E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5	$P5 = Mb$		4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p	$P5p = 1 - P5$		9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			
P6	$P6 = Mt$		2.000E-01
probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato			
P6p	$P6p = 1 - P6$		8.000E-01
probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente			
P7	$P7 = P4$		4.164E-04

probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente		
P7p	$P7p = 1 - P7$	9.996E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale		
P8	$P8 = Md$	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale		
P8p	$P8p = 1 - P8$	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE		
$P1IM = P1 * P2$		1.6665E-05
$P3IM = P1p * P3 * P4 * P5$		8.3279E-06
$P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8$		4.9967E-08
RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI		
$PIM = P1IM + P3IM + P6IM$		2.5043E-05
PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE		
$P2INM = P1 * P2p$		3.8886E-05
$P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p$		1.9987E-04
$P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p$		4.1589E-05
RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI		
$PINM = P2INM + P4INM + P7INM$		2.8034E-04
PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE		
RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE		
$P5NI = P1p * P3 * P4p$		4.9976E-01
$P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p$		9.9953E-02
$P9NI = P1p * P3p * P6p$		3.9998E-01
$PNI = P5NI + P8NI + P9NI$		9.9969E-01

TRATTO 2 - Scenario 1 - ciclista singolo α max

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	500
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	2.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	15
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	20
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	170
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	720
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	20
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.00
intensità kilomtrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.120000

PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.400
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012

PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO SUPERAMENTO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50

PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20

CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH $PSH = Lv/Lp$			1.176E-02
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS $PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$			1.411E-03
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS $PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$			1.294E-06
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA $PA = PTS * PS * Nv$			9.126E-07
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1 $P1 = PA * 365$			3.331E-04
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p $P1p = 1 - P1$			9.996669E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2 $P2 = (Cp * Ma)$			4.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p $P2p = 1 - P2$			6.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3 $P3 = Mf$			5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p $P3p = 1 - P3$			5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H) $P4SH = (Ldvd * / 2) / Lp$			5.882E-02
$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$			7.034E-03
$P4TS = (Lp/1000/Vv) / 8760$			1.294E-06
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4 $P4 = P4TS * P4S * Nv * 365$			1.661E-03
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p $P4p = 1 - P4$			9.983E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5 $P5 = Mb$			4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p $P5p = 1 - P5$			9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			

P6	$P6 = Mt$	2.000E-01
probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato		
P6p	$P6p = 1 - P6$	8.000E-01
probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente		
P7	$P7 = P4$	1.661E-03
probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente		
P7p	$P7p = 1 - P7$	9.983E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale		
P8	$P8 = Md$	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale		
P8p	$P8p = 1 - P8$	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE

$P1IM = P1 * P2$	1.3324E-04
$P3IM = P1p * P3 * P4 * P5$	3.3205E-05
$P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8$	1.9923E-07

RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI

$PIM = P1IM + P3IM + P6IM$	1.6664E-04
----------------------------	-------------------

PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE

$P2INM = P1 * P2p$	1.9986E-04
$P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p$	7.9692E-04
$P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p$	1.6583E-04

RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI

$PINM = P2INM + P4INM + P7INM$	1.1626E-03
--------------------------------	-------------------

PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE

RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE

$P5NI = P1p * P3 * P4p$	4.9900E-01
$P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p$	9.9801E-02
$P9NI = P1p * P3p * P6p$	3.9987E-01
$PNI = P5NI + P8NI + P9NI$	9.9867E-01

Tratto 2 - Scenario 1 - ciclista singolo α medio

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	500
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	2.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	15
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	20
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	170
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	720
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	20
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.00
intensità kilomtrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.006800
PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.400
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012
PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO SUPERAMENTO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50
PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20
CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH $PSH = Lv/Lp$			1.176E-02
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS $PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$			8.000E-05
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS $PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$			1.294E-06
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA $PA = PTS * PS * Nv$			5.175E-08
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1 $P1 = PA * 365$			1.889E-05
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p $P1p = 1 - P1$			9.999811E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2 $P2 = (Cp * Ma)$			4.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p $P2p = 1 - P2$			6.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3 $P3 = Mf$			5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p $P3p = 1 - P3$			5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H) $P4SH = (Ldvd* / 2) / Lp$			5.882E-02
$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$			3.999E-04
$P4TS=(Lp/1000/Vv) / 8760$			1.294E-06
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4 $P4= P4TS * P4S * Nv * 365$			9.443E-05
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p $P4p = 1 - P4$			9.999E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5 $P5 = Mb$			4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p $P5p = 1 - P5$			9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			
P6 $P6 = Mt$			2.000E-01
probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato			
P6p $P6p = 1 - P6$			8.000E-01

probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente	P7 P7 = P4	9.443E-05
probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente	P7p P7p = 1 - P7	9.999E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale	P8 P8 = Md	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale	P8p P8p = 1 - P8	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE

P1IM = P1 * P2	7.5553E-06
P3IM = P1p * P3 * P4 * P5	1.8885E-06
P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8	1.1331E-08
RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI	
PIM = P1IM + P3IM + P6IM	9.4551E-06

PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE

P2INM = P1 * P2p	1.1333E-05
P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p	4.5323E-05
P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p	9.4310E-06
RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI	
PINM = P2INM + P4INM + P7INM	6.6087E-05

PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE

RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE	
P5NI = P1p * P3 * P4p	4.9994E-01
P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p	9.9989E-02
P9NI = P1p * P3p * P6p	3.9999E-01
PNI = P5NI+P8NI+P9NI	9.9992E-01

TRATTO 2 - Scenario 2 - gruppi di 4 ciclisti α max

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	500
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	8.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	15
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	20
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	170
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	2880
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	20
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.50
intensità kilomtrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.120000

PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.200
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012

PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO SUPERAMENTO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50

PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20

CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH $PSH = Lv/Lp$			4.706E-02
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS $PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$			5.631E-03
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS $PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$			1.294E-06
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA $PA = PTS * PS * Nv$			3.643E-06
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1 $P1 = PA * 365$			1.330E-03
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p $P1p = 1 - P1$			9.986704E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2 $P2 = (Cp * Ma)$			3.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p $P2p = 1 - P2$			7.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3 $P3 = Mf$			5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p $P3p = 1 - P3$			5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H) $P4SH = (Ldvd * / 2) / Lp$			5.882E-02
$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$			7.034E-03
$P4TS = (Lp/1000/Vv) / 8760$			1.294E-06
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4 $P4 = P4TS * P4S * Nv * 365$			1.661E-03
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p $P4p = 1 - P4$			9.983E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5 $P5 = Mb$			4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p $P5p = 1 - P5$			9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			

P6	$P6 = Mt$	2.000E-01
probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato		
P6p	$P6p = 1 - P6$	8.000E-01
probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente		
P7	$P7 = P4$	1.661E-03
probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente		
P7p	$P7p = 1 - P7$	9.983E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale		
P8	$P8 = Md$	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale		
P8p	$P8p = 1 - P8$	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE

$P1IM = P1 * P2$	3.9887E-04
$P3IM = P1p * P3 * P4 * P5$	3.3172E-05
$P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8$	1.9903E-07

RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI

$PIM = P1IM + P3IM + P6IM$	4.3224E-04
----------------------------	-------------------

PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE

$P2INM = P1 * P2p$	9.3070E-04
$P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p$	7.9612E-04
$P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p$	1.6566E-04

RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI

$PINM = P2INM + P4INM + P7INM$	1.8925E-03
--------------------------------	-------------------

PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE

RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE

$P5NI = P1p * P3 * P4p$	4.9851E-01
$P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p$	9.9701E-02
$P9NI = P1p * P3p * P6p$	3.9947E-01
$PNI = P5NI + P8NI + P9NI$	9.9768E-01

Tratto 2 - SCENARIO 2 - gruppi di 4 ciclisti α medio

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	500
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	8.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	15
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	20
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	170
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	2880
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	20
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.50
intensità kilomtrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.006800

PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.200
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012

PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO SUPERAMENTO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50

PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20

CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH	$PSH = Lv/Lp$		4.706E-02
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS	$PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$		3.199E-04
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS	$PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$		1.294E-06
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA	$PA = PTS * PS * Nv$		2.070E-07
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1	$P1 = PA * 365$		7.554E-05
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p	$P1p = 1 - P1$		9.999245E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2	$P2 = (Cp * Ma)$		3.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p	$P2p = 1 - P2$		7.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3	$P3 = Mf$		5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p	$P3p = 1 - P3$		5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H)	$P4SH = (Ldvd* / 2) / Lp$		5.882E-02
	$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$		3.999E-04
	$P4TS=(Lp/1000/Vv) / 8760$		1.294E-06
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4	$P4= P4TS * P4S * Nv * 365$		9.443E-05
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p	$P4p = 1 - P4$		9.999E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5	$P5 = Mb$		4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p	$P5p = 1 - P5$		9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			
P6	$P6 = Mt$		2.000E-01

probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato	P6p $P6p = 1 - P6$	8.000E-01
probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente	P7 $P7 = P4$	9.443E-05
probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente	P7p $P7p = 1 - P7$	9.999E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale	P8 $P8 = Md$	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale	P8p $P8p = 1 - P8$	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE

$P1IM = P1 * P2$	2.2663E-05
$P3IM = P1p * P3 * P4 * P5$	1.8884E-06
$P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8$	1.1330E-08

RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI

$PIM = P1IM + P3IM + P6IM$	2.4563E-05
----------------------------	-------------------

PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE

$P2INM = P1 * P2p$	5.2880E-05
$P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p$	4.5321E-05
$P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p$	9.4305E-06

RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI

$PINM = P2INM + P4INM + P7INM$	1.0763E-04
--------------------------------	-------------------

PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE

RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE

$P5NI = P1p * P3 * P4p$	4.9992E-01
$P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p$	9.9983E-02
$P9NI = P1p * P3p * P6p$	3.9997E-01
$PNI = P5NI + P8NI + P9NI$	9.9987E-01

Tratto 2 - Scenario 3 - veicoli a motore α max

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	2000
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	4.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	60
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	60
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	170
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	720
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	60
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.50
intensità kilomtrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.120000

PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.200
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012

PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50

PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20

CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH	$PSH = Lv/Lp$		2.353E-02
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS	$PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$		2.820E-03
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS	$PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$		3.234E-07
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA	$PA = PTS * PS * Nv$		1.824E-06
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1	$P1 = PA * 365$		6.657E-04
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p	$P1p = 1 - P1$		9.993343E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2	$P2 = (Cp * Ma)$		3.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p	$P2p = 1 - P2$		7.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3	$P3 = Mf$		5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p	$P3p = 1 - P3$		5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H)	$P4SH = (Ldvd* / 2) / Lp$		1.765E-01
	$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$		2.095E-02
	$P4TS=(Lp/1000/Vv) / 8760$		3.234E-07
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4	$P4= P4TS * P4S * Nv * 365$		4.947E-03
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p	$P4p = 1 - P4$		9.951E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5	$P5 = Mb$		4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p	$P5p = 1 - P5$		9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			
P6	$P6 = Mt$		2.000E-01
probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato			
P6p	$P6p = 1 - P6$		8.000E-01
probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente			
P7	$P7 = P4$		4.947E-03

probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente		
P7p	$P7p = 1 - P7$	9.951E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale		
P8	$P8 = Md$	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale		
P8p	$P8p = 1 - P8$	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE		
$P1IM = P1 * P2$		1.9972E-04
$P3IM = P1p * P3 * P4 * P5$		9.8883E-05
$P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8$		5.9330E-07
RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI		
$PIM = P1IM + P3IM + P6IM$		2.9919E-04
PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE		
$P2INM = P1 * P2p$		4.6601E-04
$P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p$		2.3732E-03
$P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p$		4.9382E-04
RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI		
$PINM = P2INM + P4INM + P7INM$		3.3330E-03
PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE		
RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE		
$P5NI = P1p * P3 * P4p$		4.9720E-01
$P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p$		9.9439E-02
$P9NI = P1p * P3p * P6p$		3.9973E-01
$PNI = P5NI + P8NI + P9NI$		9.9637E-01

Tratto 2 - Scenario 3 - veicoli a motore α med

DATI DI INGRESSO			
Numero veicoli	[veicoli/giorno]	Nv	2000
Lunghezza veicoli	[m]	Lv	4.00
Velocità veicoli	[km/h]	Vv	60
Distanza visiva decisionale (massimo 100m)	[m]	Ldvd	60
Lunghezza parete instabile (minimo 50m)	[m]	Lp	170
Distanza media tra 2 veicoli	[m]	Ltv	720
Distanza visiva decisionale (min tra Ldvd, Ltv)	[m]	Ldvd*	60
Persone coinvolte per veicolo (coef. passeggeri)	[/]	Cp	1.50
intensità kilomtrica	[n° eventi/anno]	Nr	0.006800

PROBABILITA' ASSUNTE			
Probabilità che la collisione tra il masso in caduta e il veicolo dia un incidente mortale		Ma	0.200
Probabilità che la collisione tra il masso fermo in carreggiata e il veicolo dia un incidente mortale		Mb	0.040
Probabilità che l'incidente causato dal manto stradale dissestato sia mortale		Md	0.0012

PROBABILITA' DI ARRESTO SULLA STRADA O DI IMPATTO SULLA STRADA E SUCCESSIVO			
Probabilità che il masso si fermi sulla carreggiata		Mf	0.50

PROBABILITA' DI DANNEGGIAMENTO DEL MANTO STRADALE			
Probabilità che il masso che transita sulla carreggiata danneggi il manto stradale in modo significativo		Mt	0.20

CALCOLO - Peila & Guardini (2008)			
percentuale di strada occupata dal singolo veicolo			
PSH	$PSH = Lv/Lp$		2.353E-02
probabilità PS che uno o più veicoli vengano colpiti			
PS	$PS = 1 - e^{(-Nr*PSH)}$		1.600E-04
probabilità PTS che un veicolo si trovi nel tratto di strada a rischio			
PTS	$PTS = ((Lp/1000) (1/Vv)) / 8760$		3.234E-07
probabilità PAV di impatto (al giorno)			
PA	$PA = PTS * PS * Nv$		1.035E-07
probabilità P1 di impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1	$P1 = PA * 365$		3.777E-05
probabilità P1p di NON impatto col veicolo nel corso dell'anno			
P1p	$P1p = 1 - P1$		9.999622E-01
probabilità P2 che l'impatto col veicolo provochi un incidente mortale			
P2	$P2 = (Cp * Ma)$		3.000E-01
probabilità P2p che l'impatto col veicolo NON provochi un incidente mortale			
P2p	$P2p = 1 - P2$		7.000E-01
probabilità P3 che il masso si fermi sulla carreggiata			
P3	$P3 = Mf$		5.000E-01
probabilità P3p che il masso non si fermi sulla carreggiata			
P3p	$P3p = 1 - P3$		5.000E-01
probabilità P4SH di impatto tra il veicolo ed il masso fermo sulla carreggiata			
P4(S:H)	$P4SH = (Ldvd* / 2) / Lp$		1.765E-01
	$PS = 1 - e^{(-Nr*P4SH)}$		1.199E-03
	$P4TS=(Lp/1000/Vv) / 8760$		3.234E-07
probabilità P4 che un veicolo urti il masso in carreggiata nell'anno			
P4	$P4= P4TS * P4S * Nv * 365$		2.832E-04
probabilità P4p che il veicolo NON urti il masso sulla carreggiata			
P4p	$P4p = 1 - P4$		9.997E-01
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata sia mortale			
P5	$P5 = Mb$		4.000E-02
probabilità P5 che l'incidente dovuto alla presenza del masso in carreggiata non sia mortale			
P5p	$P5p = 1 - P5$		9.600E-01
probabilità P6 che si danneggi il manto stradale			
P6	$P6 = Mt$		2.000E-01
probabilità P6p che il manto stradale NON venga danneggiato			
P6p	$P6p = 1 - P6$		8.000E-01
probabilità P7 che il manto dissestato provochi un incidente			
P7	$P7 = P4$		2.832E-04

probabilità P7p che il manto dissestato NON provochi un incidente		
P7p	$P7p = 1 - P7$	9.997E-01
probabilità P8 che l'incidente dovuto al manto dissestato sia mortale		
P8	$P8 = Md$	1.200E-03
probabilità P8p che l'incidente dovuto al manto dissestato NON sia mortale		
P8p	$P8p = 1 - P8$	9.988E-01

PROBABILITA' DI INCIDENTE MORTALE		
$P1IM = P1 * P2$		1.1332E-05
$P3IM = P1p * P3 * P4 * P5$		5.6631E-06
$P6IM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8$		3.3978E-08
RISULTATO FINALE INCIDENTI MORTALI		
$PIM = P1IM + P3IM + P6IM$		1.7029E-05
PROBABILITA' DI INCIDENTE NON MORTALE		
$P2INM = P1 * P2p$		2.6442E-05
$P4INM = P1p * P3 * P4 * P5p$		1.3591E-04
$P7INM = P1p * P3p * P6 * P7 * P8p$		2.8281E-05
RISULTATO FINALE INCIDENTI CON FERITI		
$PINM = P2INM + P4INM + P7INM$		1.9064E-04
PROBABILITA' DI NESSUN INCIDENTE		
RISULTATO FINALE NESSUN INCIDENTE		
$P5NI = P1p * P3 * P4p$		4.9984E-01
$P8NI = P1p * P3p * P6 * P7p$		9.9968E-02
$P9NI = P1p * P3p * P6p$		3.9998E-01
$PNI = P5NI + P8NI + P9NI$		9.9979E-01