



**Politecnico
di Torino**



**PIANO INTEGRATO TEMATICO (PITEM) “RISK - RESILIENZA, INFORMAZIONE,
SENSIBILIZZAZIONE E COMUNICAZIONE AI CITTADINI”. PROGETTO RISK-ACT**

SCHEDA DESCRITTIVA BARRIERA PARAMASSI E RELATIVO STATO DI CONSERVAZIONE. METODOLOGIA

(In sostituzione del prodotto della ricerca 2.1 dell'accordo tra Regione Autonoma Valle d'Aosta e Politecnico di Torino di cui al PD n.7355 del 14/12/2020).

ING. MADDALENA MARCHELLI, PHD

ING. STEFANO VIGNA

PROF. DANIELE PEILA (RESP. SCIENTIFICO)

30 Giugno 2022



r!SK





**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture



Rockfall
Protection
Engineering
LABORATORY



Sommario

1	PREMESSA	5
2	VALUTAZIONE DELLO STATO DI EFFICIENZA.....	5
2.1	CLASSI DI IMPORTANZA	8
3	BIBLIOGRAFIA	12



**Politecnico
di Torino**

Dipartimento di Ingegneria
dell'Ambiente, del Territorio
e delle Infrastrutture



Rockfall
Protection
Engineering
LABORATORY



1 PREMESSA

Il presente documento riporta la metodologia di analisi dello stato di efficienza ed efficacia delle barriere paramassi. Il documento “SOPRALLUOGHI E ISPEZIONI SULLE BARRIERE PARAMASSI SULLA SR45 E SR46. RISULTATI” riporta le risultanze delle ispezioni.

2 VALUTAZIONE DELLO STATO DI EFFICIENZA

La metodologia di valutazione dello stato di efficienza si basa su due aspetti fondamentali:

1. la valutazione dello stato di danno (da rilievo in sito dell'operatore)
2. la valutazione dell'importanza che i diversi potenziali danneggiamenti sui vari componenti di un'opera di protezione hanno sull'integrità dell'opera, ovvero come influiscono sulla funzionalità dell'opera stessa¹.

A partire da questi dati, è possibile fornire una stima dello **stato di efficienza** dell'opera.

Partendo dall'ipotesi di iniziale efficacia ed efficienza del sistema, lo stato di efficienza può decrementare l'efficienza dell'opera fino a renderla non solo inefficiente ma anche inefficace, ossia a perdere la sua funzionalità.

Le ipotesi di partenza sono pertanto quelle di iniziale completa efficacia, ossia:

- corretta progettazione: sia come scelta progettuale di tipo opera di mitigazione del rischio, sia nella sua progettazione strutturale e nel suo posizionamento,
- corretta installazione,

e di efficienza.

Il metodo si basa sulla valutazione dello stato di danno associato ***d*** agli ***n*** potenziali danneggiamento di ciascun componente (raggruppati per “componenti principali”) di ciascuna barriera e sull'importanza ***C*** che tali potenziali danneggiamenti hanno nella valutazione complessiva dello stato di efficienza dell'opera.

Per cercare di mantenere un carattere di generale validità del metodo, indipendentemente dalle variabili costruttive, sono stati individuati i componenti principali in cui ciascuna opera di difesa può essere costituita. A ciascun componente sono poi associate dei potenziali, di cui viene valutato lo stato di danno.

Ad ogni *n*-esimo potenziale danno l'operatore, compilando una “Check list” associa uno stato di danno ***d***, a scelta fra:

- ***d0***= nessun danno;
- ***d1***= danno moderato;
- ***d2***=danno intenso.

Sono state individuate 3 classi di importanza ***C*** da associare a ciascuna degli *n* potenziali danni:

- ***C1***=poco importante;
- ***C2***=mediamente importante;

¹ Questo, ad oggi, è stato stimato sulla base di dati osservati in campo, evidenze di precedenti studi, alcune simulazioni numeriche e sull'esperienza. Si specifica che per particolari prodotti è possibile considerare classi di importanza tarate ad hoc sullo specifico sistema.

- C3=molto importante.

Lo stato di efficienza viene identificato avvalendosi di un **doppio sistema matriciale** (Tabella 1 e Tabella 2).

Attraverso una matrice 3x3 (Tabella 1) sono individuati dei **punteggi P_i** da associare a ciascun potenziale danno in funzione della sua classe di importanza **C** e dal livello di danno **d**.

Le colonne individuano la classe C1, C2, C3, associata alla *i*-esima caratteristica, mentre le righe il livello di danno attribuito dall'utente a tale caratteristica. Questo permetterà di ottenere un punteggio percentuale complessivo dell'opera (definito **punteggio di diffusione**) mediante:

$$P_{TOT} = P_{TOT} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{P_{max}}, \quad (1)$$

dove $P_{max} = 5 \cdot n_{C3} + 3 \cdot n_{C2} + 2 \cdot n_{C1}$, in cui n_{C3} , n_{C2} , e n_{C1} sono il numero di potenziali danni aventi classe di importanze rispettivamente C3, C2, e C1.

Tale punteggio fornisce un'indicazione del numero di elementi che hanno subito danno: maggiore è il punteggio, maggiore sarà la probabilità che più caratteristiche dell'opera siano in stato di degrado (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

*Tabella 1. Matrice di associazione dei punteggi per la definizione del **punteggio** (punteggio di diffusione) dell'opera*

Classe/ Livello di danno - degli <i>n</i> potenziali danni	C1	C2	C3
d0	$P_i=0$	$P_i=0$	$P_i=0$
d1	$P_i=1$	$P_i=2$	$P_i=3$
d2	$P_i=2$	$P_i=3$	$P_i=5$

Occorre tener presente che qualora alcune componenti, di cui vengono valutate le caratteristiche, non siano presenti nell'opera questi devono essere esclusi per la valutazione di P_{max} . Ne consegue che P_{max} può variare da opera ad opera (e.g. se in un particolare prodotto di barriere paramassi non sono previsti i dissipatori di energia, i.e. freni, su determinate funi la check list di tali *m* potenziali danni su quelle componenti non potrà essere compilata e pertanto tali *m* potenziali danni non sono contati tra gli *n*).

In tal senso si tiene in considerazione le varianti possibili nella realizzazione delle opere di difesa, cercando di mantenere il carattere di "generale validità" del metodo.

Il parametro P_{TOT} consente quindi di valutare l'estensione complessiva dei danneggiamenti, ossia se sono presenti molti o pochi danneggiamenti, indipendentemente dal fatto che questi possano compromettere o meno la funzionalità.

Avvalendosi dello stesso impianto matriciale 3x3 viene fornito si può pervenire ad uno stato di funzionalità A da associare a ciascuna degli *n* potenziale danni in funzione della sua classe di importanza C e dal livello di danno **d** (Tabella 2):

- Verde=**A0**= nessun intervento richiesto
- Giallo=**A1**= necessita intervento, perdita parziale di funzionalità
- Rosso=**A2**= necessita intervento immediato, perdita totale di funzionalità

Tabella 2. Matrice di associazione del livello semaforico per la definizione dello **stato di funzionalità dell'opera**

Classe/ Livello di danno delle n caratteristiche	C1	C2	C3
d0	A0	A0	A0
d1	A0	A1	A1
d2	A0	A1	A2

Incrociando la classe corrispondente e il livello di danno dato dall'operatore, all'opera viene associato uno **stato di funzionalità dell'opera** A_{TOT} pari al peggiore considerando ciascuna degli n potenziali danni.

$$A_{TOT} = peggiore(A)_{1,\dots,n} \quad (2)$$

Riassumendo, i due parametri **A** e **P_{TOT}** consentono di definire qualitativamente, rispettivamente:

- lo stato di funzionalità e la necessità di interventi
- la numerosità dei danneggiamenti presenti

Ne consegue che anche un solo danneggiamento ma di classe di importanza C3 e livello di danno d0 può provocare la perdita di funzionalità.

Al fine di produrre una suddivisione qualitativa in 4 livelli dello stato di efficienza, più gestibili a livello di identificazione delle priorità di intervento, si possono unire i due risultati e pervenire alla seguente classificazione (Tabella 3):

Tabella 3. Stato di efficienza dell'opera

Stato di efficienza		
Bassa:	A=A0,	$P_{TOT} < 0.15P_{max}$
Media:	A=A0,	$P_{TOT} \geq 0.15P_{max}$
	Oppure	
	A=A1,	$P_{TOT} < 0.3P_{max}$
Medio-Alta:	A=A1,	$P_{TOT} \geq 0.3P_{max}$
Alta:	A=A2	

Componenti principali

Nel caso di barriere paramassi le componenti principali risultano:

- Versante
- Rete principale
- Rete secondaria

- Fune longitudinale superiore
- Fune longitudinale inferiore
- Funi di controvento laterale
- Funi di controvento di monte
- Funi di controvento di valle
- Altre funi (e.g. di trasmissione, verticali)

Ciascuna componente principale raggruppa al suo interno anche i rispettivi elementi di giunzione e di ancoraggio nonché, relativamente alle funi, eventuali elementi di dissipazione di energia.

2.1 Classi di importanza

Componente	Controllo eseguito	Classi di importanza
Vie d'accesso	Presenza di materiale vegetale e/o arbusti infestanti che ostruiscano l'accesso all'opera	NON CONCORRE
Versante	Presenza di vuoti al piede della barriera	C3
	Presenza di elementi che limitino la capacità deformativa della barriera (e.g. specie vegetali ad alto fusto o cespugli a ridosso della barriera, interferenza tra stendimenti)	C3
Rete principale	Presenza di detriti/blocchi/tronchi nella rete	C3
	Presenza di sterpaglie, specie vegetali arbustive e/o rampicanti nella rete	C1
	Lacerazioni della rete	C3
	Deformazioni	C2
	Presenza di zone arrugginite e/o danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo della rete	C1
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione elementi di giunzione tra i pannelli di rete	C2
	Distacco/assenza degli elementi di giunzione tra i pannelli di rete	C3
	Rottura giunzioni rete-funi	C3
Rete secondaria Indicare se NON prevista <input type="checkbox"/>	Presenza di strappi, deformazioni e/o perforazioni	C1
	Presenza di zone arrugginite e/o danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo	C1
	Presenza di specie vegetali arbustive e/o rampicanti	C1
Montanti	Presenza di zone arrugginite e/o danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo sia del montante che del sistema di fondazione dello stesso	C1
	Presenza di specie vegetali arbustive e/o rampicanti	C1
	Danneggiamento della cerniera di base	C2
	Deformazione importante e/o rottura del montante	C3
	Variazione della geometria originaria dell'ancoraggio dei montanti (e.g. eventuali chiodi e/o barre (elementi piegati o	C2

Componente	Controllo eseguito	Classi di importanza
	deformati in modo permanente, fratturati o estratti) e del sistema di connessione)	
<p>Funi longitudinali superiori</p> <p>Indicare se i "Freni" NON sono presenti <input type="checkbox"/></p>	Rotture anche parziali con importanti lesioni dei fili costituenti	C3
	Fune lasca o tesa in modo anomalo (anche una sola)	C2
	Danneggiamento della connessione fune-testa del montante o distacco dagli elementi di ritenuta di testa* *(1 = danneggiamento connessione 2 = distacco dagli elementi di ritenuta)	C3
	Presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo della fune	C1
	Presenza di specie vegetali arbustive e/o rampicanti	C1
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli ancoraggi (o della testa degli ancoraggi)	C2
	Distacco/assenza degli ancoraggi	C3
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli elementi di giunzione	C2
	Distacco/assenza degli elementi di giunzione	C3
	Freni: presenza di specie vegetali/ detriti nell'area di scorrimento dei freni	C2
	Freni: deformazioni permanenti o scorrimenti	C3
	Freni: presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo	C1
<p>Funi longitudinali inferiori</p> <p>Indicare se i "Freni" NON sono presenti <input type="checkbox"/></p>	Rotture anche parziali con importanti lesioni dei fili costituenti	C3
	Fune lasca o tesa in modo anomalo (anche una sola)	C2
	Danneggiamento della connessione fune-piede del montante o distacco dagli elementi di ritenuta di piede* *(1 = danneggiamento connessione 2 = distacco dagli elementi di ritenuta)	C3
	Presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo della fune	C1
	Presenza di specie vegetali arbustive e/o rampicanti	C1
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli ancoraggi (o della testa degli ancoraggi)	C2
	Distacco/assenza degli ancoraggi	C3
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli elementi di giunzione	C2
	Distacco/assenza degli elementi di giunzione	C3
	Freni: presenza di specie vegetali/ detriti nell'area di scorrimento dei freni	C2
	Freni: deformazioni permanenti o scorrimenti	C3
	Freni: presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo	C1
<p>Funi di controvento laterale</p>	Rotture anche parziali con importanti lesioni dei fili costituenti	C3
	Fune lasca o tesa in modo anomalo (anche una sola)	C2
	Danneggiamento della connessione fune-testa del montante o distacco dagli elementi di ritenuta di testa*	C2

Componente	Controllo eseguito	Classi di importanza
Indicare se i "Freni" NON sono presenti <input type="checkbox"/>	*(1 = danneggiamento connessione 2 = distacco dagli elementi di ritenuta)	
	Presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo della fune	C1
	Presenza di specie vegetali arbustive e/o rampicanti	C1
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli ancoraggi (o della testa degli ancoraggi)	C2
	Distacco/assenza degli ancoraggi	C3
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli elementi di giunzione	C2
	Distacco/assenza degli elementi di giunzione	C3
	Freni: presenza di specie vegetali/ detriti nell'area di scorrimento dei freni	C2
	Freni: deformazioni permanenti o scorrimenti	C3
	Freni: presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo	C1
Funi di controvento di monte Indicare se i "Freni" NON sono presenti <input type="checkbox"/>	Rotture anche parziali con importanti lesioni dei fili costituenti	C3
	Fune lasca o tesa in modo anomalo (anche una sola)	C2
	Danneggiamento della connessione fune-testa del montante o distacco dagli elementi di ritenuta di testa* *(1 = danneggiamento connessione 2 = distacco dagli elementi di ritenuta)	C2
	Presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo della fune	C1
	Presenza di specie vegetali arbustive e/o rampicanti	C1
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli ancoraggi (o della testa degli ancoraggi)	C2
	Distacco/assenza degli ancoraggi	C3
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli elementi di giunzione	C2
	Distacco/assenza degli elementi di giunzione	C3
	Freni: presenza di specie vegetali/ detriti nell'area di scorrimento dei freni	C2
Freni: deformazioni permanenti o scorrimenti	C3	
Freni: presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo	C1	
Funi di controvento di valle Indicare se i le funi NON sono presenti <input type="checkbox"/>	Rotture anche parziali con importanti lesioni dei fili costituenti	C3
	Fune lasca o tesa in modo anomalo (anche una sola)	C2
	Danneggiamento della connessione fune-testa del montante o distacco dagli elementi di ritenuta di testa* *(1 = danneggiamento connessione 2 = distacco dagli elementi di ritenuta)	C2
	Presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo della fune	C1
	Presenza di specie vegetali arbustive e/o rampicanti	C1

Componente	Controllo eseguito	Classi di importanza
Indicare se i “Freni” NON sono presenti <input checked="" type="checkbox"/>	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli ancoraggi (o della testa degli ancoraggi)	C2
	Distacco/assenza degli ancoraggi	C3
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli elementi di giunzione	C2
	Distacco/assenza degli elementi di giunzione	C3
	Freni: presenza di specie vegetali/ detriti nell’area di scorrimento dei freni	C2
	Freni: deformazioni permanenti o scorrimenti	C3
	Freni: presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo	C1
Altre funi (e.g. di trasmissione, verticali)	Rotture anche parziali con importanti lesioni dei fili costituenti	C3
	Funne lasca o tesa in modo anomalo (anche una sola)	C1
	Danneggiamento della connessione fune * *(1 = danneggiamento connessione 2 = distacco dagli elementi di ritenuta)	C1
Indicare se le funi NON sono presenti <input type="checkbox"/>	Presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo della fune	C1
	Presenza di specie vegetali arbustive e/o rampicanti	C1
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli ancoraggi (o della testa degli ancoraggi) (se presente)	C1
Indicare se gli “Ancoraggi” NON sono presenti <input type="checkbox"/>	Distacco/assenza degli ancoraggi (se presente)	C2
	Ammaloramento/danneggiamento/corrosione degli elementi di giunzione	C1
	Distacco/assenza degli elementi di giunzione	C2
Indicare se i “Freni” NON sono presenti <input type="checkbox"/>	Freni: presenza di specie vegetali/ detriti nell’area di scorrimento dei freni	C1
	Freni: deformazioni permanenti o scorrimenti	C2
	Freni: presenza di zone arrugginite/danneggiamento significativo del rivestimento anticorrosivo	C1



3 BIBLIOGRAFIA

Marchelli, M., De Biagi, V., Peila D. (2019) A quick-assessment procedure to evaluate the degree of conservation of rockfall drapery meshes, *Frattura ed Integrità Strutturale*, pp- 437-450.

Marchelli, M., (2020). Una procedura speditiva per la valutazione dello stato di conservazione delle barriere paramassi a rete, *GEAM. GEOINGEGNERIA AMBIENTALE E MINERARIA*, pp. 24-35.