



Politecnico
di Torino



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

APPLICAZIONE DELLE METODOLOGIE A RILEVATI PARAMASSI IN TERRA NATURALE E RINFORZATA IN VALLE D’AOSTA

(Prodotto della ricerca 5.1 dell’accordo tra Regione Autonoma Valle d’Aosta e Politecnico di Torino di cui al PD n.7355 del 14/12/2020).

PROF. VALERIO DE BIAGI, PHD
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	COGNE – PONT DE LAVAL	6
2.1	SCHEDA DI SOPRALLUOGO	6
2.2	VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI	11
3	AYMAVILLES - PONDEL	13
3.1	SCHEDA DI SOPRALLUOGO	13
3.2	VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI	17
4	PRÉ-SAINT-DIDIER.....	20
4.1	SCHEDA DI SOPRALLUOGO	20
4.2	VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI	24



**Politecnico
di Torino**

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

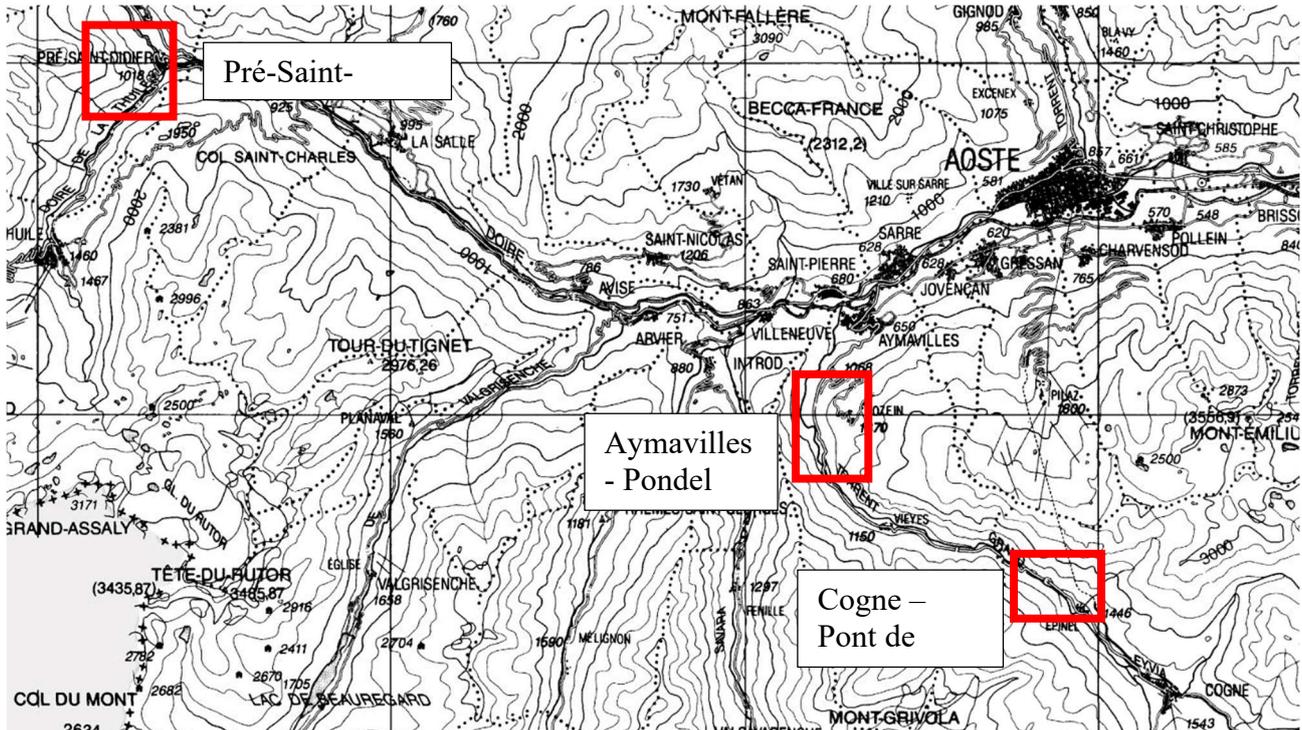


Rockfall
Protection
Engineering
LABORATORY

1 PREMESSA

La presente relazione raccoglie le risultanze delle ispezioni su tre rilevati paramassi: due rilevati in terra rinforzata (Cogne - Pont de Laval e Aymavilles - Pondel) e uno in terra naturale (Pré-Saint-Didier).

Per ciascuna opera si inserisce la scheda di sopralluogo opportunamente compilata a valle del sopralluogo sulle opere e si riporta una valutazione delle capacità dissipative del rilevato sulla base degli approcci presentati nei documenti “Progettazione all’impatto dinamico dei rilevati in terra rinforzata” e “Progettazione all’impatto dinamico dei rilevati in terra naturale”.



2 COGNE – PONT DE LAVAL

2.1 Scheda di sopralluogo

VERBALE DI SOPRALLUOGO - SCHEDA DESCRITTIVA E STATO DI CONSERVAZIONE	
RILEVATI PARAMASSI	
Operatore	Marchelli M., De Biagi V., Paganone M.
Data (GG/MM/AAAA)	13/10/2020
Comune - Località	Cogne – Pont de Laval
Codice Rilevato	

Collocamento geografico dell'opera :



Il rilevato in oggetto si posiziona a sud della SR 47 (Cogne). Il sistema di protezione è composto da un rilevato di lunghezza maggiore e da uno di lunghezza minore. La presente scheda si riferisce al rilevato di lunghezza minore (freccia).

Punto di collocazione dell'opera	45°38'16.81" N 7°18'10.37"E	
In caso di prossimità ad un elemento stradale: Progressiva km ^(*)	SR 47 km 15+750	^(*) riferimento alle progressive ettometriche stradali

DESCRIZIONE DEL RILEVATO PARAMASSI	
<i>Informazioni di carattere generale sul rilevato paramassi</i>	
Tipologia di rilevato paramassi	<input type="checkbox"/> In terra naturale; <input checked="" type="checkbox"/> In terra rinforzata; <input type="checkbox"/> Altro;
Se "Altro", tipo	
Lunghezza complessiva dell'opera (m)	50 m
Altezza (m)	10.22 m

Angolo di inclinazione di monte (°)	65°
Angolo di inclinazione di valle (°)	65°
Larghezza della base (m)	13.34 m
Larghezza della cresta (m)	3.81m
Se "In terra rinforzata", altezza dei corsi (m)	0.73 m
Se "In terra rinforzata", numero dei corsi (-)	14

<i>Informazioni di dettaglio sul rilevato paramassi</i>	
Se "In terra naturale/rinforzata", tipo di terreno	N.D.
Se "In terra rinforzata", tipo di rinforzo	Rete esagonale a doppia torsione
Se "In terra rinforzata", lunghezza del risvolto (m)	N.D.
Se "In terra rinforzata", presenza e tipo di cassero	Rete elettrosaldata
Se "Altro", descrizione del tipo di riempimento, degli elementi costituenti, dei paramenti di monte e valle e delle loro caratteristiche	
Elementi antierosivi (presenza, tipologia)	Biostuoia di cocco
Sistema drenante o di scolo al piede (presenza, tipologia)	Non presente
Presenza e tipo di fondazioni	Scogliera di massi (valle)
Anno di realizzazione	2007-2008
Progetto esecutivo	<input type="checkbox"/> DISPONIBILE; <input checked="" type="checkbox"/> NON DISPONIBILE;
Energia di progetto (kJ)	N.D.
Altezza presunta di impatto (m)	N.D.
Volume di progetto (m ³)	N.D.
Prove in corso d'opera o di collaudo (descrizione e risultati)	
Manuale di manutenzione	<input type="checkbox"/> DISPONIBILE; <input checked="" type="checkbox"/> NON DISPONIBILE;
Verbale di collaudo	<input type="checkbox"/> DISPONIBILE; <input checked="" type="checkbox"/> NON DISPONIBILE;

Il rilevato ha subito impatti/danni?	SI
Se è sì, data presunta:	2008
Indicazioni parti impattate/danneggiate:	Paramento di monte impattato in più punti a causa di crollo multiplo

Il rilevato ha subito manutenzione?	SI
Se è sì, data presunta di avvenuta manutenzione:	2009
Indicazioni zone mantenute:	A seguito dell'impatto del 2008 si è proceduto alla risistemazione del paramento di monte

Il rilevato presenza cedimenti in fondazione?	NO
Indicazioni parti con cedimento e misura del cedimento (m):	



Se “In terra rinforzata”, il rinforzo è lacerato? (o presenza di arbusti/piante che danneggiano)	SI
Indicazioni parti danneggiate:	Danno localizzato sullo spigolo N.

Se “Altro”, sono presenti altri danneggiamenti?	
Indicazioni e descrizione parti danneggiate:	

Se presente, il sistema di drenaggio è ostruito?	N.P.
Indicazioni parti ostruite:	

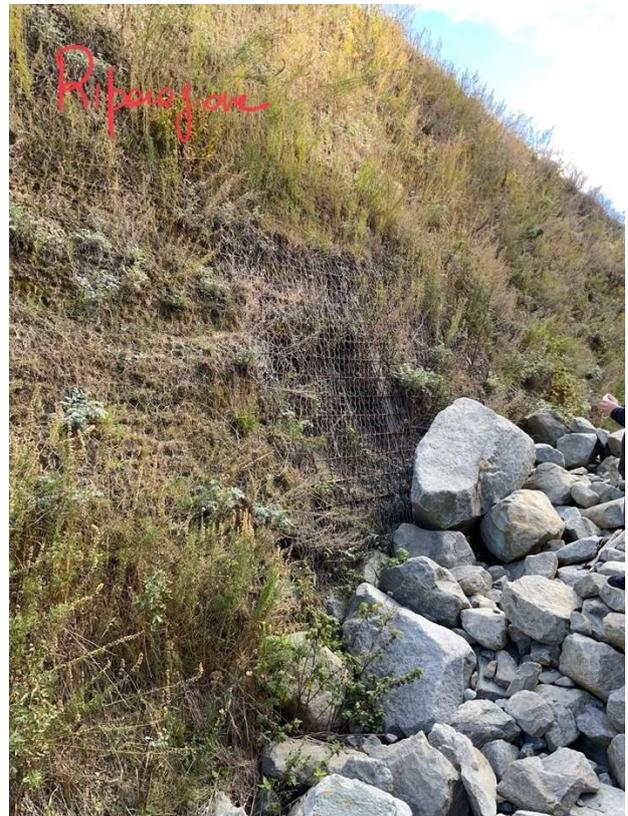
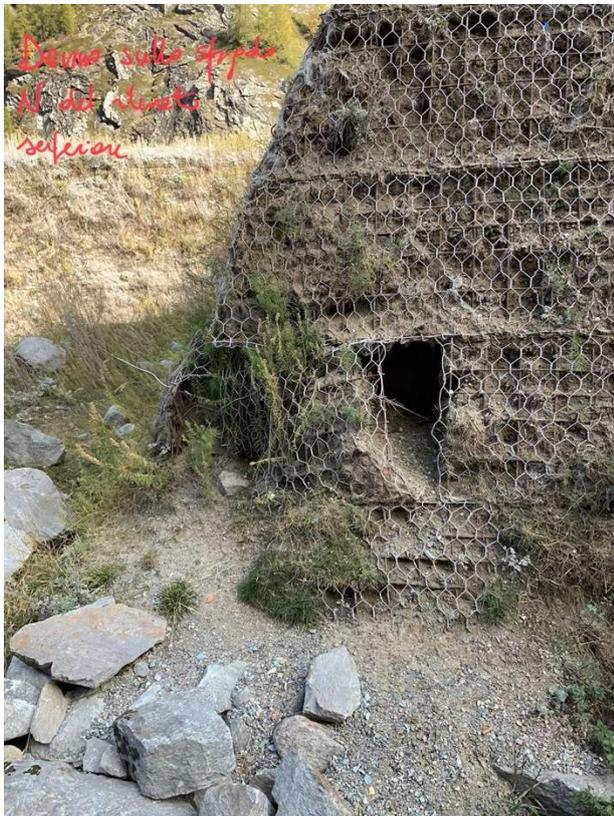
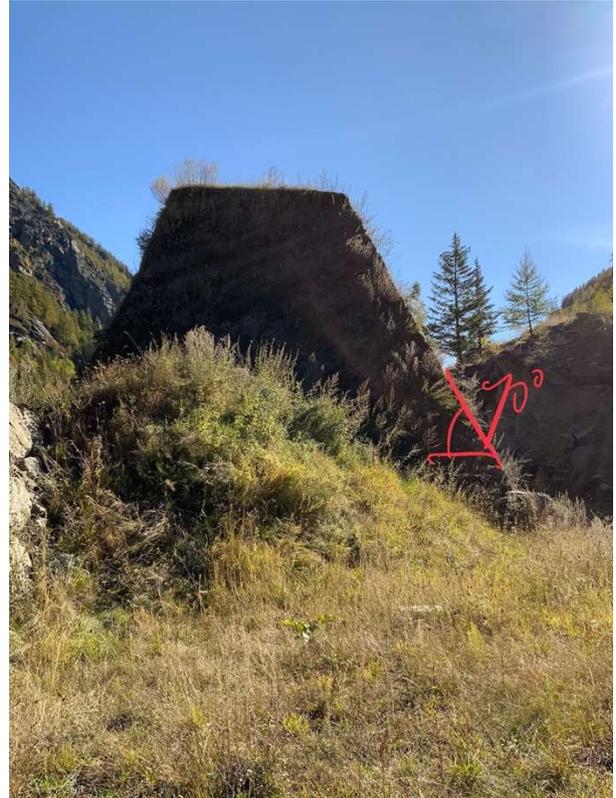
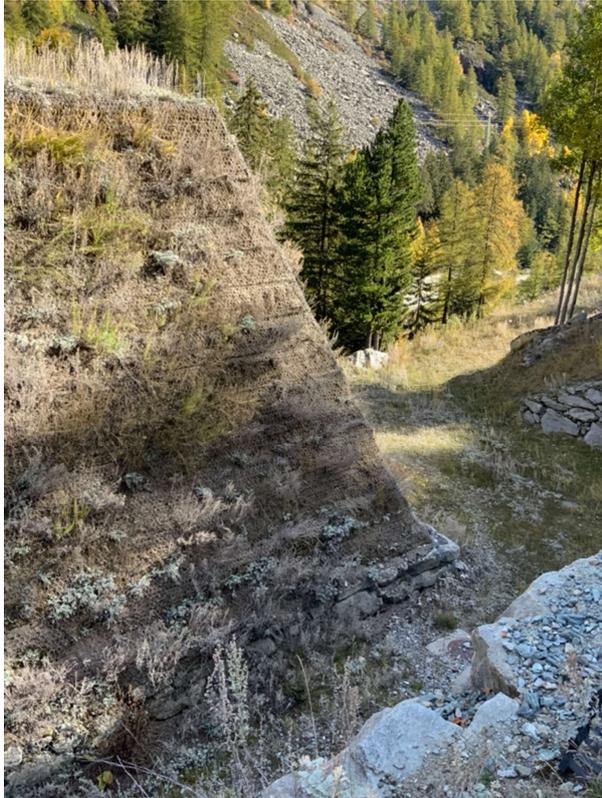
Se presente, gli elementi antirosivi sono danneggiati?	NO
Indicazioni parti danneggiate:	

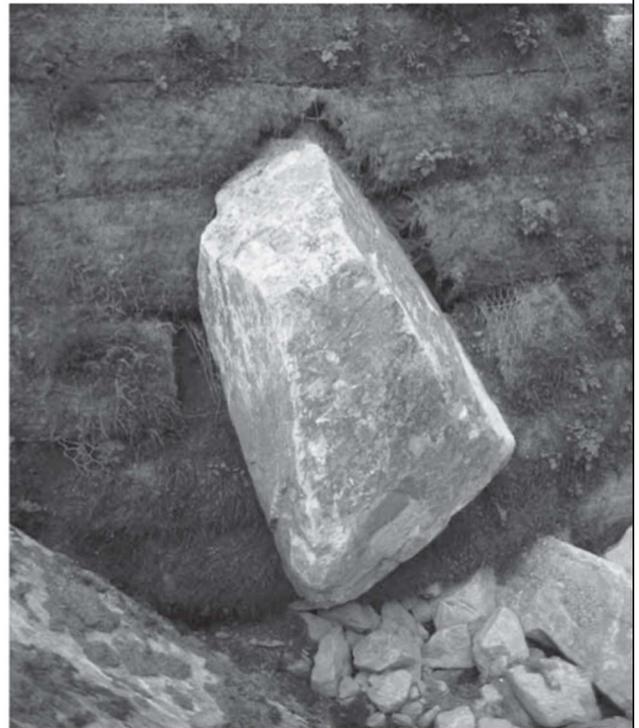
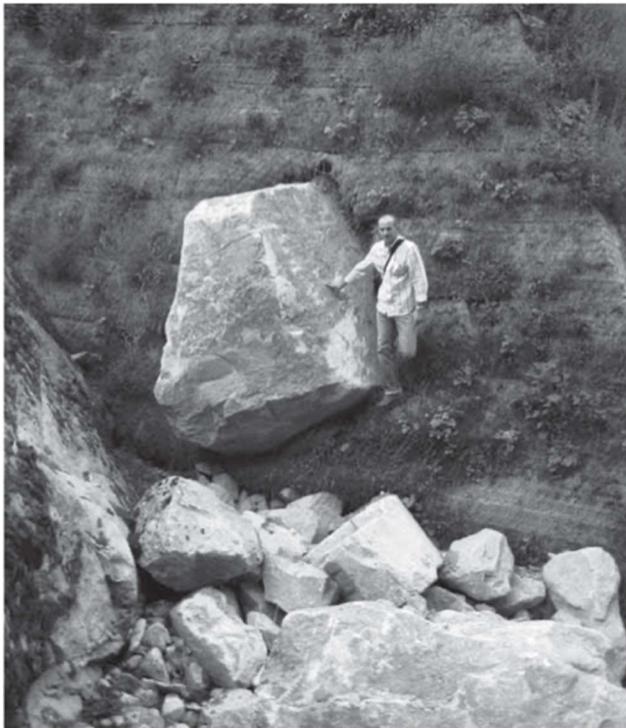
Conclusioni sullo stato di conservazione dell'opera

L'opera appare in uno stato di conservazione molto buono. Gli interventi di manutenzione eseguiti a seguito degli impatti del crollo multiplo mostrano, localmente, segni di dilavamento del terreno a causa della mancanza di geostuoia nell'area oggetto di manutenzione. L'entità di tali dilavamenti risulta comunque limitata alla parte interessata dall'impatto.

Non si evidenziano segni di degrado sul rinforzo in rete a doppia torsione, fatta eccezione per una lacerazione sullo spigolo N, vedasi all. fotografico.

ALLEGATO FOTOGRAFICO







2.2 Valutazione delle prestazioni

La misura delle prestazioni del rilevato è fatta utilizzando la formulazione analitica proposta nel documento “Progettazione all’impatto dinamico dei rilevati in terra rinforzata”. In assenza di informazioni circa il volume di progetto, la valutazione è condotta utilizzando le seguenti ipotesi:

- sono considerati vari diametri dei blocchi di impatto. Il blocco ha forma di una sfera ideale;
- la posizione del punto di impatto l’impatto varia da blocco a blocco. Il punto superiore del blocco (sfera) è posto alla base del corso superiore. Ne segue che, dato un diametro \varnothing , la quota di impatto è valutata come

$$h = 10.22 - 0.73 - \varnothing/2$$

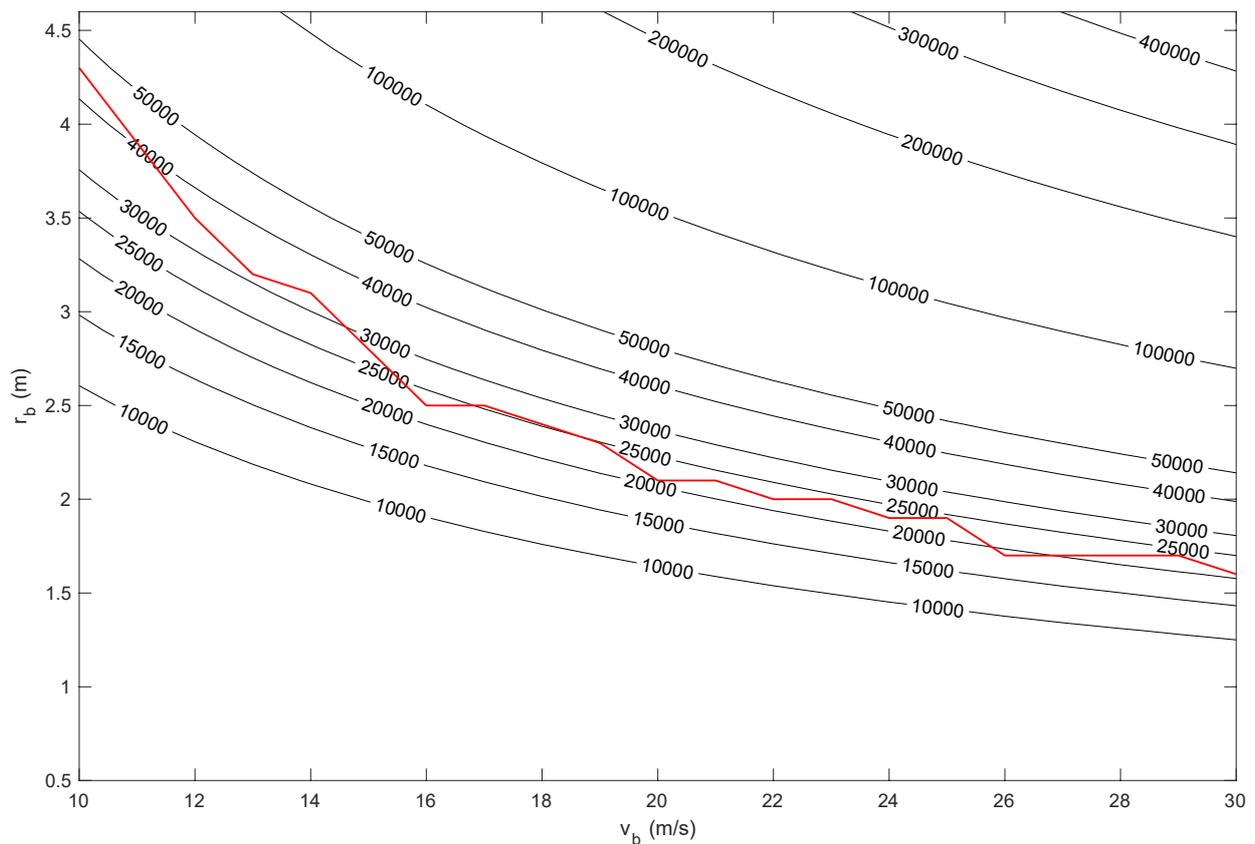
- per ogni blocco, si valuta la massima velocità di impatto che il rilevato è in grado di arrestare.

Le variabili del modello analitico utilizzate sono riportate nella seguente tabella.

Parametro	Valore
Raggio del blocco r_b	variabile
Densità del blocco ρ	2700 kg/m ³
Densità del rilevato ρ_s	2000 kg/m ³
Altezza di progetto all’impatto $h_{i,d}$	variabile
Velocità di progetto all’impatto v_b	variabile
Altezza del rilevato H_e	10.22 m
Altezza di ogni strato (corso) h_l	0.73 m
Angolo di inclinazione della faccia di monte	65°

Parametro	Valore
Angolo di inclinazione della faccia di valle	65 °
Spessore della cresta w_c	3.81 m
Lunghezza del risvolto l_{flap}	1 m (stimato)
Fattore di amplificazione dinamica f_f	1.4
Modulo di compressibilità da prova di carico su piastra del terreno M_E	40 MPa
Angolo di attrito interno ϕ	30°
Coefficiente di attrito in corrispondenza delle geogriglie μ	0.50
Coefficiente di spinta attiva K_a	0.333

La sottostante figura mostra i risultati dell'analisi. In ascissa è riportata la velocità e in ordinata il diametro del blocco. In dettaglio, sono indicate in nero le linee isocinetiche (valori in kJ). La linea rossa indica, la massima energia assorbibile dal rilevato (secondo le ipotesi precedentemente formulate circa la posizione del punto di impatto). Per volumi grandi, il rilevato è in grado di assorbire energie pari a circa 45 MJ, mentre per volumi medio/piccoli la capacità energetica si attesta a 20 MJ, circa.

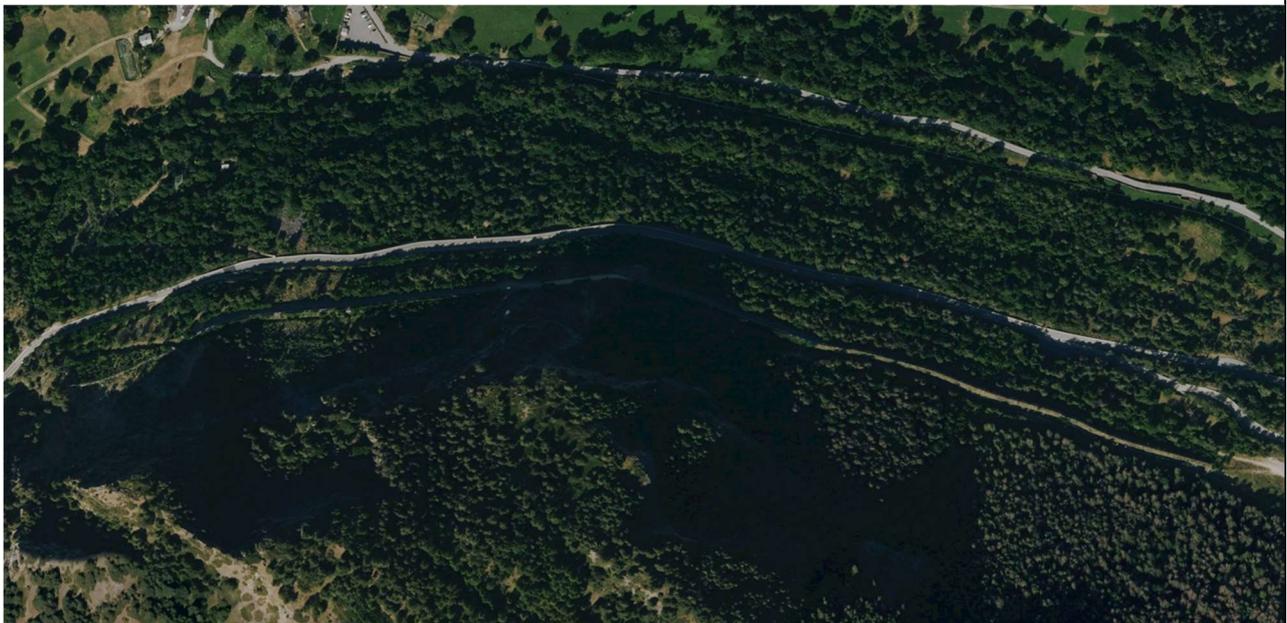


3 AYMAVILLES - PONDEL

3.1 Scheda di sopralluogo

VERBALE DI SOPRALLUOGO - SCHEDA DESCRITTIVA E STATO DI CONSERVAZIONE	
RILEVATI PARAMASSI	
Operatore	Marchelli M., De Biagi V., Paganone M.
Data (GG/MM/AAAA)	13/10/2020
Comune - Località	Aymavilles – Pondel
Codice Rilevato	

Collocamento geografico dell'opera :



→ N

Il rilevato in oggetto si posiziona a est della SR 47 (Cogne) a monte dell'abitato di Pondel.

Punto di collocazione dell'opera		45°40'46.82" N 7°13'35.75" E
In caso di prossimità ad un elemento stradale: Progressiva km ^(*)	SR 47 dal km 6+300 al km 7+000	(*) riferimento alle progressive ettometriche stradali

DESCRIZIONE DEL RILEVATO PARAMASSI

Informazioni di carattere generale sul rilevato paramassi

Tipologia di rilevato paramassi	<input type="checkbox"/> In terra naturale; <input checked="" type="checkbox"/> In terra rinforzata; <input type="checkbox"/> Altro;
Se "Altro", tipo	Sulla sommità del rilevato è installata una barriera paramassi
Lunghezza complessiva dell'opera (m)	850 m
Altezza (m)	6.60 m (monte), 12 m (valle)

Angolo di inclinazione di monte (°)	70°
Angolo di inclinazione di valle (°)	70°
Larghezza della base (m)	7.80 m
Larghezza della cresta (m)	3 m
Se "In terra rinforzata", altezza dei corsi (m)	0.60 m
Se "In terra rinforzata", numero dei corsi (-)	11

<i>Informazioni di dettaglio sul rilevato paramassi</i>	
Se "In terra naturale/rinforzata", tipo di terreno	N.D.
Se "In terra rinforzata", tipo di rinforzo	Geogriglia in materiale polimerico (HDPE)
Se "In terra rinforzata", lunghezza del risvolto (m)	N.D.
Se "In terra rinforzata", presenza e tipo di cassero	Rete elettrosaldata
Se "Altro", descrizione del tipo di riempimento, degli elementi costituenti, dei paramenti di monte e valle e delle loro caratteristiche	
Elementi antiersivi (presenza, tipologia)	
Sistema drenante o di scolo al piede (presenza, tipologia)	Non presente
Presenza e tipo di fondazioni	Non visibili
Anno di realizzazione	N.D.
Progetto esecutivo	<input type="checkbox"/> DISPONIBILE; <input checked="" type="checkbox"/> NON DISPONIBILE;
Energia di progetto (kJ)	N.D.
Altezza presunta di impatto (m)	N.D.
Volume di progetto (m ³)	N.D.
Prove in corso d'opera o di collaudo (descrizione e risultati)	
Manuale di manutenzione	<input type="checkbox"/> DISPONIBILE; <input checked="" type="checkbox"/> NON DISPONIBILE;
Verbale di collaudo	<input type="checkbox"/> DISPONIBILE; <input checked="" type="checkbox"/> NON DISPONIBILE;

Il rilevato ha subito impatti/danni?	NO
Se è sì, data presunta:	
Indicazioni parti impattate/danneggiate:	

Il rilevato ha subito manutenzione?	NO
Se è sì, data presunta di avvenuta manutenzione:	
Indicazioni zone mantenute:	

Il rilevato presenza cedimenti in fondazione?	NO
Indicazioni parti con cedimento e misura del cedimento (m):	



Se “In terra rinforzata”, il rinforzo è lacerato? (o presenza di arbusti/piante che danneggiano)	SI
Indicazioni parti danneggiate:	Locale presenza di specie vegetali ad alto fusto. Sono visibili locali e limitati segni di strappo sul rinforzo.

Se “Altro”, sono presenti altri danneggiamenti?	
Indicazioni e descrizione parti danneggiate:	La barriera paramassi non presenta segni di impatto tali da compromettere la funzionalità dell'opera.

Se presente, il sistema di drenaggio è ostruito?	N.P.
Indicazioni parti ostruite:	

Se presente, gli elementi antiersivi sono danneggiati?	N.P.
Indicazioni parti danneggiate:	

Conclusioni sullo stato di conservazione dell'opera	
<p>L'opera appare in uno stato di conservazione molto buono.</p> <p>Si evidenziano tuttavia puntuali e limitati segni di degrado sul rinforzo. Si segnala la presenza di specie vegetali ad alto fusto che possono limitare la capacità deformativa e dissipativa dell'opera.</p>	

ALLEGATO FOTOGRAFICO





3.2 Valutazione delle prestazioni

La misura delle prestazioni del rilevato è fatta utilizzando la formulazione analitica proposta nel documento “Progettazione all’impatto dinamico dei rilevati in terra rinforzata”. In assenza di informazioni circa il volume di progetto, la valutazione è condotta utilizzando le seguenti ipotesi:

- sono considerati vari diametri dei blocchi di impatto. Il blocco ha forma di una sfera ideale;
- la posizione del punto di impatto l’impatto varia da blocco a blocco. Il punto superiore del blocco (sfera) è posto ad un corso dalla cresta. Ne segue che, dato un diametro \varnothing , la quota di impatto è valutata come

$$h = 6.60 - 0.60 \cdot \varnothing / 2$$

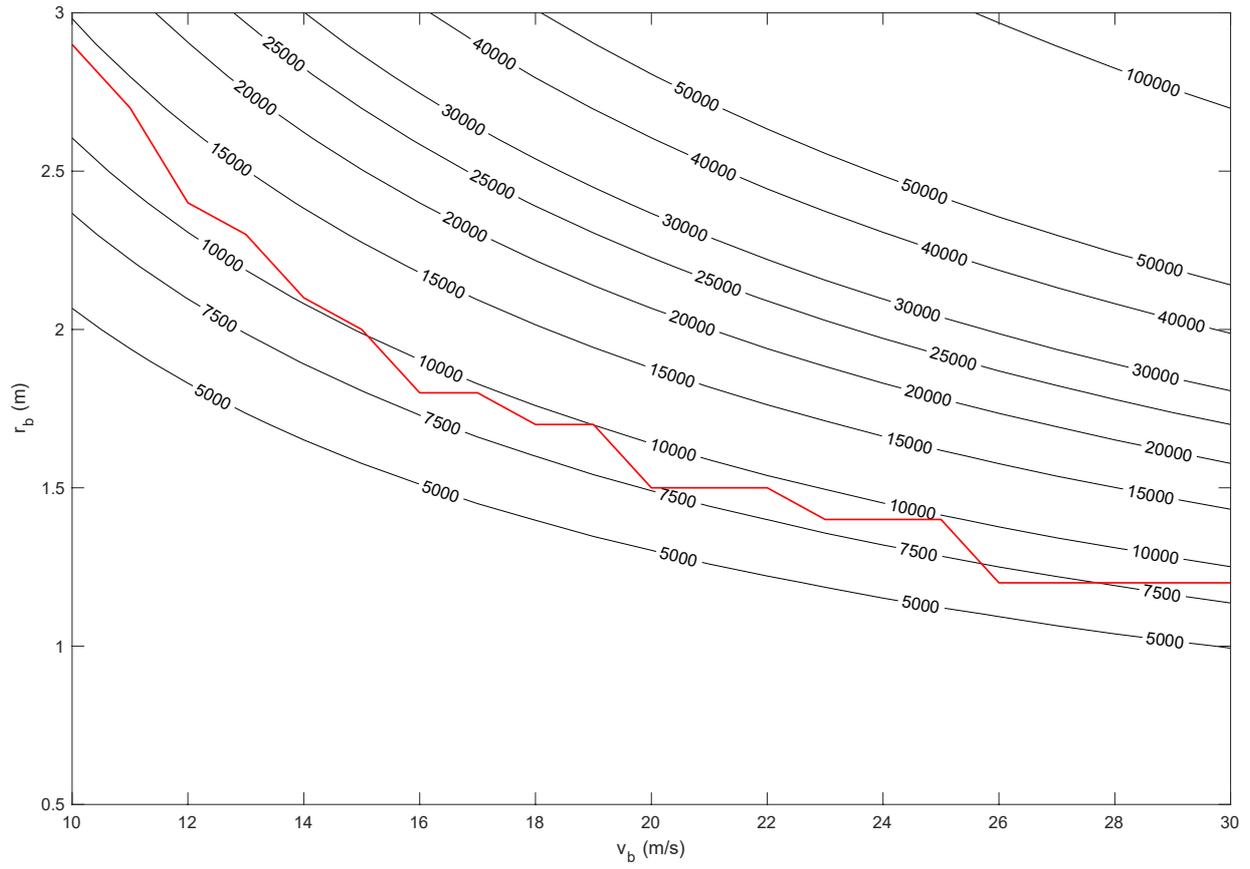
- per ogni blocco, si valuta la massima velocità di impatto che il rilevato è in grado di arrestare.

Le variabili del modello analitico utilizzate sono riportate nella seguente tabella.

Parametro	Valore
Raggio del blocco r_b	variabile
Densità del blocco ρ	2700 kg/m ³

Parametro	Valore
Densità del rilevato ρ_s	2000 kg/m ³
Altezza di progetto all'impatto $h_{i,d}$	variabile
Velocità di progetto all'impatto v_b	variabile
Altezza del rilevato H_e	6.60 m
Altezza di ogni strato (corso) h_l	0.60 m
Angolo di inclinazione della faccia di monte	70°
Angolo di inclinazione della faccia di valle	70 °
Spessore della cresta w_c	3 m
Lunghezza del risvolto l_{flap}	1 m (stimato)
Fattore di amplificazione dinamica f_f	1.4
Modulo di compressibilità da prova di carico su piastra del terreno M_E	40 MPa
Angolo di attrito interno ϕ	30°
Coefficiente di attrito in corrispondenza delle geogriglie μ	0.50
Coefficiente di spinta attiva K_a	0.333

La sottostante figura mostra i risultati dell'analisi. In ascissa è riportata la velocità e in ordinata il diametro del blocco. In dettaglio, sono indicate in nero le linee isocinetiche (valori in kJ). La linea rossa indica, la massima energia assorbibile dal rilevato (secondo le ipotesi precedentemente formulate circa la posizione del punto di impatto). Per volumi grandi, il rilevato è in grado di assorbire energie pari a circa 13 MJ, mentre per volumi medio/piccoli la capacità energetica si attesta a 7.5 MJ, circa.



4 PRÉ-SAINT-DIDIER

4.1 Scheda di sopralluogo

VERBALE DI SOPRALLUOGO - SCHEDA DESCRITTIVA E STATO DI CONSERVAZIONE	
RILEVATI PARAMASSI	
Operatore	Marchelli M., De Biagi V., Paganone M.
Data (GG/MM/AAAA)	6/10/2020
Comune - Località	Pré-Saint-Didier
Codice Rilevato	

Collocamento geografico dell'opera :



Il rilevato in oggetto a monte dell'abitato di Pré-Saint-Didier. Il rilevato (indicato con la freccia) è parte di un sistema di protezione che comprende più opere.

Punto di collocazione dell'opera	45°45'39.25" N 6°58'49.45" E
----------------------------------	------------------------------



In caso di prossimità ad un elemento stradale: Progressiva km ^(*)	SS 26 dal km 136+400	^(*) riferimento alle progressive ettometriche stradali
---	-------------------------	---

DESCRIZIONE DEL RILEVATO PARAMASSI

Informazioni di carattere generale sul rilevato paramassi

Tipologia di rilevato paramassi	<input checked="" type="checkbox"/> In terra naturale; <input type="checkbox"/> In terra rinforzata; <input type="checkbox"/> Altro;
Se "Altro", tipo	Sulla sommità del rilevato è installata una barriera paramassi
Lunghezza complessiva dell'opera (m)	600 m (circa)
Altezza (m)	(variabile) 3.8 m media
Angolo di inclinazione di monte (°)	40°
Angolo di inclinazione di valle (°)	40°
Larghezza della base (m)	11.4 m
Larghezza della cresta (m)	5 m
Se "In terra rinforzata", altezza dei corsi (m)	
Se "In terra rinforzata", numero dei corsi (-)	

Informazioni di dettaglio sul rilevato paramassi

Se "In terra naturale/rinforzata", tipo di terreno	Granulometria medio/fine. Non sembrano essere presenti trovanti o blocchi di medio/grandi dimensioni
Se "In terra rinforzata", tipo di rinforzo	
Se "In terra rinforzata", lunghezza del risvolto (m)	
Se "In terra rinforzata", presenza e tipo di cassero	
Se "Altro", descrizione del tipo di riempimento, degli elementi costituenti, dei paramenti di monte e valle e delle loro caratteristiche	
Elementi antiersivi (presenza, tipologia)	Assenti
Sistema drenante o di scolo al piede (presenza, tipologia)	Non presente
Presenza e tipo di fondazioni	Non visibili
Anno di realizzazione	N.D.
Progetto esecutivo	<input type="checkbox"/> DISPONIBILE; <input checked="" type="checkbox"/> NON DISPONIBILE;
Energia di progetto (kJ)	N.D.
Altezza presunta di impatto (m)	N.D.
Volume di progetto (m³)	N.D.
Prove in corso d'opera o di collaudo (descrizione e risultati)	
Manuale di manutenzione	<input type="checkbox"/> DISPONIBILE; <input checked="" type="checkbox"/> NON DISPONIBILE;
Verbale di collaudo	<input type="checkbox"/> DISPONIBILE; <input checked="" type="checkbox"/> NON DISPONIBILE;

Il rilevato ha subito impatti/danni?	NO
---	-----------



	Se è sì, data presunta:	
	Indicazioni parti impattate/danneggiate:	

Il rilevato ha subito manutenzione?		NO
	Se è sì, data presunta di avvenuta manutenzione:	
	Indicazioni zone manutenute:	

Il rilevato presenza cedimenti in fondazione?		NO
	Indicazioni parti con cedimento e misura del cedimento (m):	

Se "In terra rinforzata", il rinforzo è lacerato? (o presenza di arbusti/piante che danneggiano)		
	Indicazioni parti danneggiate:	

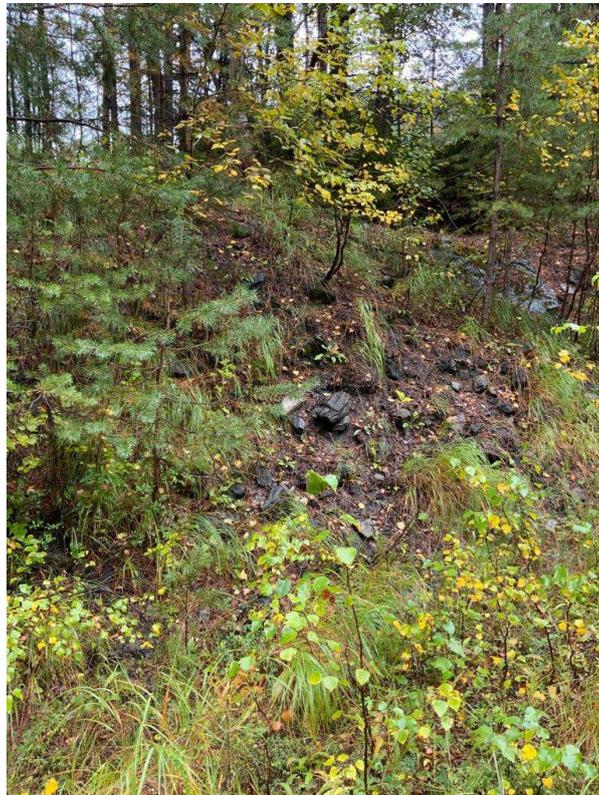
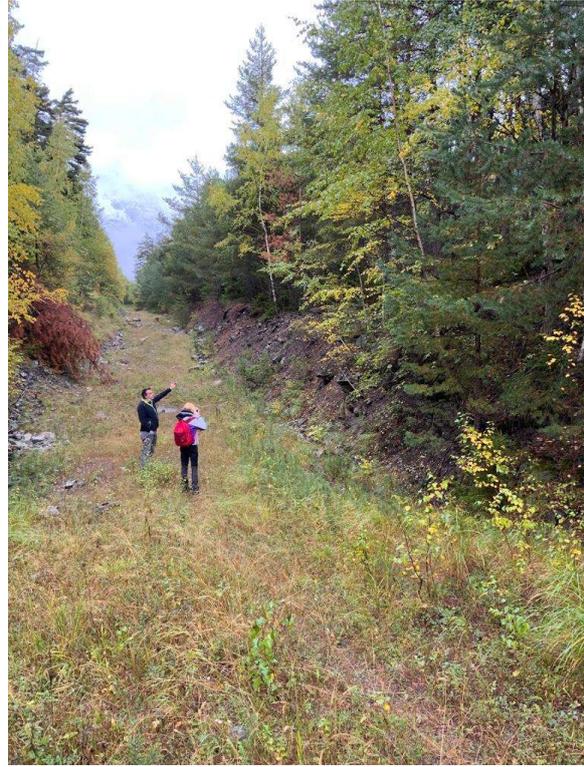
Se "Altro", sono presenti altri danneggiamenti?		
	Indicazioni e descrizione parti danneggiate:	

Se presente, il sistema di drenaggio è ostruito?		N.P.
	Indicazioni parti ostruite:	

Se presente, gli elementi antiersivi sono danneggiati?		N.P.
	Indicazioni parti danneggiate:	

Conclusioni sullo stato di conservazione dell'opera		
<p>L'opera, assai vetusta, appare in uno stato di conservazione buono. È presente una rigogliosa vegetazione sui paramenti e sulla cresta del rilevato.</p> <p>Dall'analisi del profilo del versante, pare che il rilevato sia stato realizzato rimuovendo la terra a monte (formando un'enorme trincea) e non realizzando un vero e proprio rilevato.</p>		

ALLEGATO FOTOGRAFICO



4.2 Valutazione delle prestazioni

La misura delle prestazioni del rilevato è svolta utilizzando l'approccio proposta nel documento "Valutazione del comportamento dinamico di rilevati in terra naturale per protezione contro la caduta di massi". Non avendo a disposizione né delle analisi traiettografiche specifiche del sito né un rilievo geomeccanico sull'area di potenziale distacco, sono stati ipotizzati una serie di parametri geometrici e cinematici del blocco tipici della caduta massi per l'applicazione del metodo:

- Volume del blocco $V = 0.5, 1, 5 \text{ m}^3$;
- Velocità del blocco $v = 5, 10, 20 \text{ m/s}$;
- Velocità angolare $\omega = 0 \text{ rad/s}$;
- Altezza d'impatto $h_{imp} = \text{altezza del rilevato}/2$;
- Angolo d'inclinazione del vettore velocità $\alpha = \beta, 90^\circ$.

Per quanto riguarda la simbologia si rimanda al documento "Valutazione del comportamento dinamico di rilevati in terra naturale per protezione contro la caduta di massi".

Noti tutti i parametri geometrici del blocco e del rilevato, è possibile calcolare in accordo alla norma ONR 24810 l'altezza attiva, l'area attiva, l'energia adimensionalizzata e in Tabella 1 sono riportati i valori numerici dei casi analizzati.

A titolo illustrativo si riportano i passaggi della combinazione C5 in riferimento alla Figura 4.1:

$$h_{attiva} = H - h_{imp} + R = 3.2 - 1.6 + 0.49 = 2.09 \text{ m}$$

$$A_{attiva} = \frac{b + c}{2} h_{attiva} = \frac{5 + 10}{2} \cdot 2.09 = 15.68 \text{ m}^2$$

$$E^* = \frac{E_k}{2 * (\rho \cdot g \cdot A_a \cdot D \cdot h_a)} = \frac{270 \cdot 10^3}{2 * (9.81 * 2000 * 15.68 * 0.98 * 2.09)} = 0.213$$

Successivamente occorre entrare nel grafico delle ONR a cui è stato aggiunto il dominio indagato nell'analisi parametrica di Figura 4.2, siccome il valore di δ/b estraibile è compreso in un range si è optato per utilizzare il valore medio. Da questo si ricava la penetrazione reale e il valore di forza causato dall'impatto da utilizzare nelle verifiche a SLU.

$$\delta = 0.213 \cdot c = 0.213 \cdot 5 \approx 0.68 \text{ cm}$$

$$F_{max} = \frac{E_k}{\delta} = \frac{270}{0.68} = 400 \text{ kN}$$

Essendo un rilevato in terra sciolta la forza massima va ripartita su una larghezza pari a 5-6 diametri, in questo caso si è deciso di optare per 5. Di conseguenza la forza per metro lineare da considerare nella direzione d'impatto è:

$$F_{lineare} = \frac{F_{max}}{10R} = 81.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

A questo punto il progettista è in possesso del valore da utilizzare nelle verifiche agli SLU, la direzione in cui tale forza va applicata è l'angolo di incidenza del blocco, quindi in questo caso 40° e 90° dall'orizzontale.

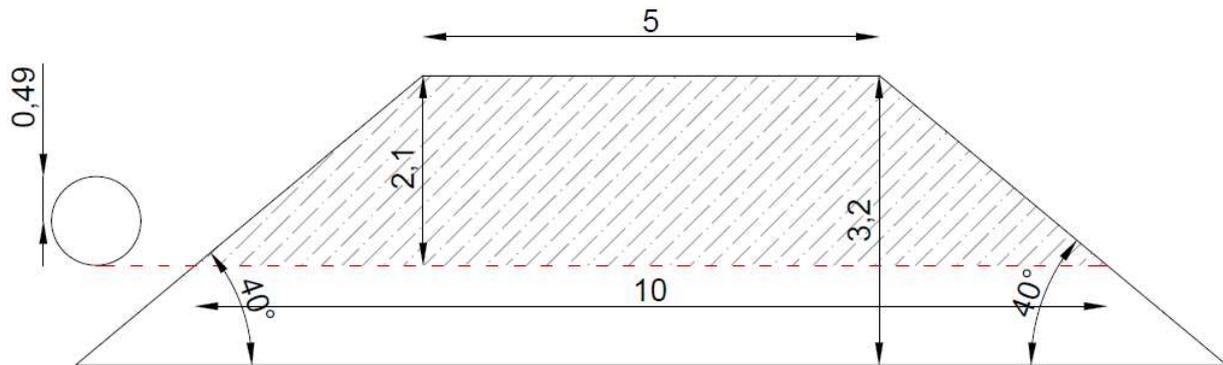


Figura 4.1: Schema di riferimento della combinazione C1

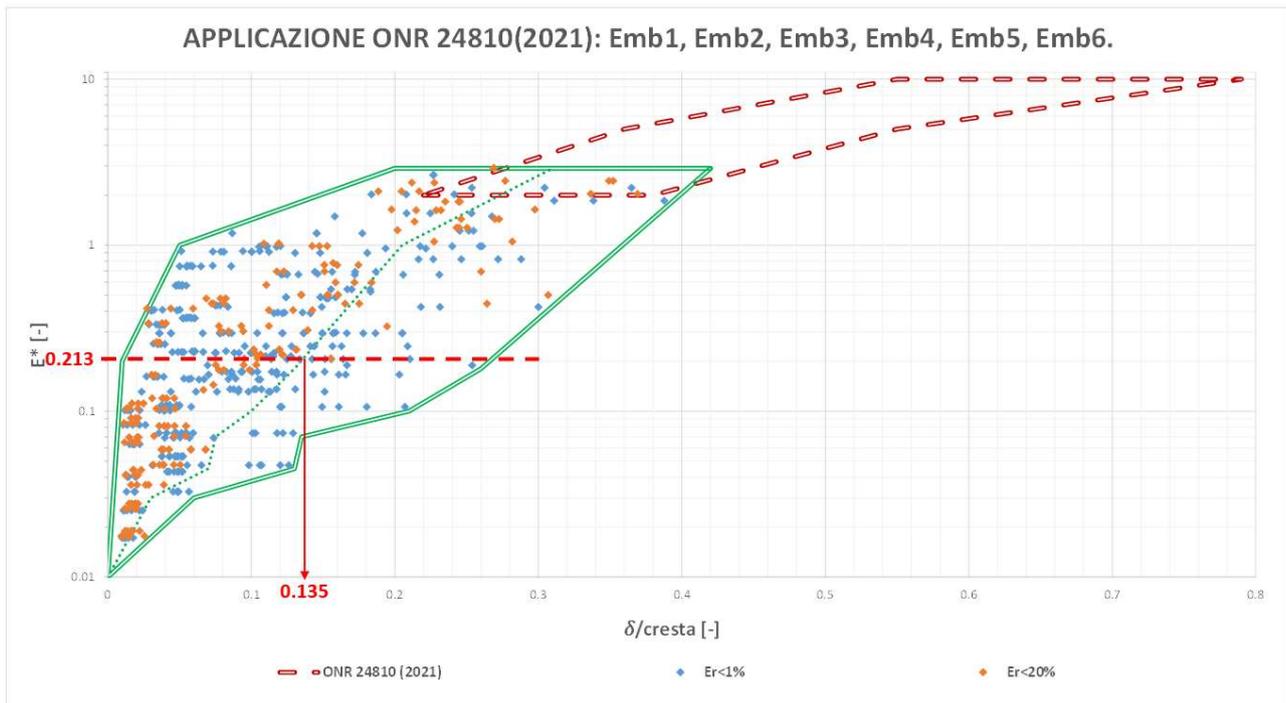


Figura 4.2: Applicazione della combinazione C1 al metodo proposto nel documento "Progettazione all'impatto dinamico dei rilevati in terra naturale".

Tabella 1: Rappresentazione delle combinazioni di impatti analizzati e la loro applicazione secondo la norma ONR 24810.

Nome combinazione	V [m ³]	v [m/s]	α [°]	R [m]	massa [kg]	Ek [kJ]	h_{attiva} [m]	A_{attiva} [m ²]	E^* [-]	δ/b [-]	δ [m]	F_{max} [kN]	$F_{lineare}$ [kN/m]
C1	0.5	5	40	0.49	1350	17	2.09	15.68	0.013	0.01	0.05	337.5	68.5
C2	0.5	5	90	0.49	1350	17	2.09	15.68	0.013	0.01	0.05	337.5	68.5
C3	0.5	10	40	0.49	1350	68	2.09	15.68	0.053	0.07	0.35	192.9	39.2
C4	0.5	10	90	0.49	1350	68	2.09	15.68	0.053	0.07	0.35	192.9	39.2
C5	0.5	20	40	0.49	1350	270	2.09	15.68	0.213	0.135	0.675	400.0	81.2
C6	0.5	20	90	0.49	1350	270	2.09	15.68	0.213	0.135	0.675	400.0	81.2
C7	1	5	40	0.62	2700	34	2.22	16.98	0.018	0.028	0.14	241.1	38.9
C8	1	5	90	0.62	2700	34	2.22	16.98	0.018	0.028	0.14	241.1	38.9
C9	1	10	40	0.62	2700	135	2.22	16.98	0.074	0.075	0.375	360.0	58.0
C10	1	10	90	0.62	2700	135	2.22	16.98	0.074	0.075	0.375	360.0	58.0
C11	1	20	40	0.62	2700	540	2.22	16.98	0.294	0.152	0.76	710.5	114.5
C12	1	20	90	0.62	2700	540	2.22	16.98	0.294	0.152	0.76	710.5	114.5
C13	5	5	40	1.06	13500	169	2.66	21.74	0.035	0.032	0.16	1054.7	99.4
C14	5	5	90	1.06	13500	169	2.66	21.74	0.035	0.032	0.16	1054.7	99.4
C15	5	10	40	1.06	13500	675	2.66	21.74	0.140	0.115	0.575	1173.9	110.7
C16	5	10	90	1.06	13500	675	2.66	21.74	0.140	0.115	0.575	1173.9	110.7
C17	5	20	40	1.06	13500	2700	2.66	21.74	0.561	0.18	0.9	3000.0	282.8
C18	5	20	90	1.06	13500	2700	2.66	21.74	0.561	0.18	0.9	3000.0	282.8