

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA



MANDANTI



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTE



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.

CUP: J94F04000020001

PROGETTO ESECUTIVO

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA - PONTE GARDENA

INTEGRAZIONE PD - STUDIO DI VERSANTE FUNZIONALE ALLA PROGETTAZIONE DELLE BARRIERE PARAMASSI

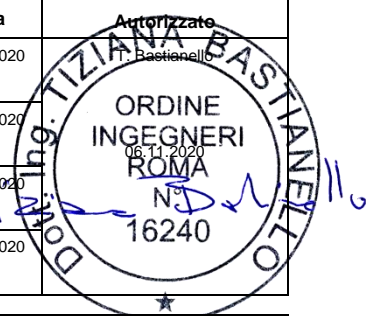
RELAZIONE TECNICA

APPALTATORE	RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE	SCALA:
06.11.2020 QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.	INGEGNERI ROMA N. 16240	-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	B	O	A	0	0	E	Z	Z	R	H	G	E	0	0	1	0	0	0	1	D
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
A	Emissione esecutiva	S. Tacus	11.01.2020	R. Pieroncini	11.02.2020	L. Fieni	11.01.2020
B	Emissione a seguito VPE e ODI	S. Tacus	08.05.2020	R. Pieroncini	08.05.2020	L. Fieni	08.05.2020
C	Emissione a seguito RDV e ODI	S. Tacus	16.10.2020	R. Pieroncini	16.10.2020	L. Fieni	16.10.2020
D	Emissione a seguito RDV e ODI	S. Tacus	06.11.2020	R. Pieroncini	06.11.2020	L. Fieni	06.11.2020



File: IB0A00EZZRHGE0010001D.docx

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>2 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	2 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	2 di 44								

INDICE

1. PREMESSE.....	5
2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	8
3. CAMPAGNA DI RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO-STRUTTURALE	9
4. ANALISI DI CADUTA DI VOLUMI ROCCIOSI CON SOFTWARE 3D	17
5. ANALISI DI CADUTA DI VOLUMI ROCCIOSI CON SOFTWARE 2D	22
6. INTERVENTI DI DIFESA PASSIVI E DI CONSOLIDAMENTO ESISTENTI	32
7. INTERVENTI PROPOSTI PER LA MITIGAZIONE DEL PERICOLO	39
8. CONCLUSIONI	43
APPENDICE A. REPORT ANALISI DI CADUTA MASSI	44

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Diesteban</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>3 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	3 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	3 di 44								

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Vista panoramica del tratto di fondovalle interessato dagli interventi.	5
Figura 2. Corografia degli interventi in progetto.	6
Figura 3. Immagine fotografica del maso “Schönau” prima della sua demolizione per la costruzione del viadotto autostradale, 1900 (archivio proprietario Markus Schrott).	7
Figura 4. Strumentazione utilizzata per il rilievo Laser scanner del versante.	9
Figura 5. Nicchia di crollo con copertura vegetale rimasta sospesa nel vuoto.	10
Figura 6. Vegetazione in crescita all’interno dell’ammasso roccioso fratturato.	11
Figura 7. Ammasso roccioso fortemente allentato ed alterato, con fessure di trazione aperte.	11
Figura 8. Blocchi isolati con processo di scalzamento al piede in atto.	12
Figura 9. Blocco “chiave”, il cui crollo per ribaltamento diretto può produrre il franamento delle masse rocciose retrostanti.	13
Figura 10. Elementi di crollo presenti al piede delle pareti rocciose affioranti sul pendio.	13
Figura 11. Affioramenti rocciosi presenti sul versante sovrastante gli interventi in progetto.	14
Figura 12. Possibili meccanismi di rottura di masse rocciose con relativa rappresentazione su stereogrammi equi-area di Schmidt.	15
Figura 13. Superficie di discontinuità a franappoggio che determina un meccanismo di rottura con scivolamento piano dell’elemento roccioso.	16
Figura 14. Intersezione tra due famiglie di discontinuità che determina una rottura per scivolamento a cuneo.	16
Figura 15. Rottura per ribaltamento di blocchi lastriformi, con fessura di trazione aperta.	17
Figura 16. Tipi di suolo e corrispondenti valori di R_n . Tratto da: Rockyfor3D (V5.1) rivelato.	18
Figura 17. Carta dei tipi di suolo associati ai singoli poligoni omogenei nei quali è stata discretizzata l’area di studio ai fini della modellazione con il software Rockyfor3D.	19
Figura 18. Carta delle aree sorgente con rappresentazione grafica del diametro equivalente dei blocchi ed indicazione numerica dei volumi dei blocchi simulati.	21
Figura 19. Carta dei profili modellati e delle barriere paramassi proposte.	23
Figura 20. Dettaglio dei freni e delle funi con evidenti segni di degrado e lacune di montaggio nelle morsettature.	33
Figura 21. Dettaglio di controventatura delle barriere esistenti sepolto parzialmente sotto un accumulo di detrito.	34
Figura 22. Funi perimetrali basse con sistema frenante sepolti nel detrito.	34
Figura 23. Tirafondi e dadi fortemente ossidati.	35

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvano Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>4 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	4 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	4 di 44								

Figura 24. Barriera paramassi localizzata dietro la pila n. 13 del viadotto autostradale “Novale”.	35
Figura 25. Reti metalliche a doppia torsione zincate localizzate a monte del viadotto autostradale “Novale” tra le pile n. 17 e n. 22.	36
Figura 26. Pannelli in fune localizzati a monte della pila n. 21 del viadotto autostradale “Novale” con scarsa aderenza e privi di funi di armatura.	37
Figura 27. Pannelli in fune localizzati a monte della pila n. 21 del viadotto autostradale “Novale”.	37
Figura 28. Muri in pietra localizzati a monte della pila n. 21 del viadotto autostradale “Novale”.....	38
Figura 29. Muri in pietra e rete metallica localizzati tra le pile n. 19 e n. 20 del viadotto autostradale “Novale”.	38
Figura 30. Tratto compreso tra le pile n. 18 e n. 23 del viadotto autostradale interessato dalla realizzazione delle nuove barriere come da PD.....	40
Figura 31. Tratto di barriere esistenti all’altezza della pila n. 23 del viadotto autostradale “Novale”.	41
Figura 32. Tratto in sovrapposizione delle barriere esistenti all’altezza della pila n. 22 del viadotto autostradale “Novale”.	41

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Pierobon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>5 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	5 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	5 di 44								

1. PREMESSE

La presente relazione descrive le analisi geologico tecniche eseguite sul versante sovrastante gli interventi previsti nella progettazione esecutiva del “Sub-lotto funzionale: fluidificazione del traffico ed interconnessione con la rete esistente del lotto 1 Fortezza – Ponte Gardena”, in appalto all’RTI Quadrio Gaetano Costruzioni S.p.A. (Capogruppo Mandataria) – Impresa Silvio Pierobon S.r.l. (Mandante) – Consorzio Triveneto Rocciatori Soc. Coop. a r.l. (Mandante).

Gli interventi in progetto (Figura 1 e Figura 2) si inseriscono nel più vasto contesto delle opere del Lotto 1 Tratta Fortezza-Ponte Gardena previste nell’ambito del quadruplicamento della linea Fortezza – Verona di cui costituiscono l’anticipazione di alcune opere strettamente funzionali alla realizzazione del lotto stesso eseguibili disgiuntamente ed anticipatamente.

Le opere in appalto consistono nel dettaglio nell’adeguamento e ampliamento della viabilità podereale (Weidbruck-Schönauer), che parte dalla strada provinciale (S.P. 82 – Ponte Gardena) in prossimità della stazione di Ponte Gardena-Laion e si sviluppa tra la ferrovia e l’autostrada del Brennero A22, transitando in prossimità del maso “Schönau”, che, con la realizzazione degli interventi in appalto, sarà demolito (Figura 3).

Il progetto prevede, quindi, il sotto attraversamento dei binari della linea storica per il collegamento ad uno dei nuovi rami ferroviari in galleria, necessario sia per la fase di cantiere delle opere del Lotto 1, sia per le future esigenze di sicurezza e di esercizio della nuova linea, che per le attività di manutenzione nelle zone interessate.



Figura 1. Vista panoramica del tratto di fondovalle interessato dagli interventi.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>6 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	6 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	6 di 44								

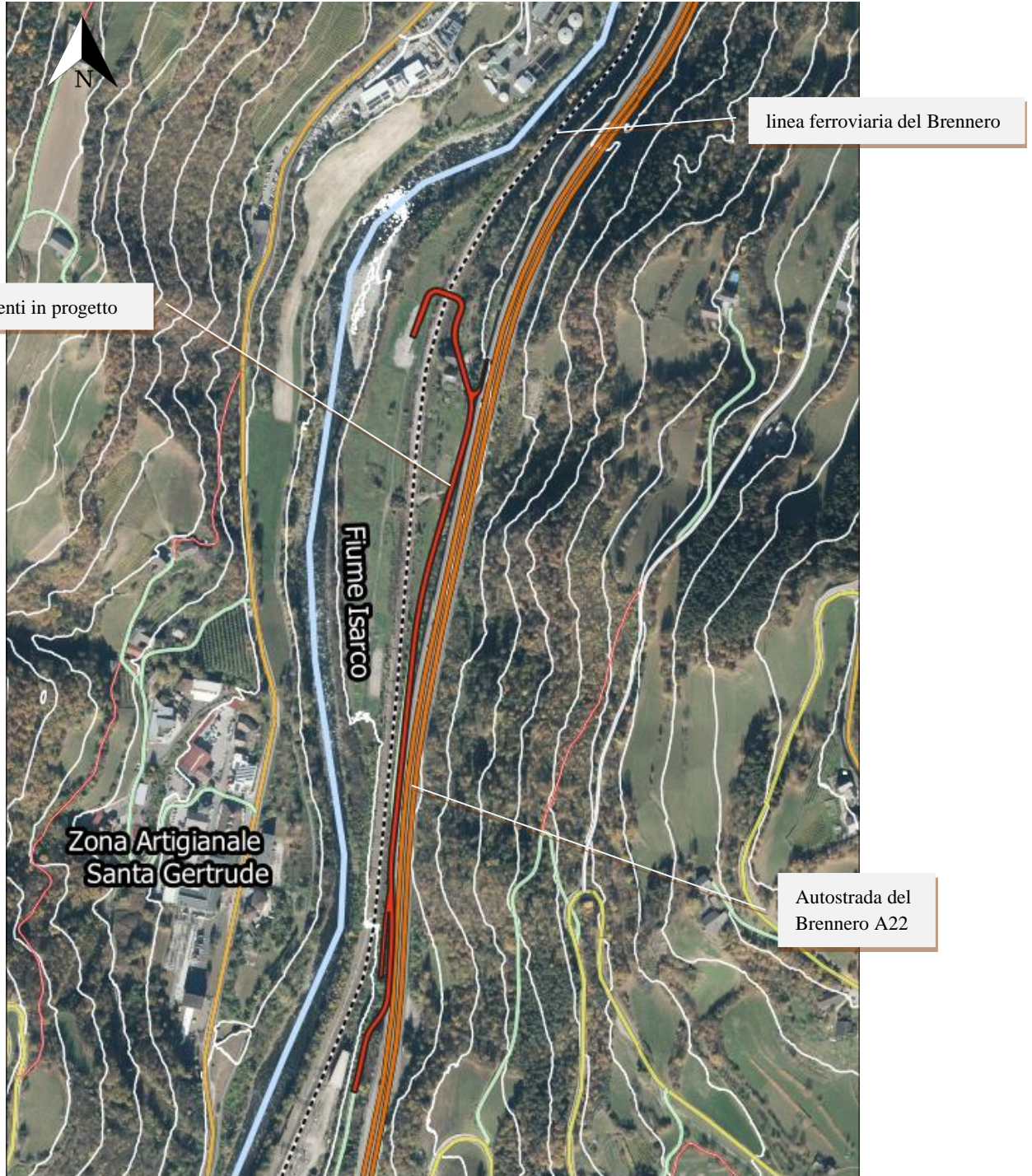


Figura 2. Corografia degli interventi in progetto.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Diesteban</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>7 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	7 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	7 di 44								



Figura 3. Immagine fotografica del maso “Schönau” prima della sua demolizione per la costruzione del viadotto autostradale, 1900 (archivio proprietario Markus Schrott).

Allo stato attuale, a difesa della strada poderale, dell’esercizio ferroviario e, marginalmente, dell’Autostrada del Brennero A22 sono presenti allineamenti di barriere paramassi rigide metalliche (lunghezza complessiva: 234 m ca.), barriere paramassi elastiche (lunghezza complessiva: 430 m ca.), nonché un tratto di 50 m di barriera paramassi deformabile, rafforzamenti corticali e sottomurazioni con pietrame a secco.

In fase di progetto definitivo si verificava che l’adeguamento e l’ampliamento della viabilità in appalto risultava interferente con alcuni tratti delle barriere paramassi rigide ed elastiche sopraindicate, di cui pertanto doveva essere prevista la rimozione. Il tratto interferente di barriere rigide metalliche (186 m ca.) veniva sostituito con nuove barriere di pari tipologia, posizionate sulla testa del muro di sostegno lato valle della nuova strada con una lunghezza pari a 250 m. Il tratto interferente di barriere elastiche (174.51 m), veniva quindi sostituito con nuove barriere, di pari tipologia, posizionate leggermente a monte di quelle esistenti da demolire ed in adiacenza alle pile (n. 18÷23) del viadotto “Novale” dell’autostrada A22, per lunghezza pari a 171.95 m (cfr. doc. IBL10AD26BZNV0900002A, IBL10AD26RHN0900001C e IBL10AD26PZNV0930002B).

Il presente Studio di Versante viene, nello specifico, redatto in risposta a quanto richiesto nell’istruttoria Italferr SpA alla Relazione di Sistema trasmessa con nota AGCN.VP.0071523.19.U del 16/10/2019. In corso di redazione sono state altresì prese in esame le risultanze dello Studio prodotto a latere da Italferr SpA e contenute nella “Relazione illustrativa sulle barriere paramassi - (Zona viabilità Ponte Gardena) consegnata in data 19/09/2019.

Lo studio, in coerenza con quanto già prodotto da Italferr (cfr Relazione consegnata in data 19/09/2019), ha come unico obiettivo l’individuazione dei fenomeni di dissesto idrogeologico in atto o potenziali sul versante esaminato e sovrastante le opere in progetto e la proposta di interventi finalizzati alla loro mitigazione; lo studio non entra quindi nel merito delle interferenze geologiche e geotecniche delle opere previste al piede del versante.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><small>Impresa di Via Dietrich</small> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>8 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	8 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	8 di 44								

Per la redazione dello Studio è stato eseguito un rilievo topografico *ad hoc* con tecnica Laser scanner, oltre ad un dettagliato rilievo geomorfologico del versante, finalizzato all'identificazione di fenomeni di dissesto in atto, sospesi, quiescenti e stabilizzati.

2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC 2018 - D.M. del 17 gennaio 2018.
- Circolare C.S.LL.PP. del 27 luglio 2018, n. 29/2017 – Circolare applicativa delle nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con D.M. 17 Gennaio 2018.
- Delibera della Giunta provinciale 13 settembre 2016, n. 989, Modifica delle Direttive per la redazione dei Piani delle zone di pericolo secondo la legge urbanistica provinciale, legge provinciale 11 agosto 1997, n. 13, articolo 22/bis.
- Indicazioni di lavoro per la redazione del piano delle zone di pericolo Frane – LX della Provincia autonoma di Bolzano - Alto Adige, 11.6 Ufficio Geologia e prove materiali (Versione 1: settembre 2016).
- UNI 11211-1 Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 1: Termini e definizioni.
- UNI 11211-2 Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 2: Programma prelim. di intervento.
- UNI 11211-3 Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 3: Progetto preliminare.
- UNI 11211-4 Opere di difesa dalla caduta massi - Parte 4: Progetto definitivo ed esecutivo.
- ETAG 027 – GUIDA PER IL BENESTARE TECNICO EUROPEO di SISTEMI DI PROTEZIONE PARAMASSI.
- Progetto Definitivo “Sublotto funzionale: fluidificazione del traffico ed interconnessione con la rete esistente del lotto 1 Fortezza - Ponte Gardena”.
- RELAZIONE ILLUSTRATIVA SULLE BARRIERE PARAMASSI (Zona viabilità Ponte Gardena) – Documento IBL1 0A D 69 RH GE0005 001 A - 24/12/2018.
- RELAZIONE GEOLOGICO – GEOMECCANICA RELATIVA AL VERSANTE SOVRASTANTE L'AUTOSTRADA A22 DEL BRENNERO IN UN TRATTO COMPRESO TRA LE PILE 12 E 25 DEL VIADOTTO NOVALE, Committente: Autostrada del Brennero S.p.A., redatto da: Dott. Geol. Zeno Renato Zago, ottobre 2011.
- Piano delle Zone di Pericolo del Comune (PZP) in vigore del Comune di Laion (BZ).
- PZP - SIMBOLOGIA PER LA CARTA GEOMORFOLOGICA (ex legenda IFFI) - VERSIONE AGGIORNATA 3.2013.
- Dorren L.K.A. & Simoni, S., 2014. Rockyfor3D (V5.1) rivelato – Descrizione trasparente del modello 3D di caduta massi. ecorisQ Paper (www.ecorisq.org): 27 p.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa di Stato</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>9 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	9 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	9 di 44								

Per gli aspetti topografici sono stati utilizzati:

- Fogli 9172, 9153, 8141, 8154 della nuova Carta Tecnica della Provincia, scala 1: 5.000 e relativo modello di elevazione digitale del terreno DTM Solar Tirol.
- Ortofoto della Provincia Autonoma di Bolzano (2014/2015).
- Modello a “nuvola di punti” (.las) e modello digitale del terreno (DTM) ottenuto dal rilievo Laser scanner eseguito dalla società Cartorender S.r.l. di Bolzano (Figura 4), utilizzato come base topografica nelle simulazioni di caduta massi con software 2D e 3D e per la redazione degli elaborati cartografici e grafici allegati alla presente relazione.



Figura 4. Strumentazione utilizzata per il rilievo Laser scanner del versante.

3. CAMPAGNA DI RILEVAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO-STRUTTURALE

Il rilevamento geologico tecnico-geomorfologico effettuato ha avuto come obiettivi:

- l’individuazione degli affioramenti rocciosi e delle relative litologie;
- l’individuazione delle coperture quaternarie e la definizione delle loro caratteristiche fisico-meccaniche;
- l’individuazione delle forme tettonico-strutturali;
- la definizione delle caratteristiche di rugosità dei terreni (substrato roccioso, detriti e depositi di versante) ai fini della simulazione di caduta massi con software 2D e 3D;

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Diesteban</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>10 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	10 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	10 di 44								

- l'individuazione dei processi franosi attuali e pregressi interessanti il versante, la definizione delle loro caratteristiche in termini di cinatismi, volumi e potenzialità.

Per quanto concerne i processi franosi sono stati individuati esclusivamente i crolli ed i ribaltamenti.

Per attribuire il grado di attività, ovvero l'instabilità esistente o potenziale, sono state prese in considerazione:

- la presenza di nicchie di distacco fresche (Figura 5);
- la presenza di fratture fresche, con spigoli vivi e non alterate;



Figura 5. Nicchia di crollo con copertura vegetale rimasta sospesa nel vuoto.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p>Impresa Silvio Diesteban consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>11 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	11 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	11 di 44								

- la presenza di apparati radicali in crescita all'interno delle fratture (Figura 6);



Figura 6. Vegetazione in crescita all'interno dell'ammasso roccioso fratturato.

- il grado di fratturazione e di allentamento dell'ammasso roccioso (Figura 7);



Figura 7. Ammasso roccioso fortemente allentato ed alterato, con fessure di trazione aperte.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><small>Impresa Silvio Diesteban</small> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>12 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	12 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	12 di 44								

- il grado di alterazione della superficie dei giunti e dello scheletro roccioso;
- lo scalzamento al piede di singoli volumi rocciosi instabili (Figura 8);



Figura 8. Blocchi isolati con processo di scalzamento al piede in atto.

- la presenza di blocchi “chiave”, il cui crollo può determinare il franamento delle masse rocciose retrostanti (Figura 9).

La valutazione della potenzialità alle dinamiche di crollo ha tenuto altresì conto degli eventi, sempre più frequenti, meteorologici, che per intensità molto elevata (es. tempesta Vaia dell’ottobre 2018) hanno accelerato ed accelerano sensibilmente i processi di degradazione ed alterazione delle masse rocciose e la loro predisposizione al franamento.

Durante il rilievo, inoltre, sono stati osservati e misurati i blocchi presenti sul pendio (Figura 10) testimoni di crolli pregressi. La loro posizione, unitamente alla loro dimensione, ha consentito di sviluppare adeguate “back-analysis” delle traiettorie di caduta (bidimensionali e tridimensionali) e tarare i parametri fisico-meccanici utilizzati nei modelli previsionali.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvano Diesteban</i></p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>13 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	13 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	13 di 44								

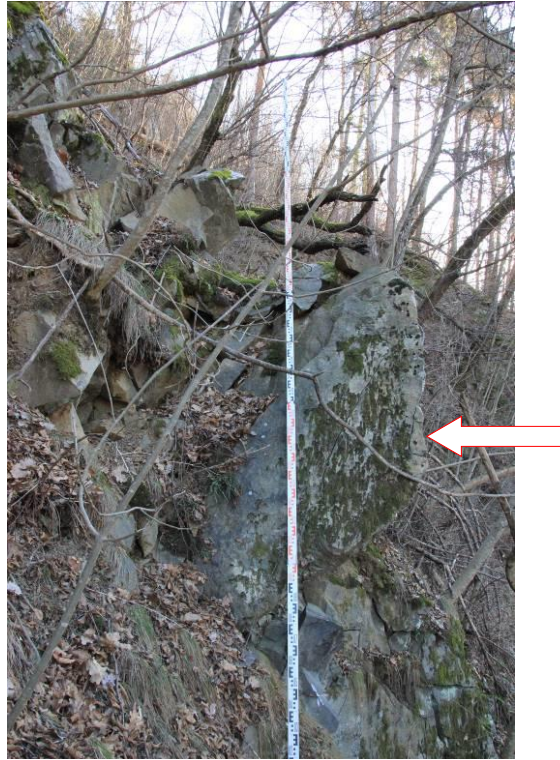


Figura 9. Blocco “chiave”, il cui crollo per ribaltamento diretto può produrre il franamento delle masse rocciose retrostanti.



Figura 10. Elementi di crollo presenti al piede delle pareti rocciose affioranti sul pendio.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Diesteban</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>14 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	14 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	14 di 44								

In generale, gli affioramenti rocciosi di paragneiss ed i tratti di versante con roccia sub-affiorante (Figura 11), sono strutturalmente molto discontinui e distribuiti a “chiazze” sul versante.



Figura 11. Affioramenti rocciosi presenti sul versante sovrastante gli interventi in progetto.

Le discontinuità (fessure delle masse rocciose) rilevate, complice l’assetto tettonico strutturale, hanno orientazioni (dip e dip direction) molto disperse e, quindi, le analisi cinematiche risentono fortemente delle situazioni locali e delle diverse esposizioni del versante. La stabilità delle masse rocciose e dei singoli blocchi è stata valutata in modo deterministico, ritenendo non adeguato un approccio statistico nella rappresentazione delle discontinuità e nelle analisi cinematiche su più larga scala (test di Markland e Matheson).

Sono stati osservati tutti i meccanismi di rottura delle masse rocciose conosciuti (Figura 12): scivolamento piano (Figura 13), scivolamento a cuneo (Figura 5 e Figura 14), ribaltamento a blocchi e flessionale (Figura 9 e Figura 15).

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p>Impresa Silvio Di Stefano consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>15 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	15 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	15 di 44								

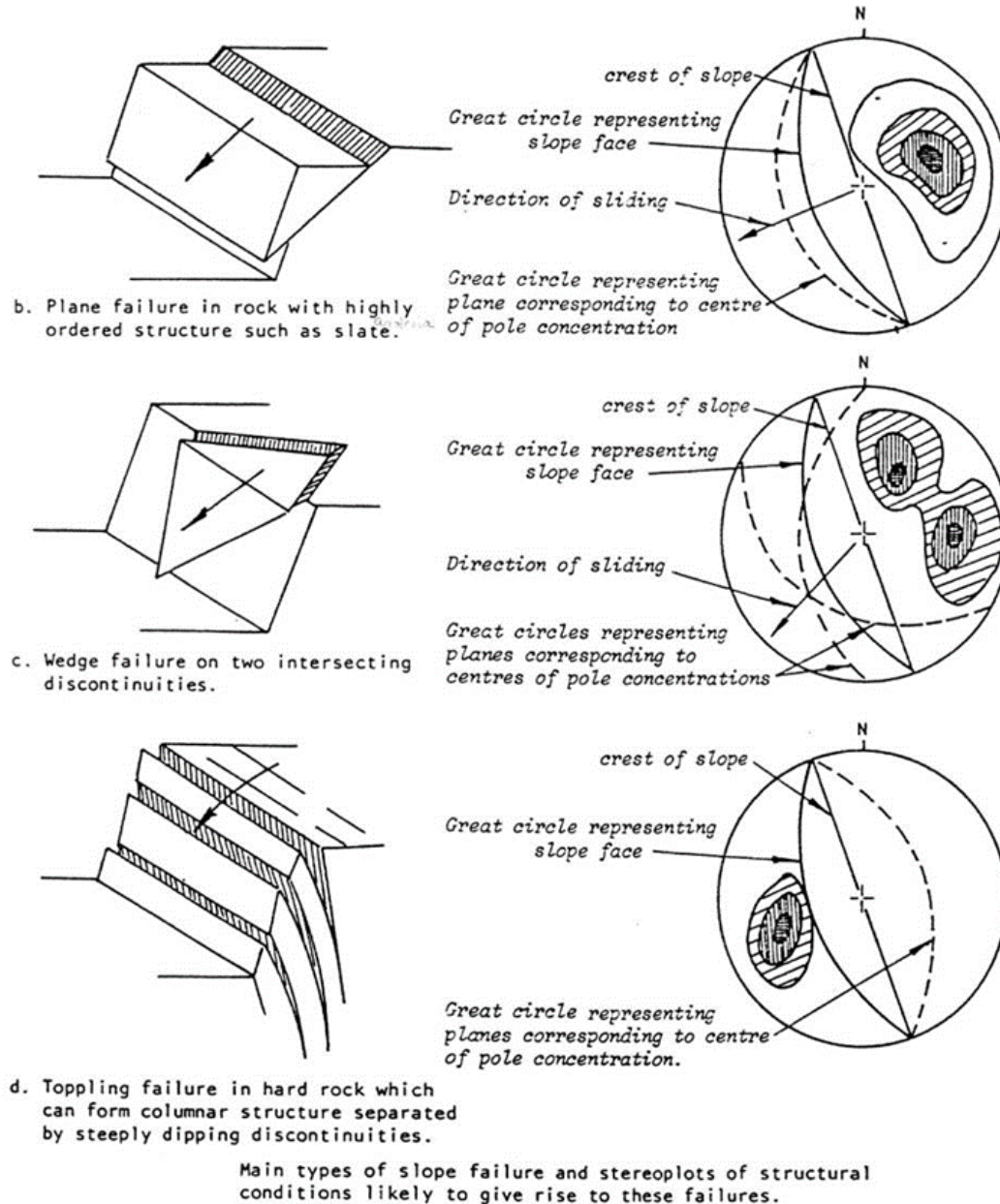


Figura 12. Possibili meccanismi di rottura di masse rocciose con relativa rappresentazione su stereogrammi equi-area di Schmidt.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvano Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>16 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	16 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	16 di 44								



Figura 13. Superficie di discontinuità a franappoggio che determina un meccanismo di rottura con scivolamento piano dell'elemento roccioso.



Figura 14. Intersezione tra due famiglie di discontinuità che determina una rottura per scivolamento a cuneo.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><small>Impresa S. Maria Di Stefano</small> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>17 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	17 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	17 di 44								



Figura 15. Rottura per ribaltamento di blocchi lastriformi, con fessura di trazione aperta.

Gli esiti della campagna di rilevamento sono rappresentati graficamente nella carta geomorfologica, geolitologica a corredo della presente (cfr. doc. IB0A00EZZG8GE0010001D) e nella rappresentazione tridimensionale del versante, nella quale sono indicate le aree di dissesto (aree sorgente) identificate (cfr. doc. IB0A00EZZGZGE0010001C).

La carta geomorfologica è stata redatta utilizzando i segni convenzionali (ex. legenda IFFI -Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia-) utilizzati nell'ambito della stesura della Carta delle zone di pericolo (CZP) a corredo del Piano delle zone di pericolo dei comuni dell'Alto Adige. Per tale motivo e per la differente scala di rappresentazione, tale elaborato presenta dissomiglianze rispetto a quanto riportato nella cartografia geologica di progetto (cfr. doc. IB0A00EZZL6GE0002001A).

4. ANALISI DI CADUTA DI VOLUMI ROCCIOSI CON SOFTWARE 3D

Per simulare i fenomeni di crollo è stato utilizzato il modello matematico Rockyfor3D v.5.2.14 (September 2019-© ecorisQ 1998-2019), che combina i dati rilevati in campagna alle leggi fisiche che regolano il comportamento di caduta di un grave. Il modello, fisicamente basato, combina algoritmi deterministici con approcci stocastici e calcola la traiettoria di caduta dei singoli blocchi rocciosi nelle tre dimensioni. Rockyfor3D simula la traiettoria di caduta massi con un vettore che memorizza i valori tridimensionali (di posizione e velocità), attraverso il calcolo di una sequenza di cadute libere del grave, descritte dalla classica legge parabolica di caduta libera in aria e di rimbalzi sulla superficie del pendio. La traiettoria del blocco viene quindi calcolata come una successione di moti parabolici, rimbalzi e/o rotolamenti.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p>Impresa S. Maria Diastoben consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>18 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	18 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	18 di 44								

I dati di ingresso richiesti consistono in un set di mappe raster ASCII in formato ESRI, che definiscono la topografia e le caratteristiche della superficie del pendio, e un insieme di parametri che definiscono le condizioni di distacco. Per le simulazioni eseguite in questo studio è stato utilizzato un modello digitale del terreno con celle di 1 m, creato dal ricampionamento del DTM ad altissima risoluzione (prodotto ad hoc per questo studio dalla ditta Cartorender s.r.l.) e del modello digitale Solar Tirol della Provincia Autonoma di Bolzano.

I dati input in forma di mappa raster introdotti nel software di calcolo sono:

- Rockdensity: densità dei massi espressa in kg/m^3 ;
- blshape: forma del blocco in caduta per ogni cella sorgente (nel caso in esame parallelepipedo);
- d1, d2, d3: tre mappe che definiscono le tre dimensioni del blocco;
- rg70, rg20, rg10: mappe che esprimono in termini probabilistici la scabrezza della superficie inclinata. Le tre classi (70%, 20% e 10%) descrivono la probabilità che un masso ha di incontrare un ostacolo di una certa altezza lungo il suo percorso. Ognuna di queste classi è rappresentata da una mappa raster e corrisponde all'altezza in metri di un ostacolo rappresentativo (MOH), che un masso che cade incontra nel 70%, 20% e 10% dei casi, durante un rimbalzo nel poligono definito. La scabrezza della superficie viene utilizzata per calcolare il coefficiente tangenziale di restituzione. È quindi il parametro che determina l'energia persa durante il rimbalzo sulla superficie pertanto non comporta effetti sull'altezza del terreno o sull'angolo di pendenza locale in una cella raster;
- Soiltype (Figura 16 e Figura 17): tipologia del suolo (indicazione indiretta dell'elasticità del terreno) collegata direttamente al valore di R_n (coefficiente di restituzione normale).

Tipo di suolo	Descrizione generale del suolo	R_n valori medi	R_n intervallo di valori
0	Fiume, o palude, o materiale in cui un masso potrebbe penetrare completamente	0	0
1	Materiale fine (spessore > ~100 cm)	0,23	0,21 - 0,25
2	Materiale fine fluviale (spessore < ~100 cm) o sabbia/ghiaia mista	0,28	0,25 - 0,31
3	Detrito di falda ($\varnothing < \sim 10$ cm); o suolo compatto medio con piccoli massi; o strade forestali	0,33	0,30 - 0,36
4	Detrito di versante ($\varnothing > \sim 10$ cm); o suolo compatto con grandi massi	0,38	0,34 - 0,42
5	Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica	0,43	0,39 - 0,47
6	Substrato roccioso	0,53	0,48 - 0,58
7	Strade asfaltate	0,35	0,32 - 0,39

Figura 16. Tipi di suolo e corrispondenti valori di R_n . Tratto da: Rockyfor3D (V5.1) rivelato.

Per ogni cella sorgente, come suggerito dall'Autore del software, sono stati impostati n. 100 lanci; non è stata introdotta una variazione percentuale delle tre dimensioni dei blocchi, per il sovradimensionamento intrinseco attuato associando ai blocchi una forma parallelepipeda e per le misure dei blocchi fatte direttamente in sito, non ricavate da analisi indirette.

Nel modello di calcolo non è stata impostata alcuna altezza di caduta iniziale aggiuntiva e non è stata considerata la presenza del bosco (valutazione cautelativa basata sia sulla tipologia di bosco ceduo presente e sui diametri dei fusti rilevati, generalmente inferiori ai 15 cm, sia sulla base della considerazione che, nel tempo, il bosco potrebbe subire modifiche sostanziali o addirittura scomparire del tutto, ad esempio a seguito di incendio e di eventi parossistici ventosi).

IMPRESE

QUADRIO GAETANO
COSTRUZIONI S.P.A.

Impresa Silvio Diestoben
consorzio
triveneto
rocciatori

PROGETTISTI

P.A.T. s.r.l.

GO
GE

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1
FORTEZZA-PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	19 di 44

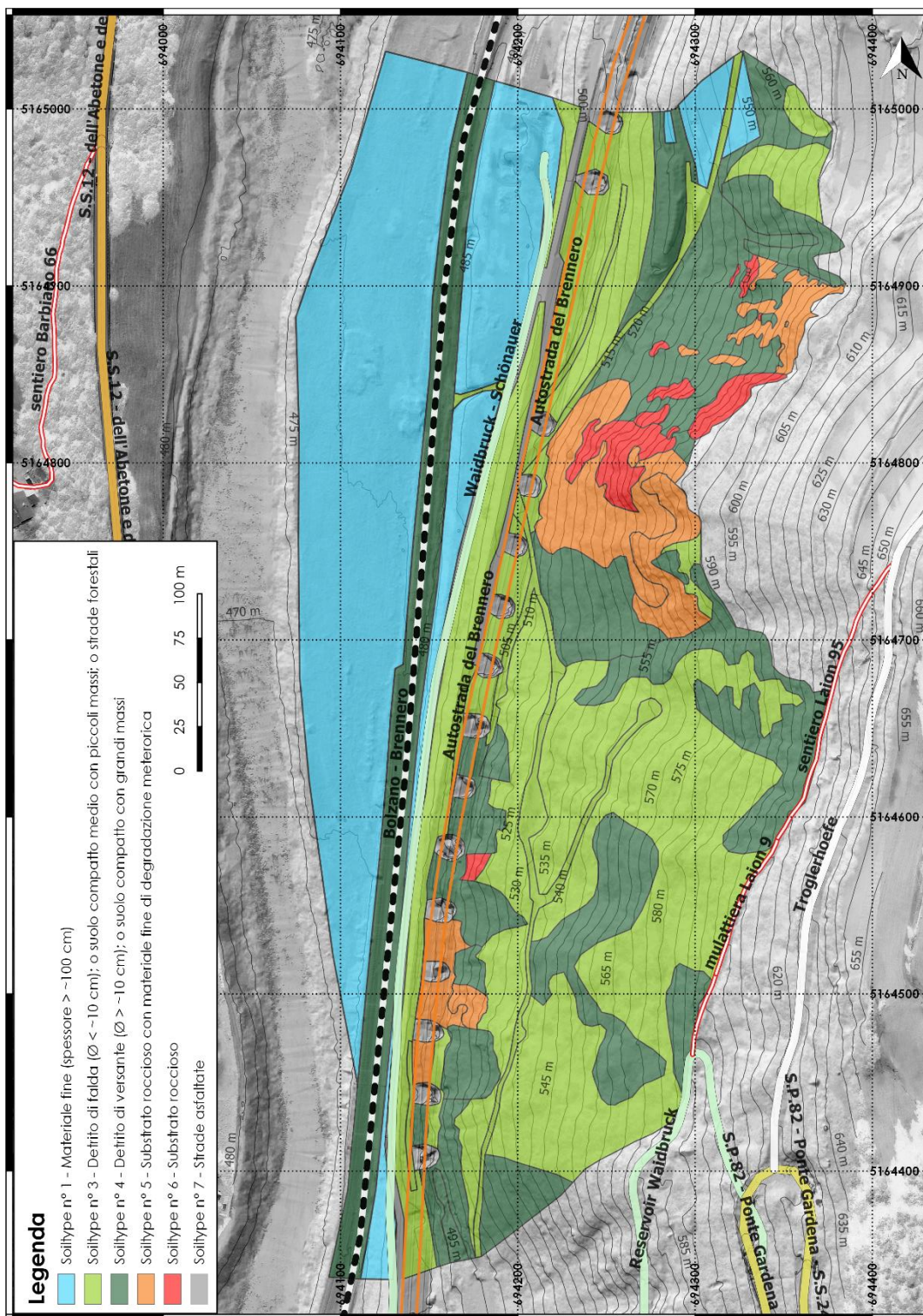


Figura 17. Carta dei tipi di suolo associati ai singoli poligoni omogenei nei quali è stata discretizzata l'area di studio ai fini della modellazione con il software Rockyfor3D.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa S. Maria Dirolan</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>20 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	20 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	20 di 44								

Sul versante esaminato sono state identificate aree soggette a crollo/ribaltamento attive (cfr. doc. IB0A00EZZG8GE0010001D, IB0A00EZZGZGE0010001C e Figura 18), o diversamente definite come aree sorgente, che, ai fini della rappresentazione grafica secondo la ex. legenda IFFI ed in accordo alle Direttive per la redazione dei piani di pericolo della Provincia Autonoma di Bolzano, sono distinte in:

- Caduta massi con diametro equivalente $\varnothing < 0,5\text{m}$;
- Caduta massi con diametro equivalente $0,5 < \varnothing < 2\text{m}$;
- Caduta massi con diametro equivalente $> 2\text{m}$;

Ad ogni area sorgente è associato il valore del volume unitario del blocco inserito nelle simulazioni.

La simulazione è stata quindi effettuata, considerando il crollo dei blocchi provenienti dalle diverse aree sorgente come riportato in figura 18. A simulazione completata il programma genera i dati raster di seguito elencati e rappresentati graficamente nel documento IB0A00EZZG6GE0010003A, così come previsto dalle “Indicazioni di lavoro per la redazione del piano delle zone di pericolo Frane – Lx, settembre 2016”, illustrate in un documento accompagnatorio alle “nuove” Direttive per la redazione dei piani delle zone di pericolo e per la classificazione del rischio (Delibera 13 settembre 2016, n. 989).

- Probabilità di raggiungimento (Reach Probability): espressa in percentuale, rappresenta la maggiore o minore probabilità che almeno un masso arrivi in una data cella; in allegato è stata evidenziata la Reach Probability pari al 98,6%, che nel caso in esame è stata assunta arbitrariamente come valore limite di propagazione dei processi franosi; il rimanente 1,4% viene assunto come outliers o scenario estremo.
- Numero di passaggio di blocchi in ogni cella.
- Altezza di volo – Ph_95: 95° percentile delle altezze di passaggio registrate in ogni cella misurate in metri nella direzione Z assoluta.
- Energia – E_95: valori di energia espressi in kJ riferiti al 95° percentile di energia cinetica registrati in ogni cella.

IMPRESE

QUADRIO GAETANO
COSTRUZIONI S.P.A.

Impresa Silvio Diotolen
consorzio
triveneto
rocciatori

PROGETTISTI

P.A.T. s.r.l.

GS
GE

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1
FORTEZZA-PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	21 di 44

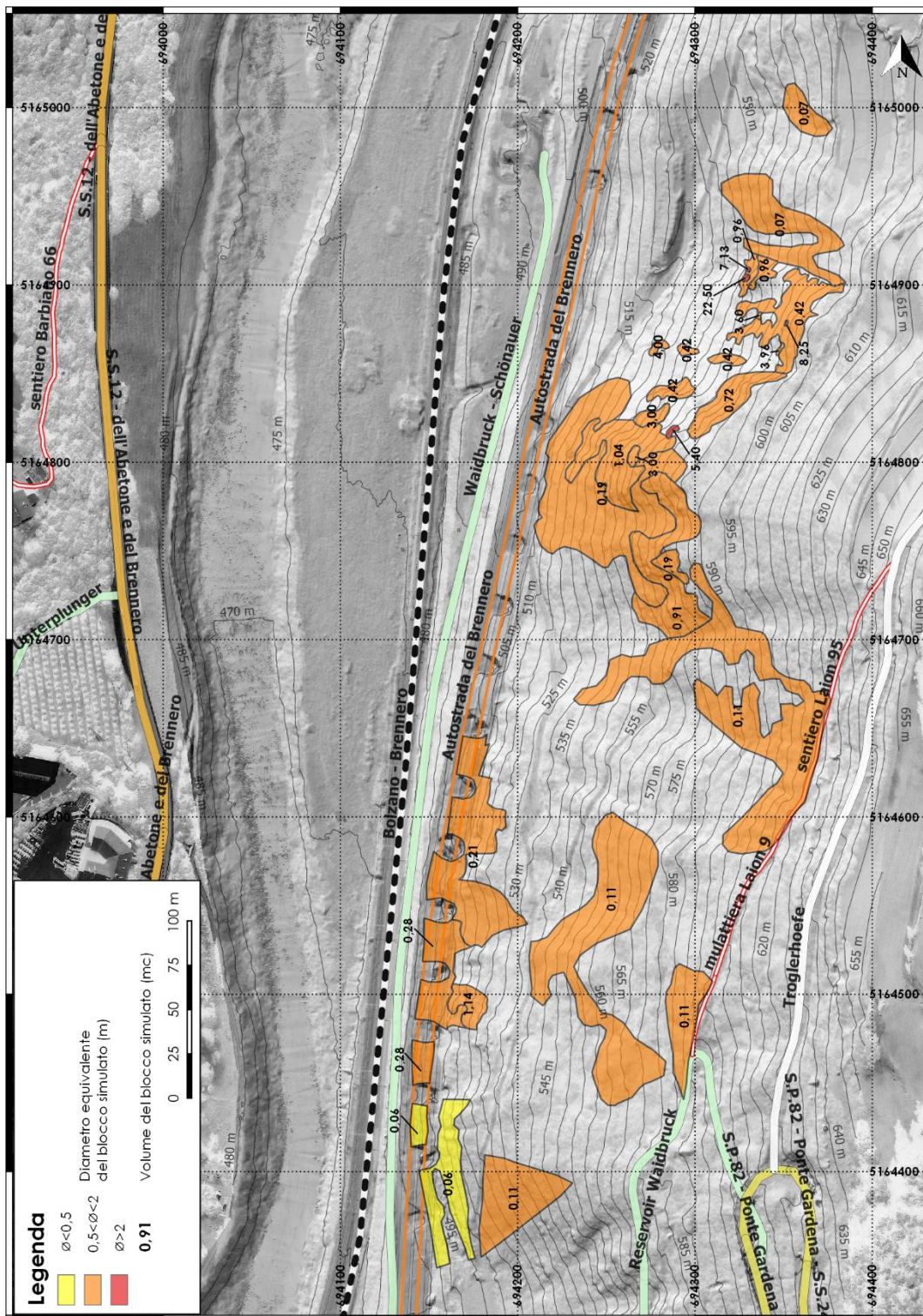


Figura 18. Carta delle aree sorgente con rappresentazione grafica del diametro equivalente dei blocchi ed indicazione numerica dei volumi dei blocchi simulati.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p>Impresa S. Maria Di Stefano consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>22 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	22 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	22 di 44								

5. ANALISI DI CADUTA DI VOLUMI ROCCIOSI CON SOFTWARE 2D

Allo scopo di validare i risultati delle analisi di caduta massi 3D ed “...indirizzare la scelta relativa all'ubicazione delle opere di difesa...” (cfr. UNI 11 2 11-3, Par. 6.4) sono state eseguite analisi 2D lungo differenti profili scelti arbitrariamente secondo il principio cautelativo della massima pendenza, valutando altresì le aree del versante con il transito maggiore di blocchi e le condizioni (energia cinetica ed altezza di volo) più sfavorevoli nell'ottica di difesa ottenute dalle simulazioni tridimensionali. La UNI 11 2 11-3, Par. 6.4 prevede, infatti, approcci di studio e best practice nella scelta delle sezioni di bidimensionali.

Il programma utilizzato è RocFall (v. 5.017) della RocScience. Le traiettorie di caduta ed il relativo profilo topografico sono state estrapolate dal medesimo DTM impiegato nelle simulazioni 3D. Si evidenzia come l'impiego di software differenti possa determinare una certa divergenza dei dati output.

Nel caso bidimensionale l'area sorgente (area di possibile distacco e crollo di volumi rocciosi) è identificata da una linea di lancio (Line Seeder).

Il pendio, rappresentato da una sezione topografica, è stato discretizzato in tratti omogenei di terreno, a cui sono stati assegnati i coefficienti dinamici (coefficiente di restituzione tangenziale, coefficiente di restituzione normale, coefficiente d'attrito al rotolamento, coefficiente d'attrito dinamico) che dipendono della tipologia del terreno che costituisce la pista di discesa (materiale fine, detrito, substrato roccioso, strada asfaltata, calcestruzzo) e la variazione di pendenza del pendio dovuta ad irregolarità locali del terreno (rugosità).

I valori scelti ed introdotti nei calcoli sono tratti dalla letteratura specifica e, per quanto riguarda il coefficiente di restituzione normale R_n , sono stati assegnati considerando i valori riportati in Figura 16, utilizzati per le analisi tridimensionali.

Il peso specifico ed il volume dei blocchi analizzati sono equivalenti a quelli utilizzati nella simulazione 3D.

Il calcolo è stato condotto esaminando 1000...+1000 lanci (cfr. UNI 11 2 11-3, Par. 6.4) per ogni profilo, mentre l'analisi del fenomeno di caduta è stata eseguita in modo statistico (metodo di Monte-Carlo), facendo variare ad ogni impatto del masso sul terreno, l'angolo d'inclinazione della traiettoria di partenza secondo un numero che dipende dalla rugosità del pendio e dalla dimensione del blocco.

Nel report conclusivo (Appendice A) e nella tavola grafica (cfr. doc. IB0A00EZZG8GE0010005A) si riassumono i dati input assunti in ogni sezione e gli esiti delle analisi sulle opere in merito all'energia, alla velocità ed all'altezza d'intercettazione. Come previsto dalla norma UNI 11 2 11 – Parte 4, la velocità e l'altezza d'intercettazione di progetto sono state assunte al frattile del 95%.

La scelta della tipologia più idonea di barriera paramassi deve basarsi sulle caratteristiche prestazionali definite nell'ETAG 27.

Per la validazione dei codici di calcolo si rimanda agli esempi di verifica e riferimenti bibliografici illustrati nel “Help Topics” del programma.

Vengono di seguito riassunti i dati input relativi ai volumi rocciosi inseriti nei calcoli e riferiti ai differenti profili modellati (Figura 19).

IMPRESE

QUADRIO GAETANO
COSTRUZIONI S.P.A.

Impresa Silvio Diestoben
consorzio
triveneto
rocciatori

PROGETTISTI

P.A.T. s.r.l.

GS
GEN

QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED
INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1
FORTEZZA-PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	23 di 44

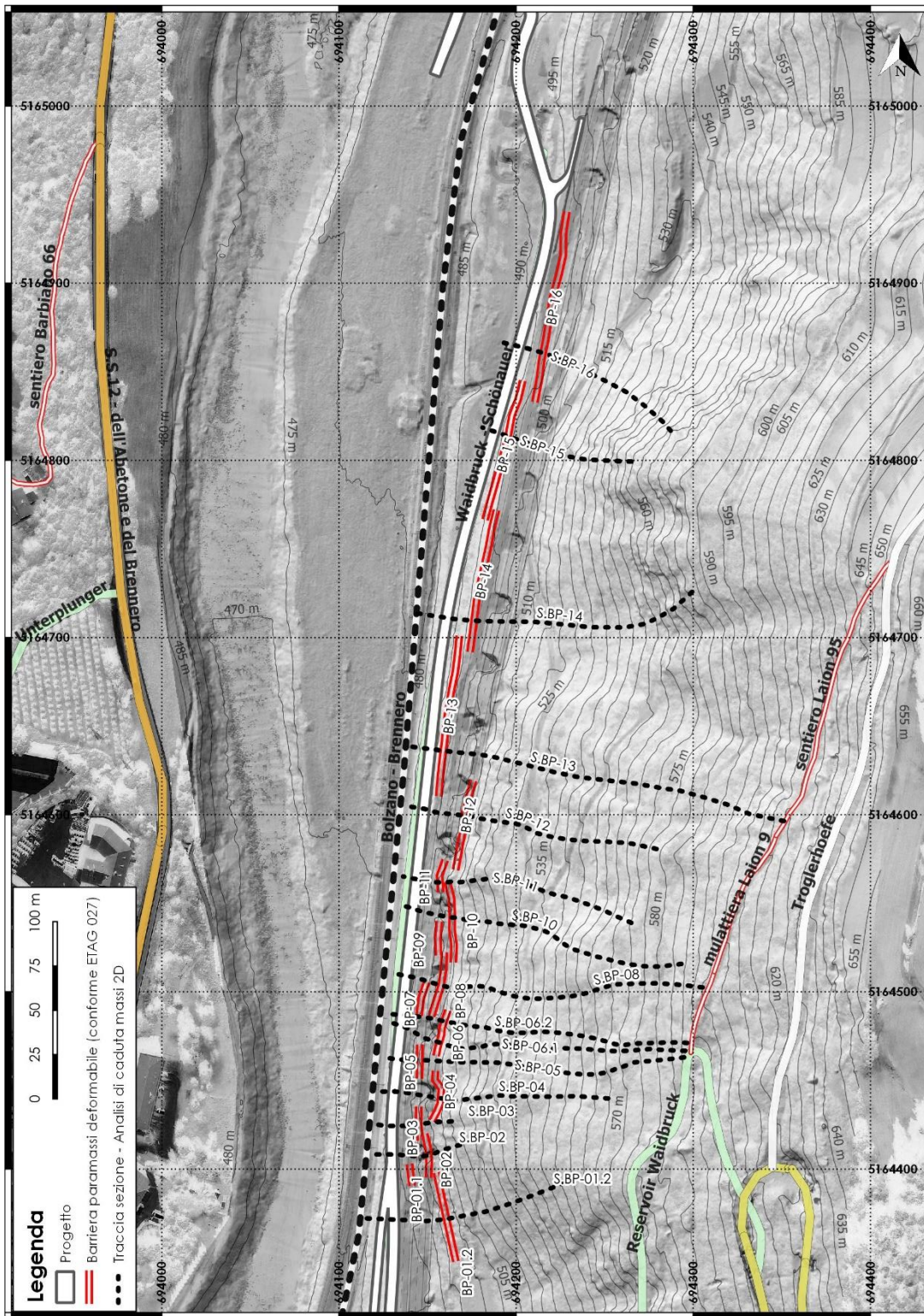


Figura 19. Carta dei profili modellati e delle barriere paramassi proposte.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p>Impresa di via Dandolo consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>24 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	24 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	24 di 44								

S.BP-01.2

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,7 x 0,5 x 0,3	2.600	273	0,11	3
Oval (2:3)	0,5 x 0,4 x 0,3	2.600	156	0,06	3

S.BP-02

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,5 x 0,4 x 0,3	2.600	156	0,06	3

S.BP-03

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,5 x 0,4 x 0,3	2.600	156	0,06	3

S.BP-04

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,7 x 0,5 x 0,3	2.600	273	0,11	3
Oval (2:3)	0,5 x 0,4 x 0,3	2.600	156	0,06	3

S.BP-05

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,7 x 0,5 x 0,3	2.600	273	0,11	3
Oval (2:3)	0,8 x 0,7 x 0,5	2.600	728	0,28	1

S.BP-06.1

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,7 x 0,5 x 0,3	2.600	273	0,11	3

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa di via Dorsobon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>25 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	25 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	25 di 44								

S.BP-06.2

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,7 x 0,5 x 0,3	2.600	273	0,11	3
Ellipse (5:6)	1,3 x 1,1 x 0,8	2.600	2.974	1,14	1
Oval (2:3)	0,8 x 0,7 x 0,5	2.600	728	0,28	3

S.BP-08

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,7 x 0,5 x 0,3	2.600	273	0,11	3
Oval (2:3)	0,8 x 0,7 x 0,5	2.600	728	0,28	3
Ellipse (5:6)	1,3 x 1,1 x 0,8	2.600	2.974	1,14	1

S.BP-10

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,7 x 0,5 x 0,3	2.600	273	0,11	3
Oval (2:3)	0,7 x 0,6 x 0,5	2.600	546	0,21	3

S.BP-11

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,7 x 0,5 x 0,3	2.600	273	0,11	3
Oval (2:3)	0,7 x 0,6 x 0,5	2.600	546	0,21	1

S.BP-12

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,7 x 0,5 x 0,3	2.600	273	0,11	3
Oval (2:3)	0,7 x 0,6 x 0,5	2.600	546	0,21	1

S.BP-13

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Oval (2:3)	0,7 x 0,5 x 0,3	2.600	273	0,11	3
Oval (2:3)	0,7 x 0,6 x 0,5	2.600	546	0,21	3

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p>Impresa di via Dandolo</p> <p>SO GEN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>26 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	26 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	26 di 44								

S.BP-14

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Ellipse (5:6)	1,3 x 1,0 x 0,7	2.600	2.366	0,91	3

S.BP-15

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Square	2,0 x 2,0 x 1,0	2.600	10.400	4,00	1
Ellipse (5:6)	1,3 x 1,0 x 0,8	2.600	2.704	1,04	1
Oval (2:3)	0,8 x 0,6 x 0,4	2.600	499	0,19	3

S.BP-16

Forma blocco	Dimensioni blocco [m x m x m]	Densità [kg/m ³]	Massa [kg]	Volume [m ³]	Velocità iniziale [m/s]
Ellipse (5:6)	2,7 x 2,5 x 0,8	2.600	14.040	5,40	1
Oval (2:3)	2,0 x 1,5 x 1,0	2.600	7.800	3,00	1
Oval (2:3)	0,8 x 0,6 x 0,4	2.600	499	0,19	3

L'output dei risultati in corrispondenza del punto d'impatto sulla barriera paramassi è sintetizzato nelle seguenti tabelle:

S.BP-01.2

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 41,55 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 16,48 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 2,27 m

S.BP-02

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 8,9 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 9,97 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 1,4 m

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa di via Diotofani</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>27 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	27 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	27 di 44								

S.BP-03

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 9,06 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 10,29 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 1,08 m

S.BP-04

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 27,06 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 13,63 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 1,15 m

S.BP-05

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 31.67 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 14.49 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 2.5 m

S.BP-06.1

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 19,46 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 10,25 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 1,86 m

S.BP-06.2

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 207,28 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 13,53 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 2,46 m

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Vitoia Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>28 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	28 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	28 di 44								

S.BP-08

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 154,6 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 16,25 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 3,42 m

S.BP-10

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 45,2 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 16,05 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 3,05 m

S.BP-11

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 33,54 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 10,70 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 1,4 m

S.BP-12

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 37,01 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 11,11 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 1,31 m

S.BP-13

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 33,41 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 14,53 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 3,18 m

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p>Impresa di via Dandolo consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>29 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	29 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	29 di 44								

S.BP-14

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 140,85 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 8,99 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 1,93 m

S.BP-15

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 982,25 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 13,05 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 3,95 m

S.BP-16

Valori su sezione di controllo (95% percentile*)	
Energia cinetica totale	E = 1.548,09 kJ
Velocità traslazionale	V_t = 13,97 m/s
Altezza di intercettazione	H_t = 2,64 m

**secondo UNI 11 2 11 – Parte 4*

Sulle barriere in progetto è stata condotta una verifica di validità secondo l'approccio MEL in conformità con le prescrizioni contenute in UNI 11 2 11 – Parte 4, Cap. 5.3.1 e 5.3.2 (Appendice A, Barrier Report).

In tutte le verifiche agli stati limite ultimo è stato assunto il volume del blocco di progetto caratteristico di un'area sorgente.

Secondo la norma qualunque sia la tipologia dell'opera di difesa in progetto, le azioni si riferiscono al caso di crollo di un masso isolato o di uno sciame di massi che agiscono sull'opera di protezione in condizioni temporali tali da poter essere considerati come un unico evento.

Il calcolo dei parametri di progetto viene eseguito attraverso l'impiego di diversi coefficienti riportati nella seguente tabella:

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p>Impresa Sfilvio Diesteban consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>30 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	30 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	30 di 44								

Parametri di progetto e coefficienti secondo UNI 11 2 11-4

M_D	Design Mass	Massa del blocco di progetto [Kg]	$(Vol_b \gamma) \gamma_{vol} \gamma_\gamma$
V_D	Design Velocity	Velocità di progetto del blocco [m/s]	$V_t \gamma_{tr} \gamma_{dp}$
E_D	Design Energy	Energia cinetica di progetto [kJ]	$(0.5 M_D V_D^2) \gamma_i$
H_D	Reliability of rockfall simulation	Altezza di intercettazione di progetto [m]	$H_t \gamma_{tr} \gamma_{dp} + R \gamma_r$
D_D	Design Barrier Deformation	Distanza di arresto [m]	$D \gamma_d$
E_{Sd}	Design Barrier Capacity	Capacità energetica di progetto della barriera [kJ]	$E_{barrier} / \gamma_e$

dove:

Vol_b = volume del blocco di progetto [m³];

γ = massa per unità di volume della roccia;

V_t = velocità nel punto di impatto con l'opera [m/s]*;

H_t = altezza di impatto con l'opera [m]*;

R = raggio del blocco [m];

D = distanza massima di arresto della barriera [m];

$E_{barrier}$ = capacità energetica della barriera [kJ].

**calcolata sul 95% percentile*

La scelta del valore dei singoli coefficienti è così normata:

- γ_{vol} è il coefficiente legato alla precisione del rilievo del volume del blocco di progetto, che vale:
 - = 1,02 per rilievi accurati della parete (per esempio mediante tecniche fotogrammetriche, topografiche di precisione, rilievi geomeccanici sistematici in parete, misurazione dei blocchi presenti sul detrito alla base delle pareti);
 - = 1,1 in assenza di rilievi finalizzati al progetto.
- γ_γ è il coefficiente legato alla valutazione della massa per unità di volume della roccia, che può essere generalmente assunto pari a 1,00.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p>Impresa S. Maria Di Stefano consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>31 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	31 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	31 di 44								

- γ_{tr} è il coefficiente di affidabilità di calcolo delle traiettorie che vale:

= 1,02 per simulazioni di caduta basate su coefficiente di restituzione ottenuti da analisi a ritroso (back analysis);

= 1,10 per simulazioni di caduta basate su coefficiente di restituzione derivati da sole informazioni bibliografiche.
- γ_{dp} è il coefficiente che tiene conto della qualità della discretizzazione topografica del pendio:

= 1,02 per pendii discretizzati con rilievo topografico di buona precisione in rapporto alle caratteristiche del sito;

= 1,10 per pendii discretizzati con precisione medio-bassa.
- γ_i è il coefficiente amplificativo di protezione variabile da 1 a 1,2 in funzione del grado di rischio valutato secondo la classificazione sotto riportata:

 - beni il cui danneggiamento determina modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili (luoghi raramente frequentati, strutture di modesto valore economico e nessun valore storico-artistico): $\gamma_i = 1,00$;
 - beni il cui danneggiamento determina rilevanti conseguenze economiche, ma facilmente riparabili (luoghi raramente frequentati, strutture di valore economico, ma nessun interesse storico-artistico): $\gamma_i = 1,05$;
 - beni il cui danneggiamento determina rilevanti conseguenze economiche e danni difficilmente riparabili (luoghi frequentati, strutture di valore economico o modesto interesse storico-artistico): $\gamma_i = 1,10$;
 - beni il cui danneggiamento determina rilevanti conseguenze economiche ed estesi danni non riparabili (luoghi molto frequentati, strutture strategiche come ospedali, caserme, scuole, opere di rilevante interesse storico artistico): $\gamma_i = 1,20$.
- γ_r è il coefficiente relazionato al raggio del blocco (assunto arbitrariamente pari a 1,00).
- γ_a è il coefficiente di sicurezza posto pari a:

= 1,30 se il progetto è sviluppato in base all'approccio MEL; qualora le campate di estremità fossero comprese nell'area delle possibili traiettorie o la barriera avesse meno di 3 moduli funzionali si assume $\gamma_a = 1,50$;

= 1,00 se il progetto è sviluppato in base all'approccio SEL.
- γ_e è il coefficiente di sicurezza da applicare ai valori energetici MEL e SEL; è posto pari a:

= 1,20 nel caso di approccio al livello energetico MEL;

= 1,00 nel caso di approccio al livello energetico SEL.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa S. Maria Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>32 di 44</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	32 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	32 di 44								

Per casi specifici di progetti al MEL, in cui per motivi morfologici sia necessario installare barriere paramassi di sole 1 o 2 campate, è necessario adottare una delle due soluzioni seguenti:

- applicare comunque $\gamma_e = 1,2$ e ricorrere a due stendimenti paralleli;
- applicare il coefficiente $\gamma_e = 2,0$.

I coefficienti adottati sono riassunti nella tabella che segue:

Coefficients di progettazione adottati			
γ_{vol}	Precision of block survey	legato alla precisione rilievo volume blocco	= 1.02
γ_γ	Evaluation of the unit weight of rock	legato alla valutazione della massa per unità volume	= 1.00
γ_{tr}	Reliability of rockfall simulation	legato alla affidabilità del calcolo delle traiettorie	= 1.10
γ_{dp}	Quality of topographic survey	legato alla qualità della discretizzazione topografica	= 1.02
γ_i	Impact energy	coefficiente amplificativo di protezione	= 1.20
γ_r	Radius of block	coefficiente relazionato al raggio del blocco	= 1.00
γ_d	Barrier deformation	coeff. di sicurezza barriera	= 1.30 / 1.50
γ_e	Barrier capacity	coefficiente di sicurezza MEL	= 1.2 / 2.0

La verifica sulle singole barriere è stata sempre preceduta dalla verifica su una sezione di controllo corrispondente.

6. INTERVENTI DI DIFESA PASSIVI E DI CONSOLIDAMENTO ESISTENTI

Sul versante, a difesa dell'attuale strada podereale, dell'esercizio ferroviario e, marginalmente, dell'Autostrada del Brennero A22 sono presenti:

- Barriere paramassi, già descritte nel documento del PD IBL10AD26RHN090001C. Lunghezza totale: 301.12+174.51; Altezza montante: 4.2 m; Classificazione livello di Energia secondo ETAG 27: non classificato – Stato di manutenzione: cattivo (Figura 20, Figura 21).
- Barriera paramassi deformabile (Figura 22, Figura 23, Figura 24). Lunghezza totale: 50 m; Altezza montante: 4.2m; Classificazione livello di Energia secondo ETAG 27: presunta 5, 2.000 kJ -MEL-.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvano Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>33 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	33 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	33 di 44								

- Rafforzamenti corticali costituiti da: reti metalliche a doppia torsione zincate con funi ed ancoraggi di aderenza e di armatura (Figura 25); pannelli in fune metallica con funi ed ancoraggi di aderenza (Figura 26, Figura 27).
- Sottomurazioni e “placcaggi” dei blocchi con pietrame a secco (Figura 28, Figura 29).



Figura 20. Dettaglio dei freni e delle funi con evidenti segni di degrado e lacune di montaggio nelle morsettature.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>34 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	34 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	34 di 44								



Figura 21. Dettaglio di controventatura delle barriere esistenti sepolto parzialmente sotto un accumulo di detrito.



Figura 22. Funi perimetrali basse con sistema frenante sepolte nel detrito.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Diesteban</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>35 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	35 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	35 di 44								



Figura 23. Tirafondi e dadi fortemente ossidati.



Figura 24. Barriera paramassi localizzata dietro la pila n. 13 del viadotto autostradale “Novale”.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Diotobon</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>36 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	36 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	36 di 44								



Figura 25. Reti metalliche a doppia torsione zincate localizzate a monte del viadotto autostradale “Novale” tra le pile n. 17 e n. 22.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvano Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>37 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	37 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	37 di 44								



Figura 26. Pannelli in fune localizzati a monte della pila n. 21 del viadotto autostradale “Novale” con scarsa aderenza e privi di funi di armatura.



Figura 27. Pannelli in fune localizzati a monte della pila n. 21 del viadotto autostradale “Novale”.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>38 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	38 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	38 di 44								



Figura 28. Muri in pietra localizzati a monte della pila n. 21 del viadotto autostradale “Novale”.



Figura 29. Muri in pietra e rete metallica localizzati tra le pile n. 19 e n. 20 del viadotto autostradale “Novale”.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Ugo Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>39 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	39 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	39 di 44								

7. INTERVENTI PROPOSTI PER LA MITIGAZIONE DEL PERICOLO

A ripristino della situazione attuale il progetto definitivo (PD) prevedeva la posa in opera di un tratto di 171.95 m di barriera paramassi elastica in sostituzione del tratto di 174.51 m da rimuovere in posizione riportata nel dettaglio negli elaborati grafici di riferimento (IBL10AD26PZNV0930002 - IBL10AD26PZNV0930003).

Tuttavia, valutato l'effettivo e generale livello di pericolo desunto dagli studi ed analisi sino ad oggi eseguite, nonché:

- la difficoltà esecutiva delle nuove barriere come da PD per l'interferenza con le opere di sostegno della strada in progetto a causa dei ridotti spazi a disposizione (compresenza nel terreno degli ancoraggi della paratia di micropali e degli ancoraggi delle fondazioni delle nuove barriere);
- la difficoltà esecutiva delle nuove barriere come da PD prima della demolizione di quelle esistenti ed il possibile ingenerarsi in assenza di quest'ultime di una situazione di rischio potenziale temporaneo per l'esercizio ferroviario;
- la perdita di altezza utile delle nuove barriere nella posizione come da PD, in quanto in ombra alle strutture esistenti (Figura 30, Figura 31, Figura 32);
- la difficoltà esecutiva delle nuove barriere come da PD per la presenza delle strutture in c.a. a scudo delle pile del viadotto e delle strutture fondazionali delle pile stesse;

si identificano gli interventi riportati in forma grafica nell'IB0A00EZZGZGE0010002A e di seguito descritti nel dettaglio.

Il presente Studio di approfondimento giunge a conclusioni simili a quanto proposto nello Studio di versante redatto da Italferr e fornito in data 19/09/2019, anche se la base topografica molto più dettagliata, grazie al rilievo Laser scanner, utilizzata nelle simulazioni effettuate, ha permesso di ricavare con maggior definizione le caratteristiche cinematiche dei volumi di crollo (energie, altezze di rimbalzo, ecc.) ed individuare con maggior precisione il posizionamento delle opere di protezione.

In accordo con quanto previsto nel citato Studio di versante Italferr, la soluzione mitigativa a cui si perviene implica pertanto la doverosa esecuzione di nuovi interventi non previsti nel PD.

Nello specifico si propone la realizzazione di:

- n. 15 tratte di barriere deformabili (classificazione del livello di energia 3, 1.000 kJ -MEL- secondo ETAG 027) con altezza utile da 2 a 5 m (denominazione in carta: BP-01.1÷BP-14), localizzate in prevalenza nel tratto di versante sotteso dal viadotto autostradale. La lunghezza totale proposta è pari a: 11+50+24+18+28,5+18+25,50+18+36+18+45+18+50+90+80=530 m.
- n. 2 tratte di barriere deformabili (classificazione del livello di energia 6, 3.000 kJ -MEL- secondo ETAG 27) con altezza utile pari a 6 m (denominazione in carta: BP-15 e BP-16), localizzate nel tratto più settentrionale dell'area esaminata. La lunghezza totale proposta è pari a: 80+108=188 m.
- nuovi rafforzamenti corticali (rete metallica zincata a doppia torsione, pannelli in fune, ancoraggi, funi metalliche, ecc.) e sottomurazioni in c.a. ancorate con barre zincate, previo pulizia, disboscio e disgaggio dei volumi instabili. Localmente, per migliorare l'aderenza dei sistemi corticali, si può procedere con una leggera riprofilatura del versante.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvano Di Stefano</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>40 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	40 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	40 di 44								



Figura 30. Tratto compreso tra le pile n. 18 e n. 23 del viadotto autostradale interessato dalla realizzazione delle nuove barriere come da PD.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Diesteban</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>41 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	41 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	41 di 44								



Figura 31. Tratto di barriere esistenti all'altezza della pila n. 23 del viadotto autostradale "Novale".



Figura 32. Tratto in sovrapposizione delle barriere esistenti all'altezza della pila n. 22 del viadotto autostradale "Novale".

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Diesteban</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>42 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	42 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	42 di 44								

I rafforzamenti corticali esistenti, per assicurarne la piena efficienza, devono essere oggetto di manutenzione e/o rifacimento e/o ripristino, rimuovendo i detriti crollati e trattenuti dalle reti e dai pannelli, ritesando e, se necessario, implementando le funi metalliche, testando a campione (prove di trazione) gli ancoraggi e, se necessario, procedendo alla loro sostituzione ed incremento di numero. Tutti gli elementi di rafforzamento danneggiati e deteriorati devono essere sostituiti.

Localmente risulta necessario ripristinare e/o sostituire le sottomurazioni attualmente costituite da muratura a secco con sottomurazioni in c.a. ancorate al versante con barre zincate.

Il posizionamento delle barriere è stato individuato valutando:

- l'esigenza di proteggere con continuità laterale le aree di progetto;
- i dati derivati dalle simulazioni di caduta massi precedentemente riassunti e riportati negli elaborati grafici e di calcolo;
- la complessa ed articolata morfologia del versante nelle aree esaminate;
- le oggettive limitazioni di spazio, per la concomitante presenza delle importanti e sensibili strutture del viadotto autostradale "Novale" e delle molteplici mulattiere e strade sterrate adiacenti;
- la deformazione delle opere di difesa proposte in caso di impatto e quindi l'interferenza delle stesse con le strutture (pile, impalcato) esistenti, ritenuta, in ragione delle dinamiche del moto dei blocchi analizzate, non pregiudicante per la funzionalità e sicurezza delle stesse.

Gli spazi, a tratti molto ridotti, tra i pulvini e l'impalcato del viadotto autostradale e la superficie topografica hanno condizionato la scelta di barriere paramassi con altezza delle singole campate variabili (da 2 a 5 m).

Trattandosi di opere di difesa, i dispositivi dovranno essere marchiati CE ed ottemperare alla vigente normativa di settore (ETAG 027).

Prima dell'installazione delle nuove opere di difesa e consolidamento proposte e prima della rimozione delle barriere paramassi esistenti interferite, e solo dopo aver difeso i tratti a valle con sistemi di arresto dei blocchi provvisori e dimensionalmente commisurati ai volumi rocciosi rimossi, devono essere attuati:

- un'accurata pulizia del versante luogo degli interventi (rimozione della vegetazione cespugliosa);
- il disaggio di singoli corpi rocciosi o limitate porzioni rocciose instabili;
- la locale riprofilatura del versante rimuovendo tratti di scarpata naturale instabili e murature in sasso pericolanti;
- il disboscamento di alberi in corrispondenza ed in prossimità delle strutture delle nuove opere.

In generale tutti gli interventi indicati devono essere eseguiti garantendo la massima sicurezza delle persone, strutture ed infrastrutture a valle degli stessi (interrompendo temporaneamente, se necessario, la viabilità stradale e l'esercizio ferroviario).

Tutte le barriere paramassi esistenti che non saranno interferenti con le opere di difesa proposte, sebbene non certificate e con chiari segni di degrado dovuti al loro termine di vita utile, concorreranno a garantire una seconda linea di difesa (sistema ridondante) in accordo con la vigente normativa della Provincia di Bolzano.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p>SO GEN</p> <p><i>Impresa Silvio Diesteban</i> consorzio triveneto rocciatori</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>43 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	43 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	43 di 44								

Gli interventi di difesa e consolidamento proposti, ricadendo in parte in aree di proprietà terze, saranno oggetto di apposite convenzioni tra tutti i soggetti interessati (RFI, Società Autostrade del Brennero, privati proprietari delle aree).

8. CONCLUSIONI

Le analisi effettuate nel presente Studio di versante eseguito sulla base topografica di particolare dettaglio grazie al rilievo Laser scanner eseguito, ha permesso, di ricavare con precisione le caratteristiche cinematiche dei volumi di crollo (energie, altezze di rimbalzo, ecc.).

Gli esiti degli approfondimenti eseguiti confermano comunque la situazione di pericolo del versante già evidenziata nell'omologo studio redatto da Italferr e fornito all'affidatario in data 19/09/2019.

La gestione del pericolo è affrontata prevedendo una serie di interventi di mitigazione, e precisamente:

- ✓ costruzione di n. 15 tratte di barriere deformabili (classificazione del livello di energia 3, 1.000 kJ -MEL-secondo ETAG 027) con altezza utile da 2 a 5 m e lunghezza complessiva pari a 530 m;
- ✓ costruzione di n. 2 tratte di barriere deformabili (classificazione del livello di energia 6, 3.000 kJ -MEL-secondo ETAG 27) con altezza utile pari a 6 m e lunghezza complessiva pari a 188 m;
- ✓ pulizia del versante (rimozione della vegetazione cespugliosa), disaggio di singoli corpi rocciosi o limitate porzioni rocciose instabili, locale riprofilatura del versante rimuovendo tratti di scarpata naturale instabili e murature in sasso pericolanti, disboscamento di alberi in corrispondenza ed in prossimità dei luoghi di realizzazione delle opere di difesa e consolidamento;
- ✓ nuovi rafforzamenti corticali (rete metallica zincata a doppia torsione, pannelli in fune, ancoraggi, funi metalliche, ecc.) e sottomurazioni in c.a. ancorate con barre zincate;
- ✓ manutenzione e/o rifacimento e/o ripristino dei rafforzamenti corticali esistenti;
- ✓ ripristino e/o sostituzione delle sottomurazioni attualmente costituite da muratura a secco con sottomurazioni in c.a. ancorate al versante con barre zincate.

Costituiranno parte del nuovo sistema di mitigazione del pericolo la barriera esistente di L=50 m certificata 2.000 kJ (ETAG 27) e tutte le barriere paramassi esistenti (tipo elastico e rigido), sebbene non certificate e con chiari segni di degrado dovuti al loro termine di vita utile, che non saranno interferenti con le opere in progetto e con le opere di difesa proposte.

Da ultimo, si evidenzia come le soluzioni di protezione identificate, oltre a svolgere con la necessaria efficacia, il ruolo di mitigazione dei pericoli rilevati per l'intero tratto di nuova viabilità in progetto, si inseriscono in maniera più adeguata nel più ampio sistema di difesa e consolidamento di versante che si renderà presumibilmente necessario nel corso del vasto contesto degli interventi del Lotto 1, Tratta Fortezza-Ponte Gardena previsti nell'ambito del quadruplicamento della linea Fortezza - Verona (realizzazione delle gallerie di interconnessione pari e dispari Ponte Gardena e relativi imbocchi), di cui le opere in progetto costituiscono un'anticipazione.

Tutti gli interventi descritti dovranno essere autorizzati dai proprietari dei fondi su cui si erigono e seguire l'iter progettuale come previsto dalla normativa vigente.

<p>IMPRESE</p> <p>QUADRIO GAETANO COSTRUZIONI S.P.A.</p> <p>PROGETTISTI</p> <p>P.A.T. s.r.l.</p> <p><i>Impresa Silvio Dirolan</i></p> <p>consorzio triveneto rocciatori</p> <p>SO GEN</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA SUB-LOTTO FUNZIONALE: FLUIDIFICAZIONE DEL TRAFFICO ED INTERCONNESSIONE CON LA RETE ESISTENTE DEL LOTTO 1 FORTEZZA-PONTE GARDENA</p>												
<p>RELAZIONE TECNICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0A</td> <td>00</td> <td>E ZZ RH</td> <td>GE0010 001</td> <td>D</td> <td>44 di 44</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	44 di 44
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IB0A	00	E ZZ RH	GE0010 001	D	44 di 44								

APPENDICE A

REPORT ANALISI DI CADUTA MASSI

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-01.2.fal5
File Version 5.017

Date Created 24/02/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 10000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	551.2		
2	0.681	550.617		
3	1.136	550.267		
4	1.704	549.897		
5	2.272	549.557		
6	2.84	549.187		
7	3.521	548.64		
8	4.884	547.474		
9	5.452	547.01		
10	6.02	546.594		
11	6.588	546.199		
12	7.156	545.789		
13	7.61	545.422		
14	8.178	544.921		
15	8.973	544.274		
16	9.769	543.683		
17	10.337	543.334		
18	10.791	543.007		
19	10.905	542.911		
20	11.359	542.478		
21	11.927	542.026		

22	12.495	541.685
23	12.836	541.46
24	13.063	541.294
25	13.404	540.987
26	14.085	540.341
27	14.994	539.603
28	15.335	539.304
29	15.903	538.746
30	16.471	538.154
31	16.811	537.815
32	17.266	537.392
33	17.834	536.942
34	18.856	536.108
35	19.424	535.671
36	19.765	535.38
37	19.992	535.176
38	20.673	534.497
39	21.582	533.621
40	22.036	533.198
41	22.15	533.103
42	22.491	532.854
43	23.172	532.391
44	23.513	532.117
45	23.74	531.907
46	24.195	531.397
47	24.308	531.284
48	24.763	530.877
49	26.353	529.939
50	26.467	529.86
51	26.921	529.533
52	27.375	529.176
53	29.193	527.847
54	30.101	527.154
55	30.669	526.696
56	31.124	526.345
57	32.26	525.571
58	32.714	525.211
59	33.509	524.532
60	34.304	523.886
61	34.872	523.45
62	35.895	522.696
63	36.917	521.879
64	37.939	521.108
65	38.621	520.555
66	39.075	520.215
67	39.643	519.809
68	40.665	519.046
69	42.71	517.435
70	43.278	517.017
71	43.732	516.703
72	44.3	516.291
73	45.323	515.484
74	46.459	514.651
75	46.913	514.303
76	48.39	513.136
77	48.958	512.668
78	49.526	512.181

79	49.98	511.746
80	50.548	511.141
81	51.002	510.634
82	51.457	510.19
83	51.57	510.097
84	52.025	509.81
85	52.479	509.675
86	52.593	509.648
87	53.047	509.575
88	53.615	509.498
89	54.069	509.45
90	54.524	509.353
91	54.637	509.317
92	55.092	509.136
93	55.66	508.821
94	56.114	508.527
95	56.568	508.222
96	57.591	507.563
97	58.159	507.143
98	58.613	506.633
99	58.727	506.453
100	59.181	505.634
101	59.635	504.775
102	59.862	504.426
103	60.203	503.937
104	60.658	503.442
105	60.771	503.355
106	61.226	503.065
107	61.68	502.851
108	62.021	502.631
109	62.248	502.457
110	62.702	501.942
111	64.292	499.76
112	64.747	499.156
113	65.201	498.645
114	65.315	498.542
115	65.769	498.257
116	66.337	498.097
117	66.792	498.01
118	67.359	497.882
119	67.814	497.746
120	67.927	497.702
121	68.268	497.56
122	68.382	497.501
123	68.836	497.232
124	69.291	496.933
125	69.404	496.891
126	69.858	496.804
127	70.313	496.84
128	70.426	496.828
129	70.881	496.735
130	71.335	496.525
131	72.357	496.014
132	72.812	495.753
133	73.493	495.3
134	73.834	495.06
135	74.289	494.718

136	74.402	494.616
137	74.857	494.009
138	75.424	492.587
139	75.879	491.577
140	76.333	491.134
141	76.447	491.043
142	76.901	490.724
143	78.151	489.679
144	78.832	489.091
145	79.855	488.269
146	81.899	486.551
147	82.354	486.103
148	82.467	485.965
149	82.808	485.493
150	82.921	485.326
151	83.376	484.494
152	83.83	483.859
153	83.944	483.732
154	84.398	483.432
155	84.853	483.297
156	84.966	483.278
157	85.421	483.243
158	87.352	483.242
159	87.92	483.221
160	88.374	483.121
161	88.942	482.834
162	89.396	482.651
163	89.851	482.591
164	89.964	482.586
165	90.419	482.601
166	91.441	482.789
167	91.895	482.84
168	92.918	483.047
169	93.372	483.083
170	93.94	483.083
171	94.962	482.988
172	95.417	482.974
173	96.439	482.973
174	97.916	482.952
175	99.392	483.038
176	99.847	482.999
177	99.96	482.981
178	100.415	482.856
179	100.983	482.662
180	101.323	482.535
181	101.437	482.489
182	101.891	482.251
183	102.459	481.831
184	102.914	481.433
185	103.482	480.964
186	103.936	480.633
187	104.39	480.326
188	105.867	479.394
189	107.003	478.74
190	107.912	478.155
191	108.82	477.539
192	109.161	477.33

193	109.388	477.196
194	109.843	476.963
195	110.865	476.496
196	111.319	476.223
197	111.433	476.15
198	112.001	475.63
199	112.342	475.354
200	112.455	475.28
201	112.91	475.206
202	113.932	475.413
203	114.386	475.429
204	115.409	475.337
205	116.204	475.317

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	83
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	83	97
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	97	146
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	146	169
Strade asfaltate e calcestruzzo	169	177
Materiale fine (spessore>100cm)	177	202
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	202	205

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi

"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo

"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders

Blocco V=0.11mc

Seeder Properties

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(-0.001, 551.584)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.06mc

Seeder Properties

Name	Blocco V=0.06mc
Location	(58.234, 507.346)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.06mc


Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types


Blocco V=0.11mc

Properties

Name	Blocco V=0.11mc
Color	
Shapes	Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	273	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=0.06mc**Properties**

Name	Blocco V=0.06mc
Color	
Shapes	Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	156	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

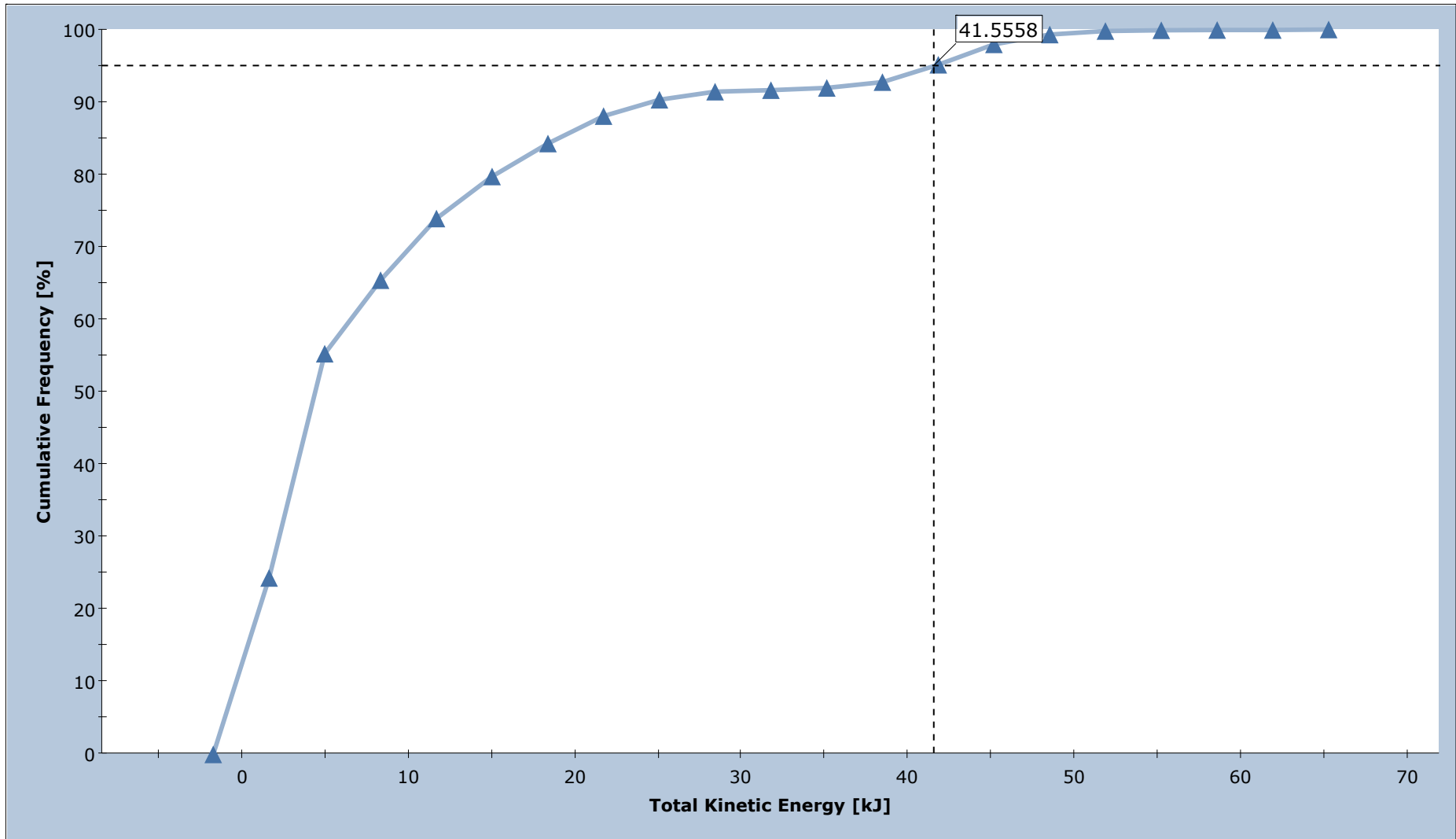
Barriers**BP-01.2**

Name	BP-01.2
Type	RMC 100/A
Location	(68.1991, 497.589) to (69.0308, 501.501)
Height (m)	4

Barrier Types**"RMC 100/A" Properties**

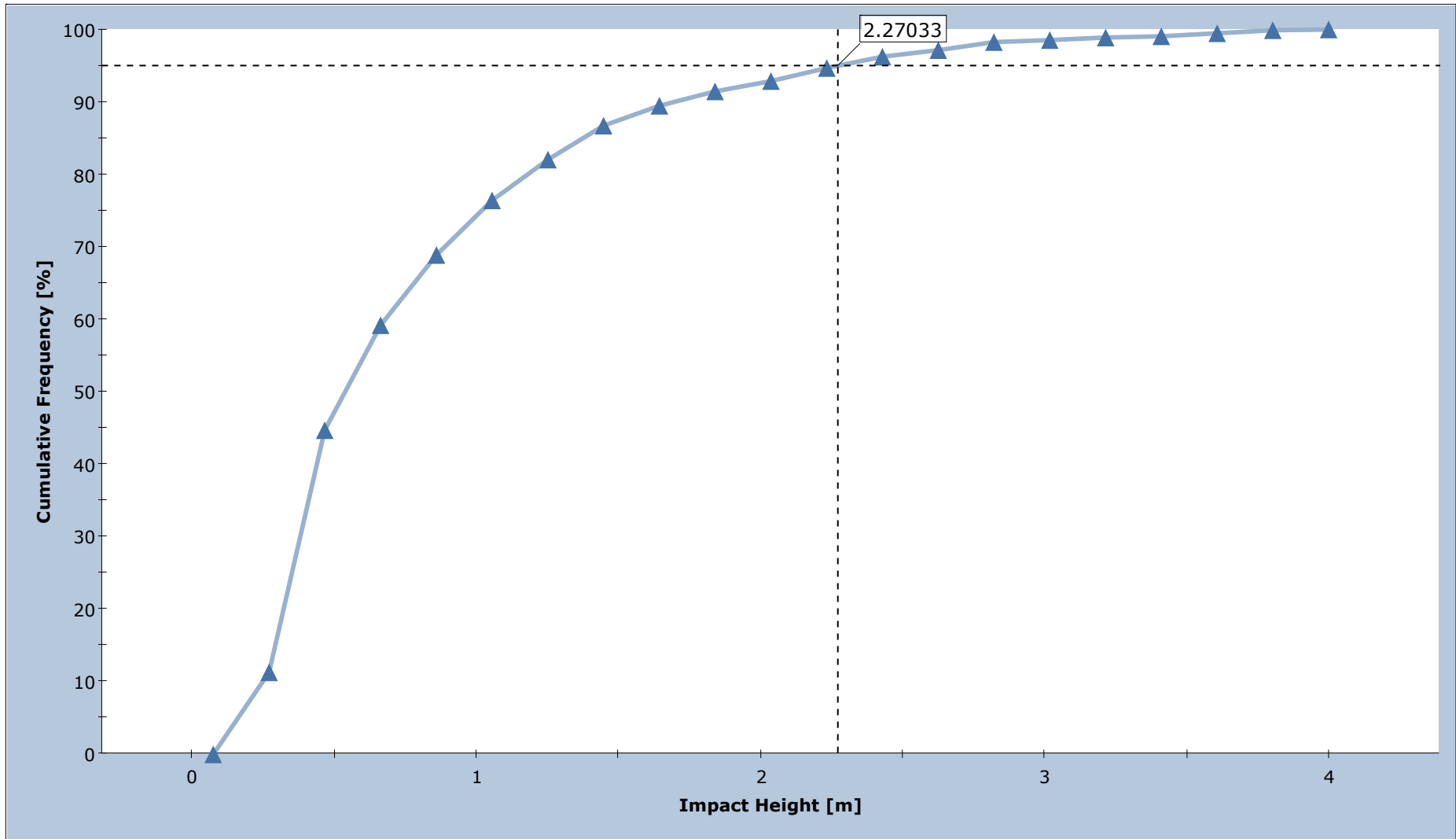
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-01.2



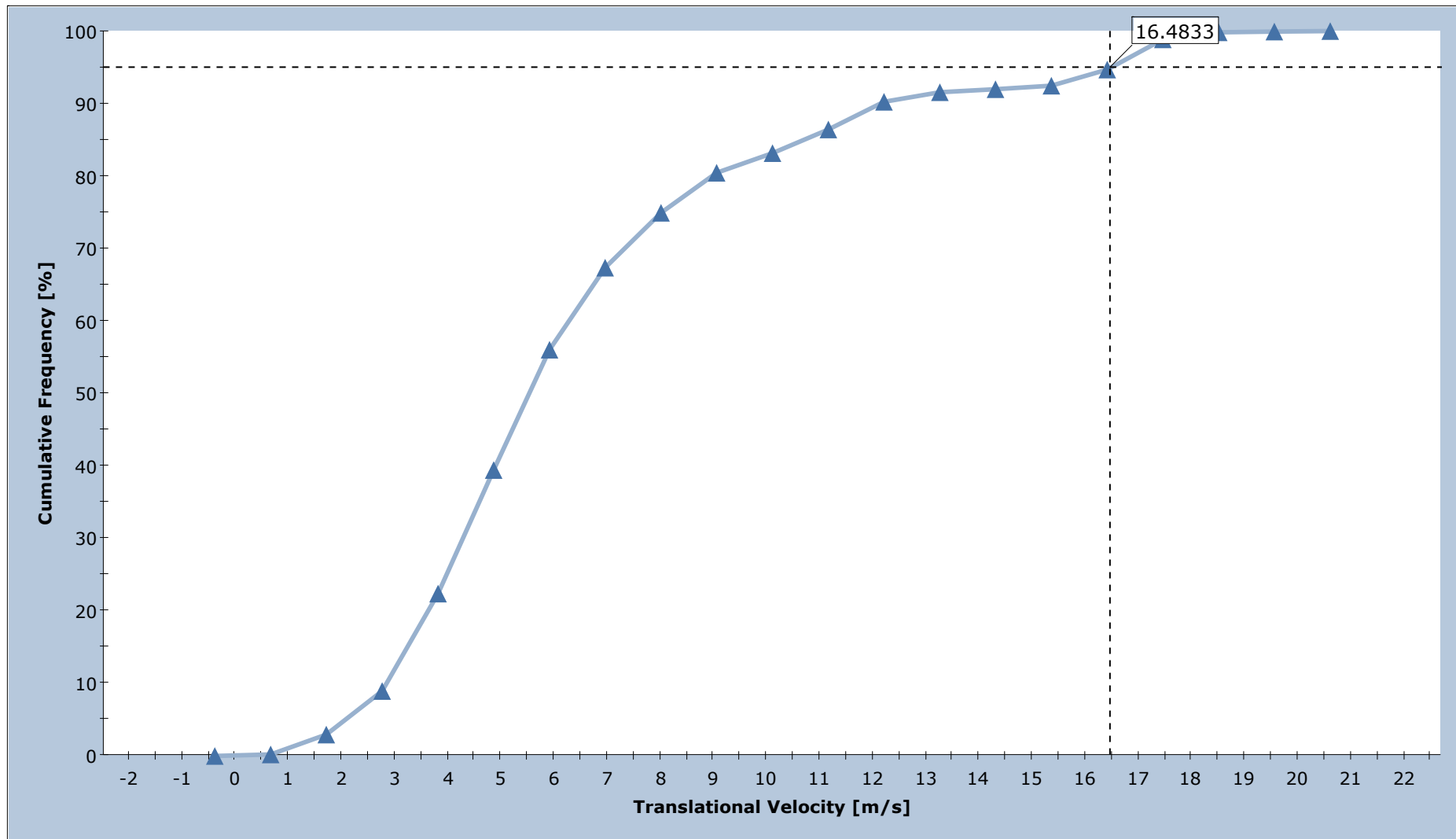
Total number of rocks on BP-01.2: 1899
Total Kinetic Energy: min = 0.00175096, max = 63.4897

Impact Height on BP-01.2



Total number of rocks on BP-01.2: 1899
Impact Height: min = 0.172009, max = 3.89743

Translational Velocity on BP-01.2



Total number of rocks on BP-01.2: 1899
Translational Velocity: min = 0.149827, max = 20.0731

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-01.2
Capacity	Infinite
Height	4.00m
Hits	1899 / 2000 rocks
Height	4.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	2.27m	0.79m	0.17m	3.90m
Translational Velocity	16.47m/s	6.64m/s	0.15m/s	20.07m/s
Translation Energy	37.03kJ	7.56kJ	0.00kJ	55.00kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	273.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.105	m ³	
Rock Radius	R	0.293	m	
Separation Distance		6.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	2.27	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	16.47	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	1.20		
Barrier deformation	Y _d	1.30		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	278.46	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	18.48	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	57.06	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	2.84	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	5.79	m	D Y _d
Design Barrier Height		4.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		894.17	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	57.06 < 894.17	Valid
Height	2.84 < 4.00	Valid
Elongation	5.79 < 6.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		2.8	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-02.fal5
File Version 5.017

Date Created 01/04/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 10000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	513.4		
2	0.048	513.368		
3	0.142	513.269		
4	0.237	513.031		
5	0.379	512.449		
6	0.474	512.171		
7	0.521	512.08		
8	0.663	511.847		
9	0.853	511.621		
10	1.042	511.372		
11	1.279	510.966		
12	1.373	510.91		
13	1.421	510.868		
14	1.799	510.476		
15	2.131	510.2		
16	2.32	509.985		
17	2.604	509.734		
18	2.746	509.574		
19	3.03	509.284		
20	3.125	509.132		
21	3.22	509.009		

22	3.456	508.804
23	3.646	508.578
24	3.835	508.323
25	3.882	508.278
26	4.072	508.158
27	4.261	508.004
28	4.593	507.644
29	4.971	507.182
30	5.019	507.136
31	5.397	506.861
32	5.492	506.816
33	5.587	506.747
34	5.776	506.56
35	6.013	506.377
36	6.107	506.284
37	6.155	506.25
38	6.249	506.224
39	6.533	506.059
40	6.676	505.992
41	6.96	505.804
42	7.149	505.723
43	7.386	505.538
44	7.764	505.194
45	8.001	504.892
46	8.332	504.607
47	8.616	504.416
48	8.948	504.124
49	9.043	504.019
50	9.327	503.745
51	9.563	503.588
52	9.658	503.483
53	10.084	502.952
54	10.179	502.861
55	10.415	502.691
56	10.699	502.403
57	10.794	502.324
58	11.362	501.906
59	11.552	501.802
60	11.694	501.68
61	11.883	501.49
62	12.072	501.374
63	12.214	501.204
64	12.309	501.063
65	12.782	500.243
66	12.924	500.045
67	13.067	499.883
68	13.161	499.82
69	13.351	499.667
70	13.824	499.372
71	14.061	499.292
72	14.155	499.239
73	14.25	499.154
74	14.392	498.999
75	14.487	498.927
76	14.676	498.845
77	14.818	498.797
78	15.102	498.661

79	15.244	498.623
80	15.765	498.541
81	16.286	498.518
82	16.522	498.485
83	16.806	498.479
84	17.233	498.488
85	17.611	498.514
86	18.085	498.701
87	18.463	498.701
88	18.511	498.327
89	18.558	497.831
90	18.605	495.488
91	18.653	492.021
92	18.7	490.118
93	18.747	490.139
94	18.795	489.903
95	18.984	489.825
96	19.079	489.807
97	19.836	489.716
98	20.12	489.644
99	20.641	489.56
100	22.109	489.424
101	28.689	488.33
102	28.973	488.325
103	29.162	488.299
104	29.304	488.292
105	29.588	488.248
106	30.346	488.198
107	31.151	488.199
108	31.293	488.207
109	31.482	488.241
110	31.861	488.255
111	31.955	488.247
112	32.098	488.213
113	32.24	488.168
114	32.334	488.121
115	32.382	488.09
116	32.476	487.992
117	32.571	487.8
118	32.95	486.569
119	33.044	486.323
120	33.092	486.242
121	33.186	486.162
122	33.281	486.099
123	33.754	485.872
124	34.038	485.707
125	34.133	485.662
126	34.275	485.636
127	34.465	485.561
128	34.701	485.524
129	34.959	485.418
130	35.08	485.294
131	35.175	485.221
132	35.459	485.097
133	36.027	484.73
134	36.169	484.668
135	36.263	484.609

136	36.453	484.539
137	36.548	484.486
138	36.642	484.409
139	36.737	484.352
140	36.926	484.145
141	36.974	484.05
142	37.068	483.81
143	37.116	483.751
144	37.447	483.353
145	37.873	482.902
146	38.11	482.6
147	38.252	482.445
148	38.441	482.191
149	38.631	481.971
150	38.82	481.7
151	39.151	481.278
152	39.719	480.686
153	39.814	480.608
154	40.193	480.363
155	40.335	480.313
156	40.429	480.305
157	41.518	480.285
158	42.134	480.261
159	42.323	480.268
160	42.607	480.243
161	43.128	480.244
162	43.223	480.249
163	43.317	480.268
164	43.507	480.348
165	43.601	480.351
166	43.791	480.324
167	43.885	480.294
168	43.933	480.267
169	44.311	480.005
170	44.501	479.85
171	44.548	479.829
172	44.595	479.809
173	44.832	479.77
174	45.258	479.676
175	45.4	479.632
176	45.495	479.531
177	45.968	478.567
178	46.063	478.352
179	46.205	477.884
180	46.584	476.277
181	46.678	476.117
182	46.773	476.037
183	46.868	475.991
184	47.199	475.914
185	47.294	475.901
186	48.43	476.008

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	86
Strade asfaltate e calcestruzzo	86	111
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	111	153
Strade asfaltate e calcestruzzo	153	163
Materiale fine (spessore>100cm)	163	186

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi

"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo

"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Blocco V=0.06mc**Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.06mc
Location	(0.19, 513.479)


Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.06mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types**Blocco V=0.06mc****Properties**

Name	Blocco V=0.06mc
Color	
Shapes	Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	156	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

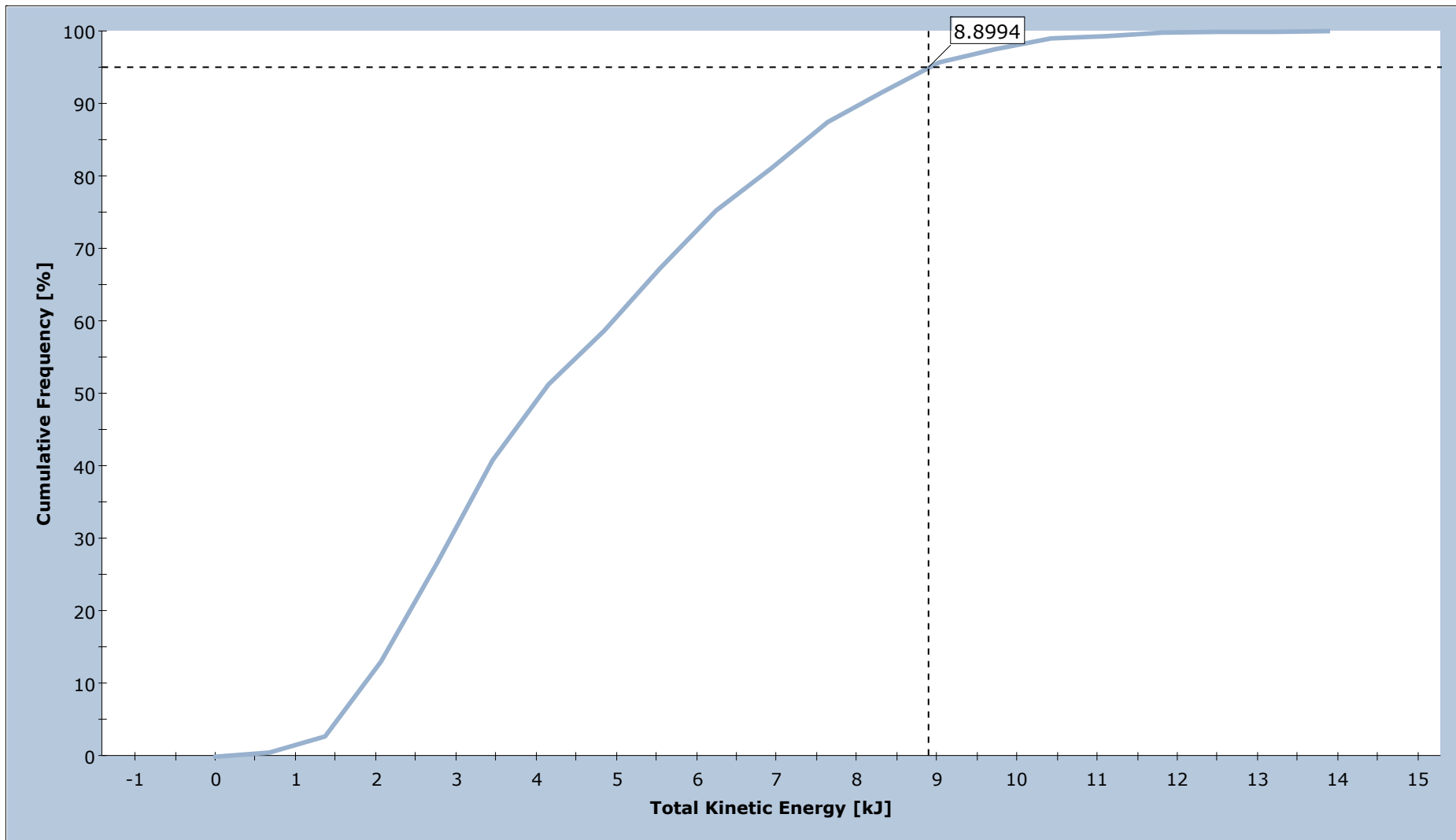
Barriers**BP-02**

Name	BP-02
Type	RMC 100/A
Location	(14.8332, 498.79) to (15.4569, 501.724)
Height (m)	3

Barrier Types**"RMC 100/A" Properties**

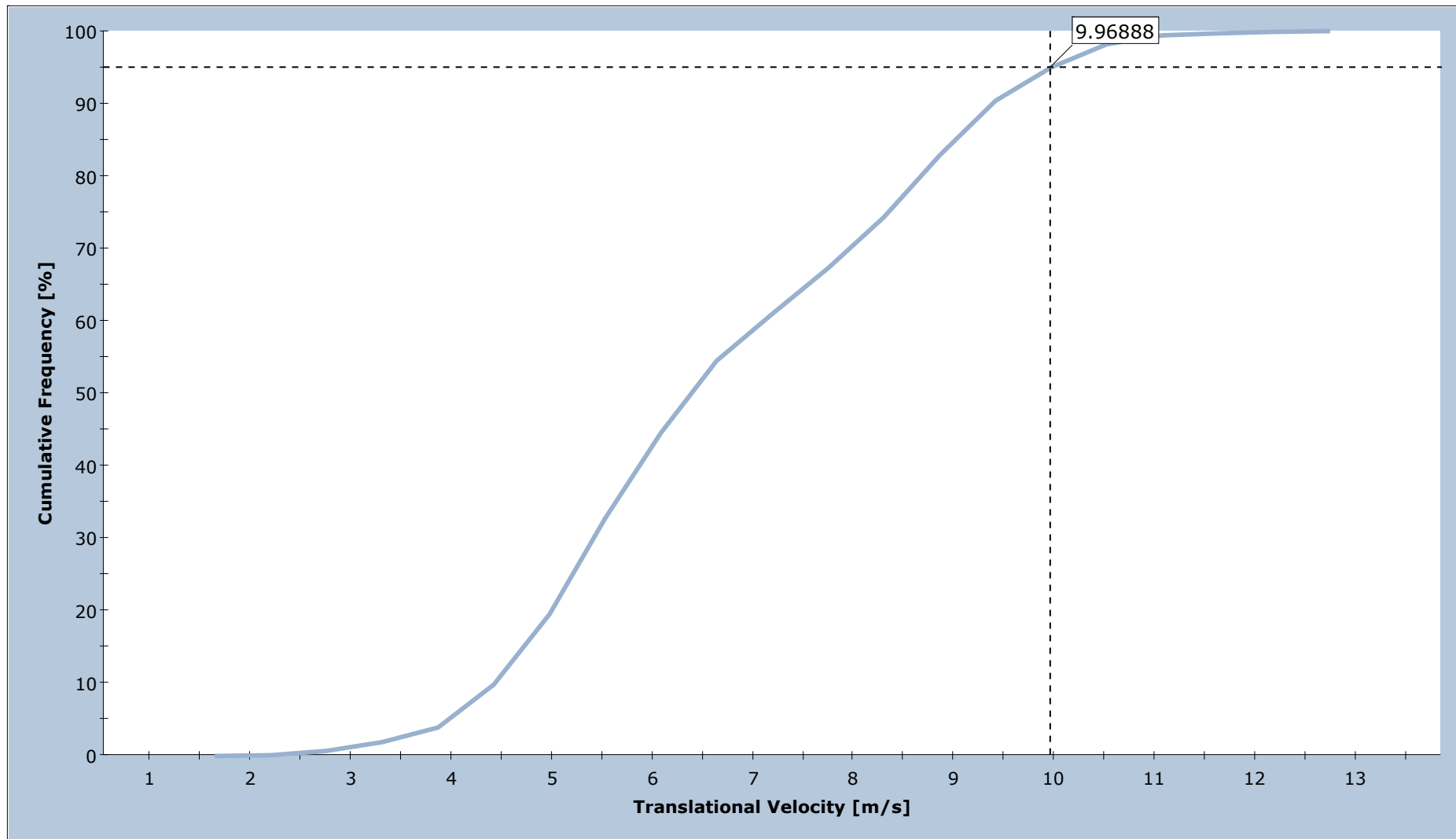
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-02



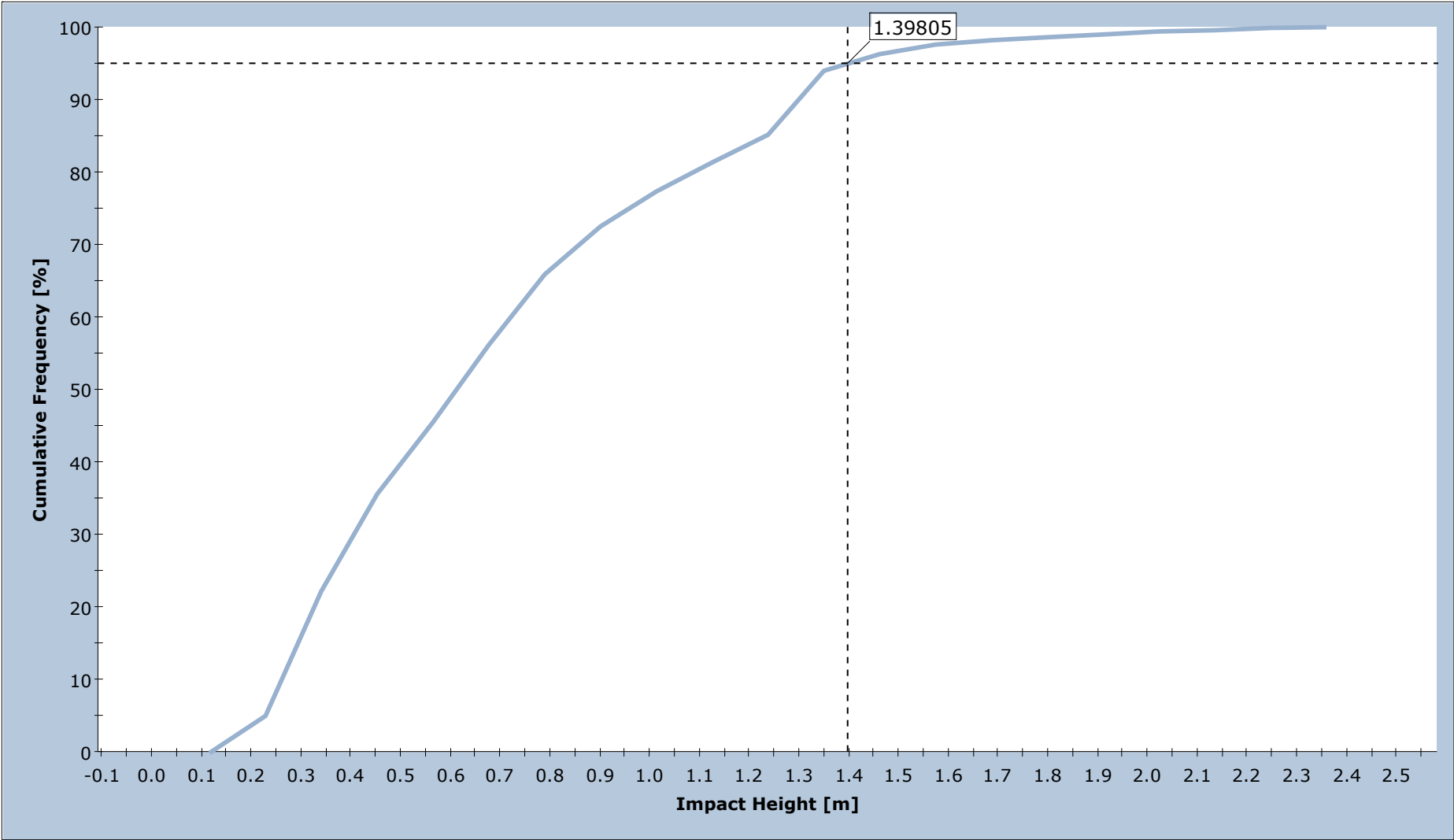
Total number of rocks on BP-02: 998
Total Kinetic Energy: min = 0.324795, max = 13.5406

Translational Velocity on BP-02



Total number of rocks on BP-02: 998
Translational Velocity: min = 1.92628, max = 12.4626

Impact Height on BP-02



Total number of rocks on BP-02: 998
Impact Height: min = 0.172531, max = 2.30112

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-02
Capacity	Infinite
Height	3.00m
Hits	998 / 1000 rocks
Height	3.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	1.36m	0.70m	0.17m	2.30m
Translational Velocity	9.97m/s	6.72m/s	1.93m/s	12.46m/s
Translation Energy	7.75kJ	3.81kJ	0.29kJ	12.11kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	156.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.060	m ³	
Rock Radius	R	0.243	m	
Separation Distance		6.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	1.36	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	9.97	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	1.20		
Barrier deformation	Y _d	1.30		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	159.12	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	11.19	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	11.94	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	1.77	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	5.79	m	D Y _d
Design Barrier Height		3.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		894.17	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	11.94 < 894.17	Valid
Height	1.77 < 3.00	Valid
Elongation	5.79 < 6.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		2.1	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-03.fal5

File Version 5.017

Date Created 01/04/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
 Units Metric (m, kg, kJ)
 Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
 Maximum steps per rock 10000
 Normal velocity cutoff 0.1m/s
 Stopped velocity cutoff 0.1m/s
 Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
 Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	511		
2	0.122	510.901		
3	0.204	510.8		
4	0.326	510.681		
5	0.53	510.561		
6	0.693	510.421		
7	0.896	510.277		
8	1.018	510.128		
9	1.222	509.931		
10	1.385	509.821		
11	1.507	509.71		
12	1.63	509.637		
13	1.833	509.363		
14	2.078	509.005		
15	2.607	508.172		
16	3.015	507.687		
17	3.137	507.51		
18	3.218	507.425		
19	3.341	507.255		
20	3.504	507.062		
21	3.83	506.597		

22	4.115	506.238
23	4.522	505.803
24	4.726	505.618
25	4.93	505.372
26	5.215	504.988
27	5.5	504.758
28	5.744	504.487
29	5.907	504.33
30	6.111	504.091
31	6.396	503.786
32	6.6	503.618
33	6.804	503.396
34	7.089	503.216
35	7.293	503.111
36	7.578	502.892
37	7.904	502.568
38	8.189	502.352
39	8.393	502.222
40	8.596	501.968
41	8.8	501.753
42	8.881	501.682
43	9.492	501.303
44	9.696	501.208
45	9.778	501.142
46	9.9	501.018
47	10.063	500.896
48	10.307	500.766
49	10.592	500.653
50	10.837	500.608
51	11	500.564
52	11.407	500.53
53	11.611	500.542
54	11.692	500.536
55	11.896	500.491
56	12.1	500.369
57	12.222	500.237
58	12.304	500.168
59	12.507	500.049
60	12.915	499.765
61	13.078	499.691
62	13.404	499.504
63	13.526	499.402
64	13.729	499.147
65	13.811	499.069
66	13.892	499.018
67	14.015	498.918
68	14.096	498.814
69	14.218	498.724
70	14.504	498.436
71	14.992	497.811
72	15.115	497.664
73	15.196	497.587
74	15.441	497.378
75	15.807	497.192
76	15.929	497.119
77	16.092	496.993
78	16.215	496.861

79	16.296	496.586
80	16.337	496.478
81	16.418	496.321
82	17.111	495.356
83	17.233	495.165
84	17.559	494.594
85	17.641	494.48
86	17.722	494.402
87	17.804	494.367
88	17.844	494.337
89	17.926	494.262
90	18.007	494.161
91	18.129	494.054
92	18.211	494.012
93	18.333	493.914
94	18.537	493.782
95	18.7	493.625
96	18.904	493.377
97	19.229	493.073
98	19.596	492.785
99	19.718	492.704
100	19.8	492.668
101	19.922	492.634
102	20.085	492.622
103	20.329	492.628
104	20.615	492.609
105	20.818	492.551
106	21.022	492.456
107	21.307	492.397
108	21.389	492.208
109	21.429	492.079
110	21.715	490.882
111	21.796	490.657
112	21.918	490.385
113	22.041	490.221
114	22.326	489.969
115	22.611	489.754
116	22.692	489.664
117	22.733	489.592
118	22.896	489.141
119	23.018	488.854
120	23.181	488.599
121	23.303	488.468
122	23.589	488.264
123	23.792	488.083
124	23.915	487.994
125	24.2	487.84
126	24.403	487.776
127	24.566	487.695
128	24.729	487.644
129	25.3	487.576
130	26.278	487.535
131	27.133	487.605
132	27.296	487.577
133	27.418	487.541
134	27.5	487.536
135	27.622	487.502

136	27.703	487.496
137	27.907	487.418
138	27.989	487.367
139	28.111	487.266
140	28.315	487.129
141	28.396	487.056
142	28.518	486.933
143	28.681	486.729
144	28.885	486.457
145	29.292	485.719
146	29.496	485.543
147	29.578	485.507
148	29.618	485.476
149	29.781	485.32
150	29.903	485.177
151	29.985	485.107
152	30.189	484.977
153	30.27	484.91
154	30.352	484.756
155	30.474	484.402
156	30.555	484.217
157	30.596	484.15
158	30.677	484.127
159	30.759	484.086
160	30.963	483.951
161	31.085	483.83
162	31.289	483.674
163	31.492	483.488
164	31.574	483.401
165	31.777	483.042
166	31.981	482.776
167	32.47	482.303
168	32.674	482.018
169	33.163	481.486
170	33.366	481.226
171	33.529	481.043
172	33.774	480.795
173	34.059	480.48
174	34.181	480.405
175	34.466	480.301
176	34.548	480.259
177	34.67	480.167
178	34.874	480.052
179	35.037	480.014
180	35.444	479.945
181	35.689	479.946
182	36.014	479.923
183	36.137	479.928
184	36.34	479.913
185	36.829	479.905
186	37.237	479.877
187	37.97	479.852
188	38.337	479.869
189	38.459	479.832
190	38.581	479.736
191	38.663	479.646
192	38.744	479.498

193	38.866	479.184
194	38.948	478.915
195	39.151	478.077
196	39.355	477.371
197	39.64	476.174
198	39.681	476.088
199	39.763	476.006
200	39.844	475.985
201	40.129	475.957
202	40.333	475.958
203	40.659	475.989
204	41.066	476.068
205	41.433	476.123
206	41.677	476.144

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	36
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	36	69
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	69	125
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	125	180
Strade asfaltate e calcestruzzo	180	188
Materiale fine (spessore>100cm)	188	206

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi

"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo**"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders**Blocco V=0.06mc****Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.06mc
Location	(0.238, 511.014)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.06mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.06mc**Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.06mc
Location	(14.252, 499.002)


Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.06mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types**Blocco V=0.06mc****Properties**

Name	Blocco V=0.06mc
Color	
Shapes	Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	156	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

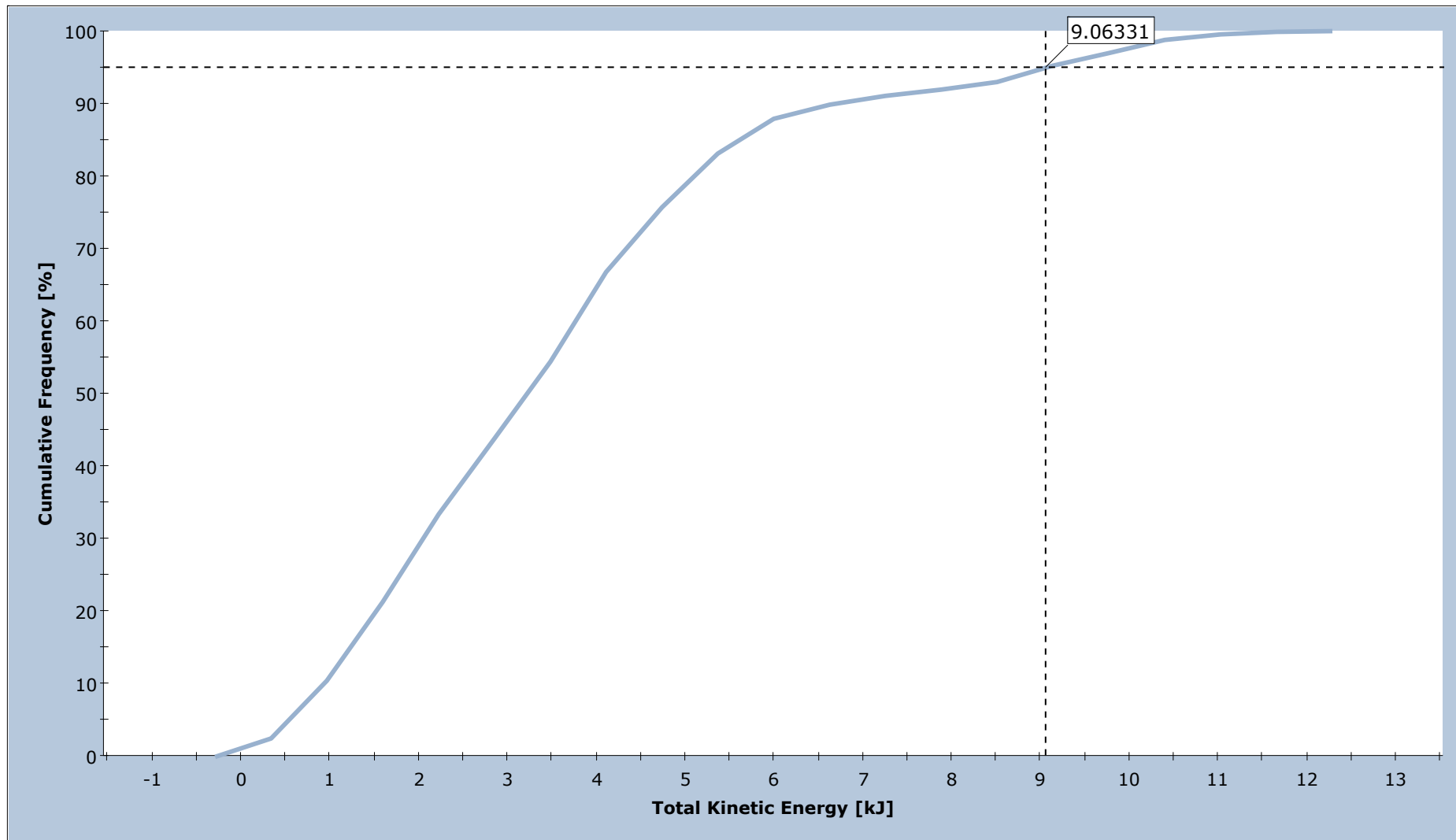
Barriers

BP-03	
Name	BP-03
Type	RMC 100/A
Location	(20.3347, 492.628) to (22.0252, 496.253)
Height (m)	4

Barrier Types

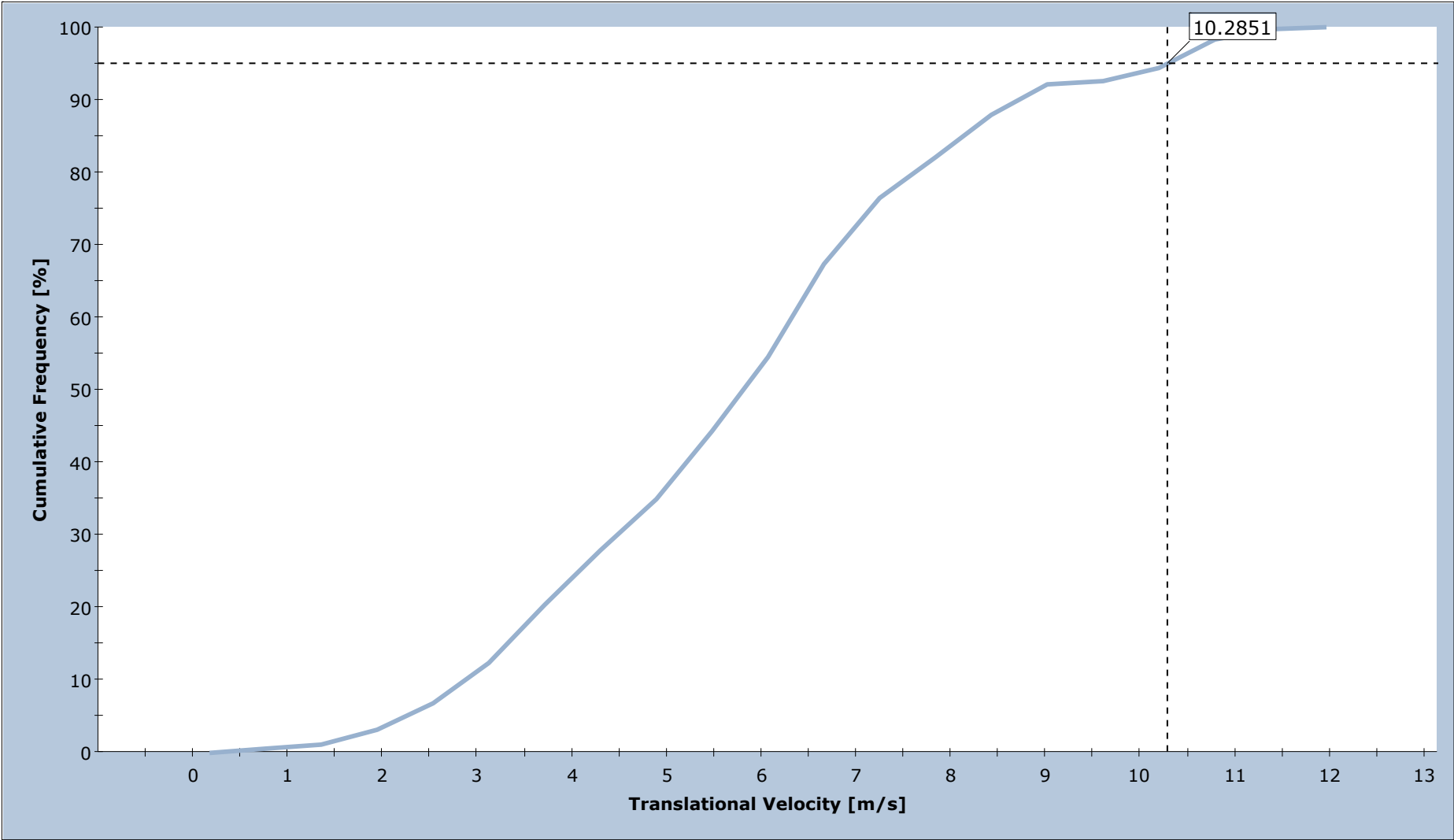
"RMC 100/A" Properties	
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-03



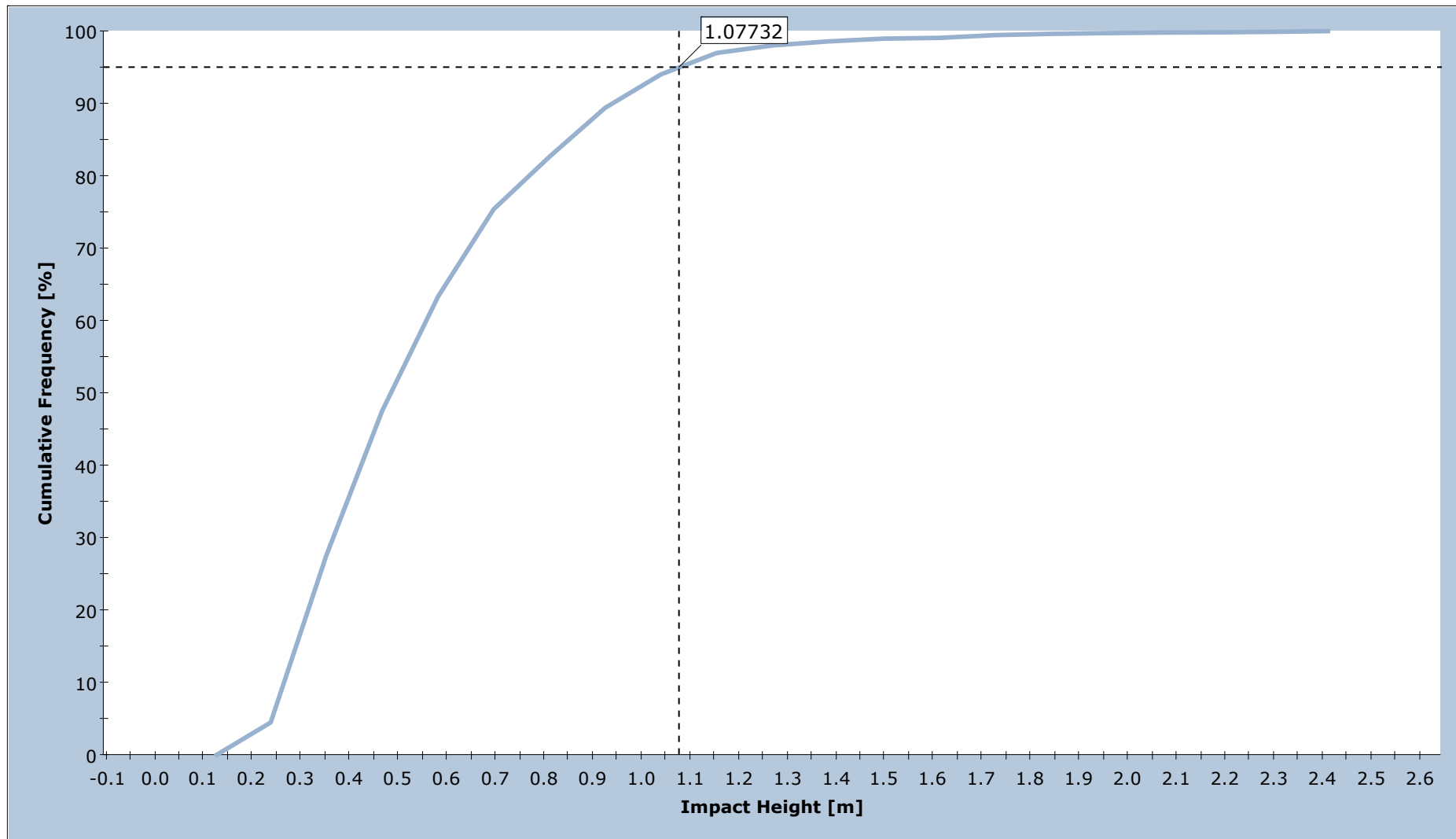
Total number of rocks on BP-03: 1813
Total Kinetic Energy: min = 0.0282076, max = 11.9606

Translational Velocity on BP-03



Total number of rocks on BP-03: 1813
Translational Velocity: min = 0.4733, max = 11.6633

Impact Height on BP-03



Total number of rocks on BP-03: 1813
Impact Height: min = 0.180993, max = 2.35673

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-03
Capacity	Infinite
Height	4.00m
Hits	1813 / 2000 rocks
Height	4.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	1.07m	0.55m	0.18m	2.36m
Translational Velocity	10.31m/s	5.79m/s	0.47m/s	11.66m/s
Translation Energy	8.30kJ	3.02kJ	0.02kJ	10.61kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	156.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.060	m ³	
Rock Radius	R	0.243	m	
Separation Distance		7.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	1.07	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	10.31	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	2.00		
Barrier deformation	Y _d	1.50		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	159.12	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	11.57	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	12.79	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	1.44	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	6.68	m	D Y _d
Design Barrier Height		4.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		536.50	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	12.79 < 536.50	Valid
Height	1.44 < 4.00	Valid
Elongation	6.68 < 7.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		2.8	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-04.fal5

File Version 5.017

Date Created 01/04/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
 Units Metric (m, kg, kJ)
 Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
 Maximum steps per rock 10000
 Normal velocity cutoff 0.1m/s
 Stopped velocity cutoff 0.1m/s
 Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
 Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	564.5		
2	0.5	564.021		
3	0.876	563.722		
4	1.377	563.403		
5	2.879	562.592		
6	3.881	561.92		
7	4.382	561.629		
8	5.384	561.176		
9	5.885	560.915		
10	8.514	559.342		
11	10.392	558.282		
12	10.893	557.949		
13	11.895	557.213		
14	12.896	556.545		
15	13.898	555.768		
16	14.9	555.115		
17	16.402	554.267		
18	17.905	553.481		
19	19.408	552.566		
20	20.534	552.011		
21	21.912	551.28		

22	23.54	550.49
23	25.919	549.203
24	28.423	547.714
25	29.925	546.759
26	32.931	545.098
27	33.932	544.515
28	34.433	544.261
29	35.936	543.601
30	37.438	542.798
31	37.939	542.592
32	39.942	541.999
33	41.946	541.137
34	44.575	540.166
35	45.452	539.889
36	45.953	539.697
37	48.833	538.51
38	49.459	538.215
39	52.965	536.118
40	54.968	534.821
41	55.97	534.106
42	57.973	532.848
43	59.476	531.809
44	60.477	531.236
45	60.978	530.891
46	61.479	530.611
47	61.98	530.478
48	63.483	530.376
49	63.983	530.309
50	64.359	530.154
51	64.484	530.161
52	64.86	529.824
53	65.862	529.022
54	66.112	528.855
55	66.613	528.661
56	66.738	528.578
57	67.114	528.151
58	67.99	527.886
59	68.241	527.742
60	68.741	527.37
61	69.117	527.226
62	69.368	527.007
63	69.618	526.919
64	70.119	526.674
65	70.244	526.51
66	70.494	526.269
67	70.745	526.093
68	71.246	525.468
69	71.747	525.251
70	71.997	525.057
71	72.247	524.914
72	72.748	524.74
73	73.124	524.539
74	73.5	524.207
75	73.75	524.064
76	73.875	523.938
77	74.501	523.127
78	74.752	522.846

79	75.002	522.618
80	75.378	522.422
81	75.503	522.314
82	75.879	521.855
83	76.63	521.214
84	76.755	521.133
85	77.006	521.041
86	77.131	520.93
87	77.256	520.891
88	77.757	520.528
89	78.258	520.29
90	78.383	520.204
91	78.884	519.686
92	79.259	519.232
93	80.011	518.597
94	80.511	517.705
95	81.012	517.31
96	81.388	516.859
97	81.764	516.248
98	82.139	515.997
99	83.141	515.079
100	83.517	514.785
101	83.892	514.323
102	84.143	514.128
103	84.518	513.687
104	84.894	513.341
105	85.019	513.275
106	85.144	513.135
107	85.229	513.1
108	85.52	512.793
109	86.021	511.889
110	86.396	511.582
111	86.647	511.48
112	87.398	510.825
113	88.4	510.14
114	89.777	508.877
115	89.902	508.652
116	90.153	507.937
117	90.654	506.778
118	91.155	506.165
119	91.53	505.59
120	91.655	505.335
121	92.156	504.781
122	92.407	504.278
123	92.782	503.772
124	93.033	503.582
125	93.283	503.29
126	93.408	503.227
127	93.659	503.015
128	94.034	502.772
129	94.661	502.395
130	94.911	502.284
131	95.662	502.047
132	96.414	501.926
133	96.914	501.889
134	97.29	501.956
135	97.415	501.944

136	97.666	501.777
137	98.167	501.576
138	98.417	501.425
139	98.793	501.127
140	99.293	500.858
141	99.544	500.82
142	99.919	500.614
143	100.17	500.552
144	100.295	500.275
145	100.546	492.139
146	100.671	491.977
147	101.172	491.753
148	101.547	491.631
149	102.424	491.196
150	102.674	491.135
151	103.801	491.011
152	104.177	490.917
153	104.552	490.777
154	104.928	490.715
155	108.81	489.971
156	109.31	489.873
157	109.937	489.797
158	110.688	489.759
159	111.063	489.709
160	113.067	489.826
161	113.192	489.737
162	113.943	488.73
163	114.069	488.607
164	114.319	488.538
165	114.569	488.425
166	114.695	488.26
167	114.945	487.593
168	115.321	487.334
169	115.696	487.025
170	116.072	486.533
171	116.448	486.107
172	117.449	485.351
173	118.201	484.891
174	118.701	484.457
175	119.453	483.506
176	119.828	483.115
177	119.954	482.934
178	120.204	482.721
179	120.83	481.834
180	121.581	481.241
181	121.957	480.625
182	122.333	480.323
183	122.708	480.073
184	122.959	480.017
185	125.087	479.945
186	125.338	479.96
187	125.463	479.999
188	125.588	479.969
189	125.713	479.876
190	125.839	479.625
191	126.214	478.651
192	126.339	478.405

193	126.465	478.29
194	126.59	477.779
195	126.715	476.995
196	126.84	476.572
197	126.965	476.509
198	127.842	476.383

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	6
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	6	92
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	92	129
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	129	142
Strade asfaltate e calcestruzzo	142	160
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	160	183
Strade asfaltate e calcestruzzo	183	186
Materiale fine (spessore>100cm)	186	198

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi

"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo

"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders

Blocco V=0.11mc

Seeder Properties

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(0.22, 564.675)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.06mc

Seeder Properties

Name	Blocco V=0.06mc
Location	(79.4, 519.384)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.06mc


Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types


Blocco V=0.11mc

Properties

Name	Blocco V=0.11mc
Color	
Shapes	Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	273	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=0.06mc

Properties					
Name	Blocco V=0.06mc				
Color					
Shapes	Oval (2:3)				
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	156	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

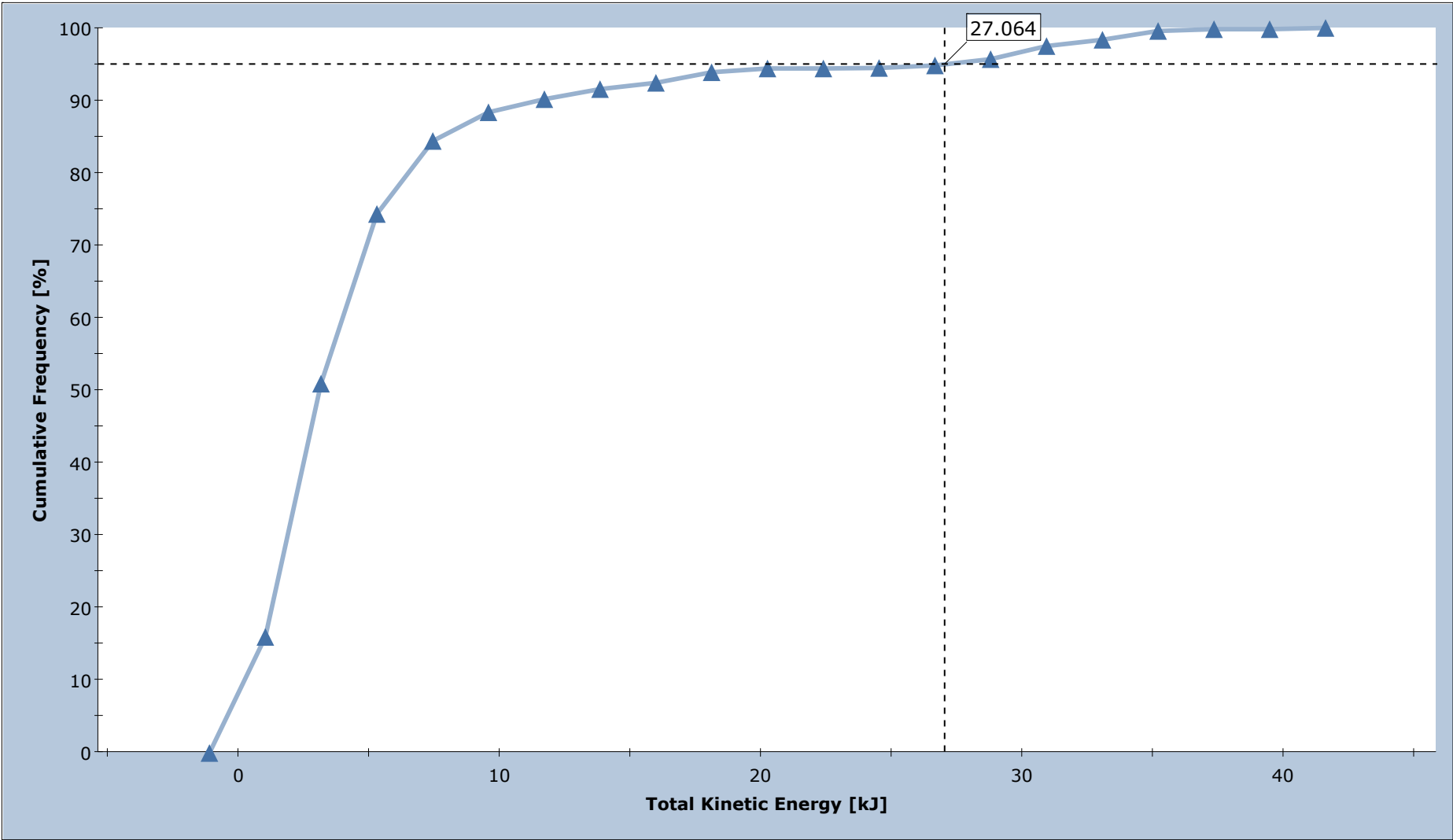
Barriers

BP-04	
Name	BP-04
Type	RMC 100/A
Location	(96.4041, 501.928) to (96.4041, 503.928)
Height (m)	2

Barrier Types

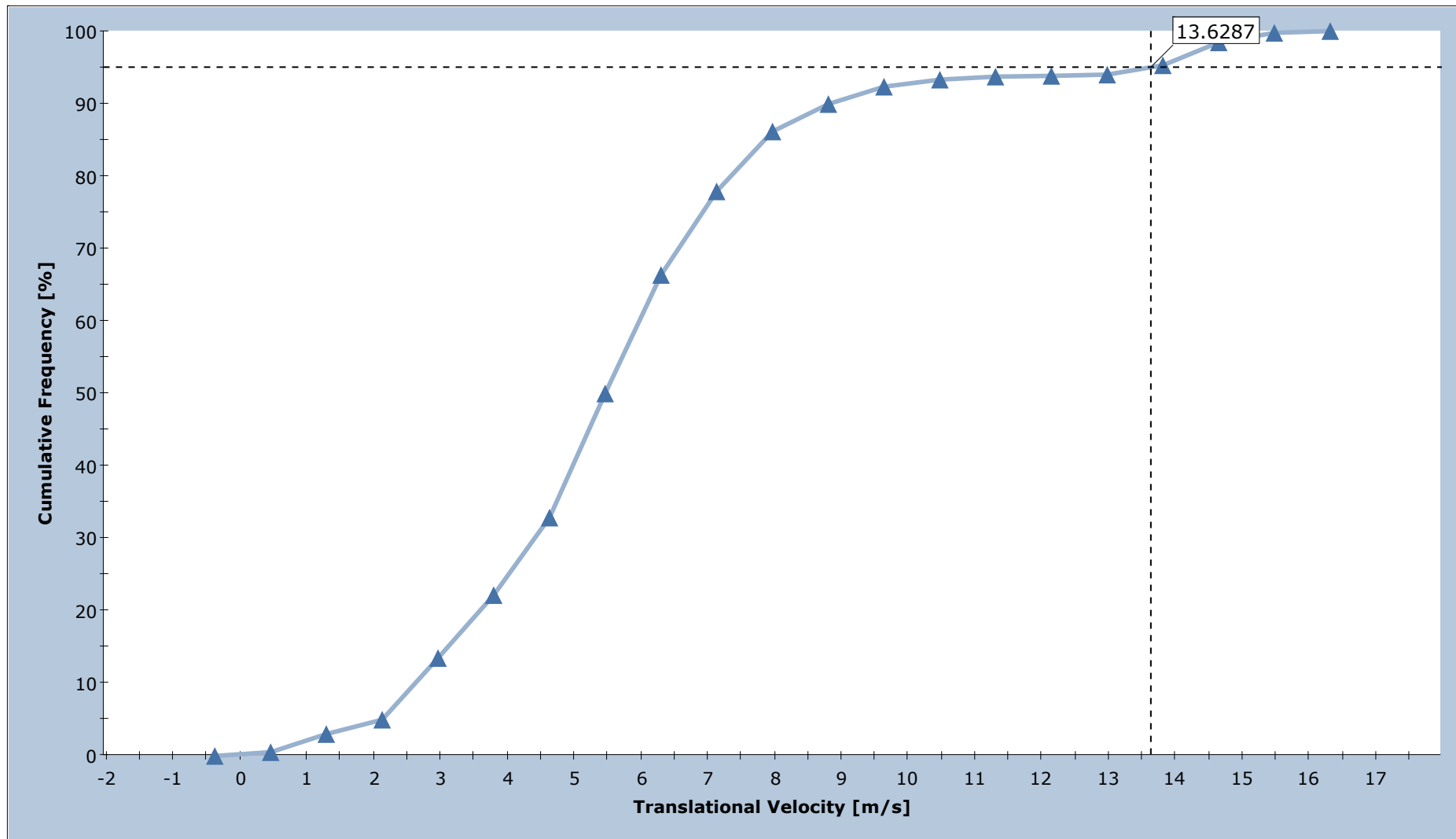
"RMC 100/A" Properties	
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-04



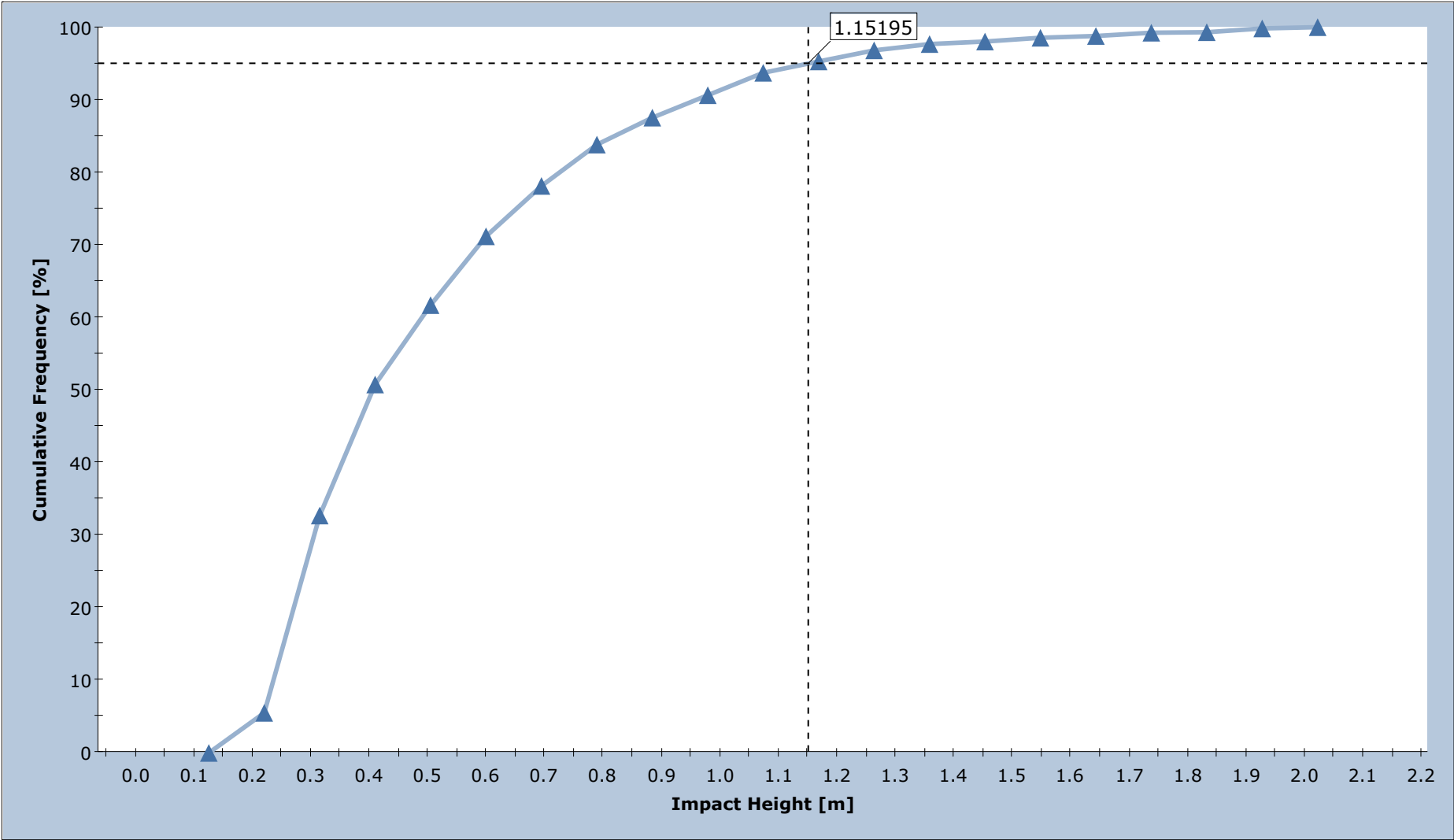
Total number of rocks on BP-04: 1162
Total Kinetic Energy: min = 0.00021319, max = 40.5212

Translational Velocity on BP-04



Total number of rocks on BP-04: 1162
Translational Velocity: min = 0.0430908, max = 15.8855

Impact Height on BP-04



Total number of rocks on BP-04: 1162
Impact Height: min = 0.173472, max = 1.97358

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-04
Capacity	Infinite
Height	2.00m
Hits	1162 / 2000 rocks
Height	2.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	1.14m	0.51m	0.17m	1.97m
Translational Velocity	13.70m/s	5.82m/s	0.04m/s	15.89m/s
Translation Energy	25.23kJ	4.28kJ	0.00kJ	34.45kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	273.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.105	m ³	
Rock Radius	R	0.293	m	
Separation Distance		6.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	1.14	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	13.70	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	1.20		
Barrier deformation	Y _d	1.30		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	278.46	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	15.38	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	39.50	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	1.57	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	5.79	m	D Y _d
Design Barrier Height		2.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		894.17	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	39.50 < 894.17	Valid
Height	1.57 < 2.00	Valid
Elongation	5.79 < 6.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		1.4	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-05.fal5
 File Version 5.017

Date Created 01/04/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
 Units Metric (m, kg, kJ)
 Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
 Maximum steps per rock 10000
 Normal velocity cutoff 0.1m/s
 Stopped velocity cutoff 0.1m/s
 Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
 Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	592.21		
2	0.331	591.735		
3	0.826	590.739		
4	1.322	590.018		
5	3.141	588.337		
6	5.786	586.138		
7	6.281	585.648		
8	7.273	584.563		
9	7.769	584.197		
10	8.265	584.003		
11	9.422	583.633		
12	11.24	582.948		
13	11.902	582.651		
14	12.398	582.318		
15	13.389	581.533		
16	14.381	580.865		
17	16.365	579.192		
18	18.348	577.875		
19	18.844	577.631		
20	20.332	577.002		
21	22.481	575.921		

22	24.299	575.125
23	25.456	574.684
24	26.118	574.391
25	26.944	573.949
26	30.581	571.804
27	31.077	571.583
28	31.572	571.431
29	33.391	571.016
30	34.879	570.522
31	36.697	569.772
32	40.003	568.259
33	41.656	567.072
34	42.813	566.322
35	44.135	565.395
36	47.937	562.941
37	49.425	561.74
38	49.921	561.298
39	50.913	560.311
40	51.409	559.901
41	53.062	558.748
42	56.533	556.058
43	58.021	554.999
44	58.517	554.674
45	60.996	553.259
46	64.467	551.182
47	66.947	549.851
48	68.6	548.594
49	70.584	547.291
50	71.079	547.026
51	72.567	546.378
52	73.89	545.704
53	75.708	544.664
54	77.361	543.805
55	80.171	542.482
56	81.163	542.059
57	82.816	541.25
58	84.634	540.49
59	87.114	539.598
60	88.767	538.824
61	92.403	537.356
62	93.23	536.989
63	93.891	536.637
64	94.883	536.002
65	95.379	535.765
66	96.371	535.528
67	96.866	535.3
68	97.528	534.822
69	98.354	534.127
70	99.511	532.657
71	100.007	532.23
72	100.503	532.033
73	100.999	531.964
74	101.991	531.9
75	102.487	531.744
76	102.983	531.366
77	103.478	530.893
78	103.974	530.503

79	104.966	529.942
80	106.454	529.342
81	107.611	528.978
82	108.438	528.822
83	108.933	528.648
84	109.264	528.461
85	110.586	527.144
86	110.917	526.683
87	111.082	526.555
88	112.074	525.504
89	112.735	524.694
90	113.066	524.435
91	113.397	524.044
92	113.892	523.609
93	114.058	523.256
94	114.388	522.29
95	114.554	522.141
96	115.05	521.864
97	115.215	521.719
98	115.38	521.518
99	116.207	520.752
100	116.537	520.391
101	117.033	519.989
102	117.364	519.645
103	117.86	519.227
104	118.356	518.629
105	118.686	518.384
106	119.513	517.525
107	120.009	517.219
108	120.504	516.723
109	121	516.413
110	121.662	515.899
111	122.158	515.571
112	122.819	514.999
113	123.315	514.776
114	123.811	514.359
115	124.306	514.065
116	125.133	513.349
117	126.125	512.391
118	126.455	512.269
119	127.117	511.901
120	127.447	511.792
121	127.943	511.37
122	128.274	511.277
123	128.439	511.29
124	128.604	511.254
125	129.265	510.827
126	129.927	510.475
127	130.423	510.306
128	130.918	510.079
129	131.084	509.918
130	131.414	509.836
131	132.076	509.506
132	132.571	508.979
133	133.067	508.695
134	133.398	508.637
135	133.729	508.637

136	133.894	508.57
137	134.224	508.213
138	134.39	508.13
139	135.051	508.077
140	135.216	507.97
141	135.382	507.774
142	136.208	506.653
143	136.373	506.348
144	136.704	505.941
145	137.2	505.533
146	137.531	505.139
147	138.853	504.351
148	139.845	503.859
149	140.01	503.839
150	140.671	503.537
151	141.828	503.45
152	142.324	503.285
153	142.49	503.165
154	142.82	502.791
155	143.151	502.516
156	143.647	501.782
157	143.812	501.63
158	144.461	501.356
159	144.638	501.242
160	145.63	499.644
161	145.796	499.301
162	146.787	498.308
163	147.283	497.738
164	147.614	497.21
165	148.11	496.533
166	148.771	495.981
167	148.936	495.896
168	149.267	495.801
169	149.597	495.802
170	150.093	495.698
171	150.92	495.308
172	151.251	495.065
173	151.581	494.696
174	152.077	494.295
175	152.242	494.108
176	152.573	493.917
177	153.234	493.018
178	154.061	491.504
179	154.226	491.3
180	154.557	490.692
181	155.052	490.1
182	155.714	489.14
183	155.879	488.961
184	156.044	488.657
185	156.21	488.513
186	157.036	488.226
187	157.532	488.176
188	158.524	488.162
189	159.185	488.2
190	159.516	488.265
191	159.846	488.204
192	160.177	488.019

193	160.342	487.605
194	160.838	486.07
195	161.169	485.674
196	161.664	485.283
197	161.83	484.952
198	162.16	484.042
199	163.152	483.171
200	163.813	482.678
201	164.144	482.034
202	164.805	480.492
203	164.971	480.307
204	165.136	480.204
205	165.301	480.175
206	167.615	480.058
207	168.111	480.092
208	168.277	480.024
209	168.442	479.723
210	168.772	478.593
211	169.103	477.634

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	8
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	8	12
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	12	41
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	41	83
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	83	146
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	146	159
Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica	159	184
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	184	204
Strade asfaltate e calcestruzzo	204	208
Materiale fine (spessore>100cm)	208	211

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi**"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica**"Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.557	Normal	0.054	0.162	0.162
Rolling Resistance	0.9	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo**"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders**Blocco V=0.11mc****Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(0.23, 592.307)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.11mc

Seeder Properties

Name Blocco V=0.11mc
 Location (11.31, 583.165)

Rocks to Throw

Number of Rocks 1000 Per Rock Type
 Rock Types Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.28mc

Seeder Properties

Name Blocco V=0.28mc
 Location (144.953, 501.421)

Rocks to Throw

Number of Rocks 1000 Per Rock Type
 Rock Types Blocco V=0.28mc


Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	1	None			
Vertical Velocity (m/s)	1	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types

Blocco V=0.11mc


Properties

Name Blocco V=0.11mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	273	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=0.28mc

Properties

Name Blocco V=0.28mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	728	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

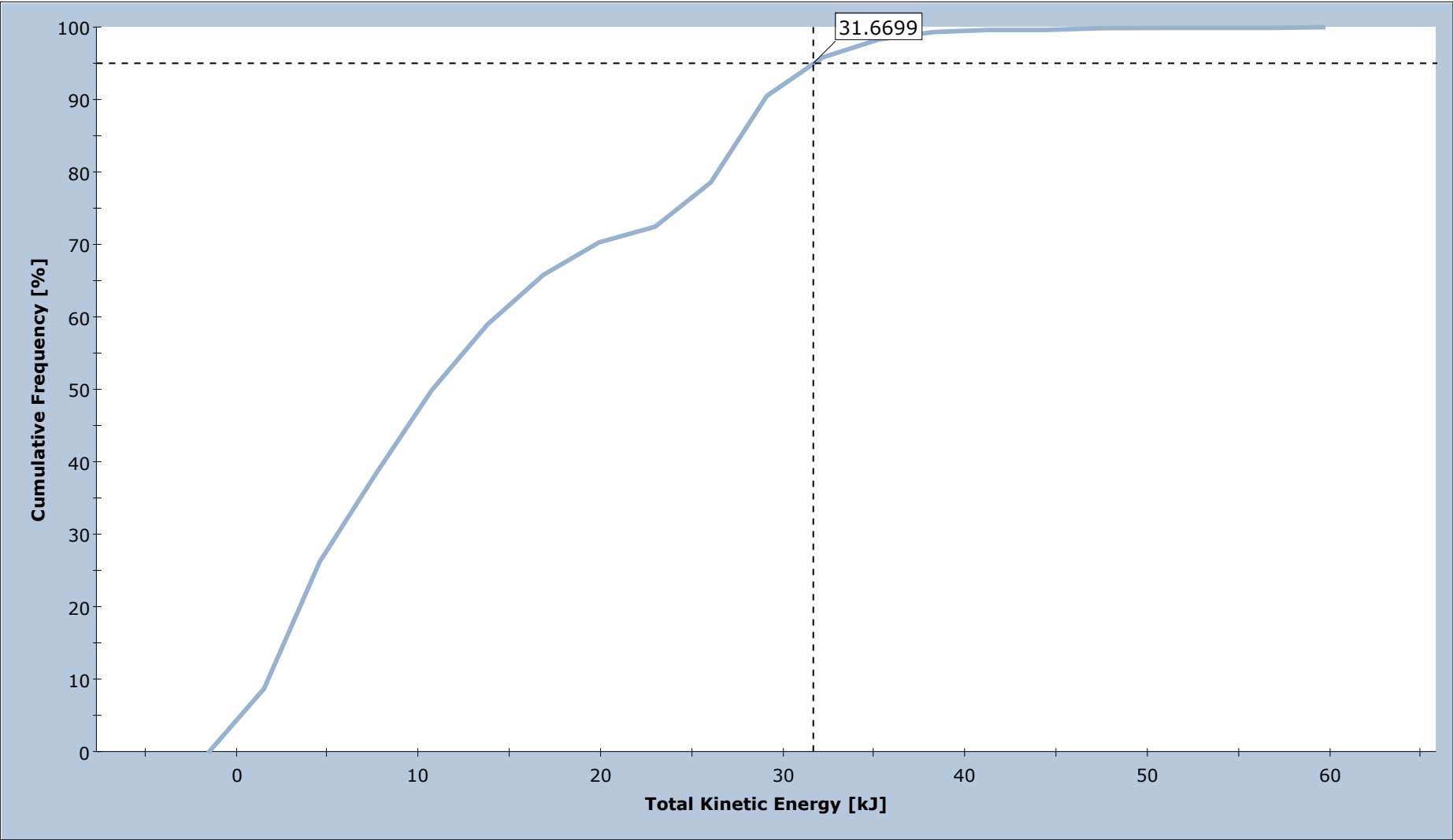
Barriers

BP-05	
Name	BP-05
Type	RMC 100/A
Location	(149.584, 495.802) to (151.274, 499.427)
Height (m)	4

Barrier Types

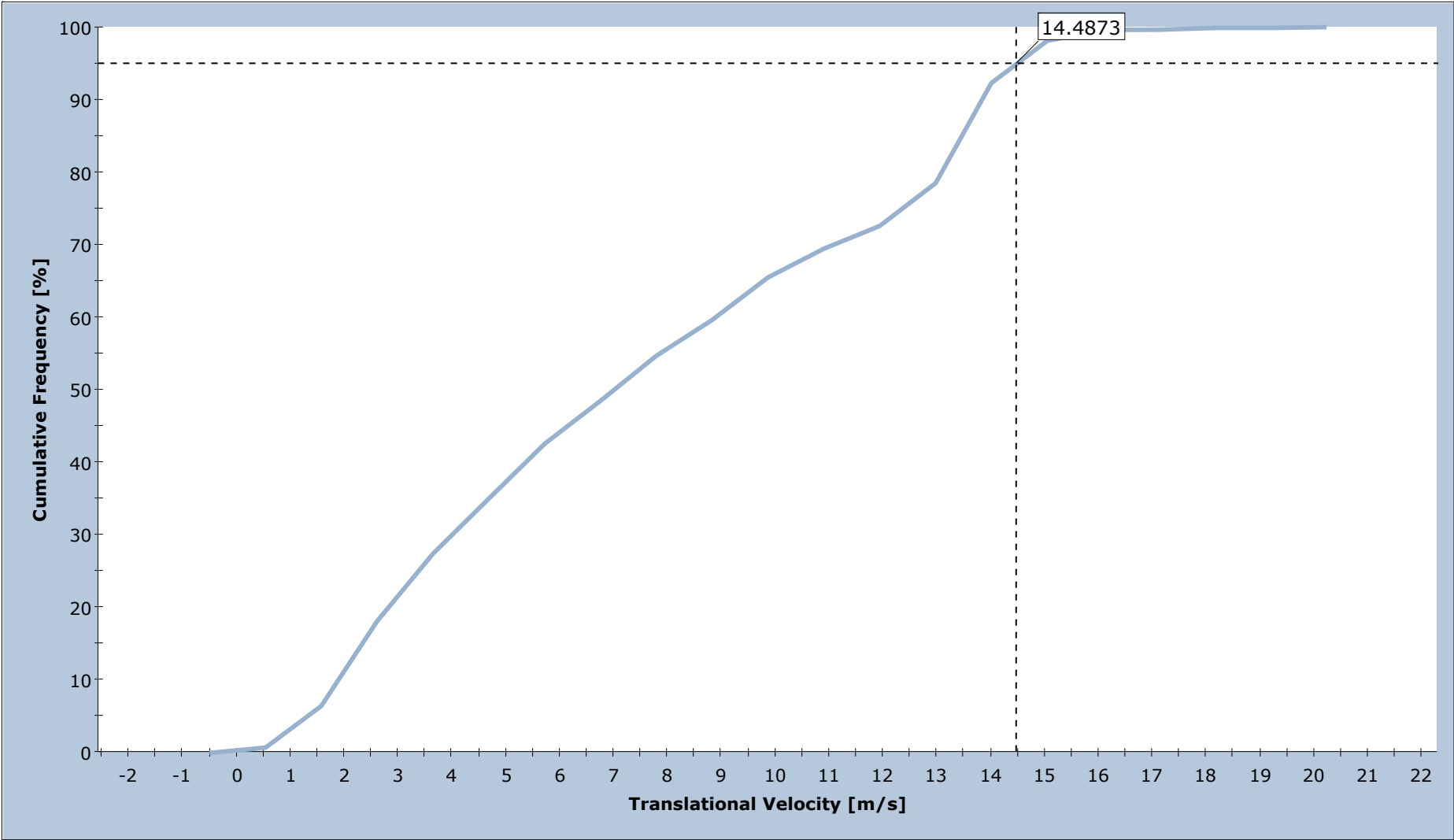
"RMC 100/A" Properties	
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-05



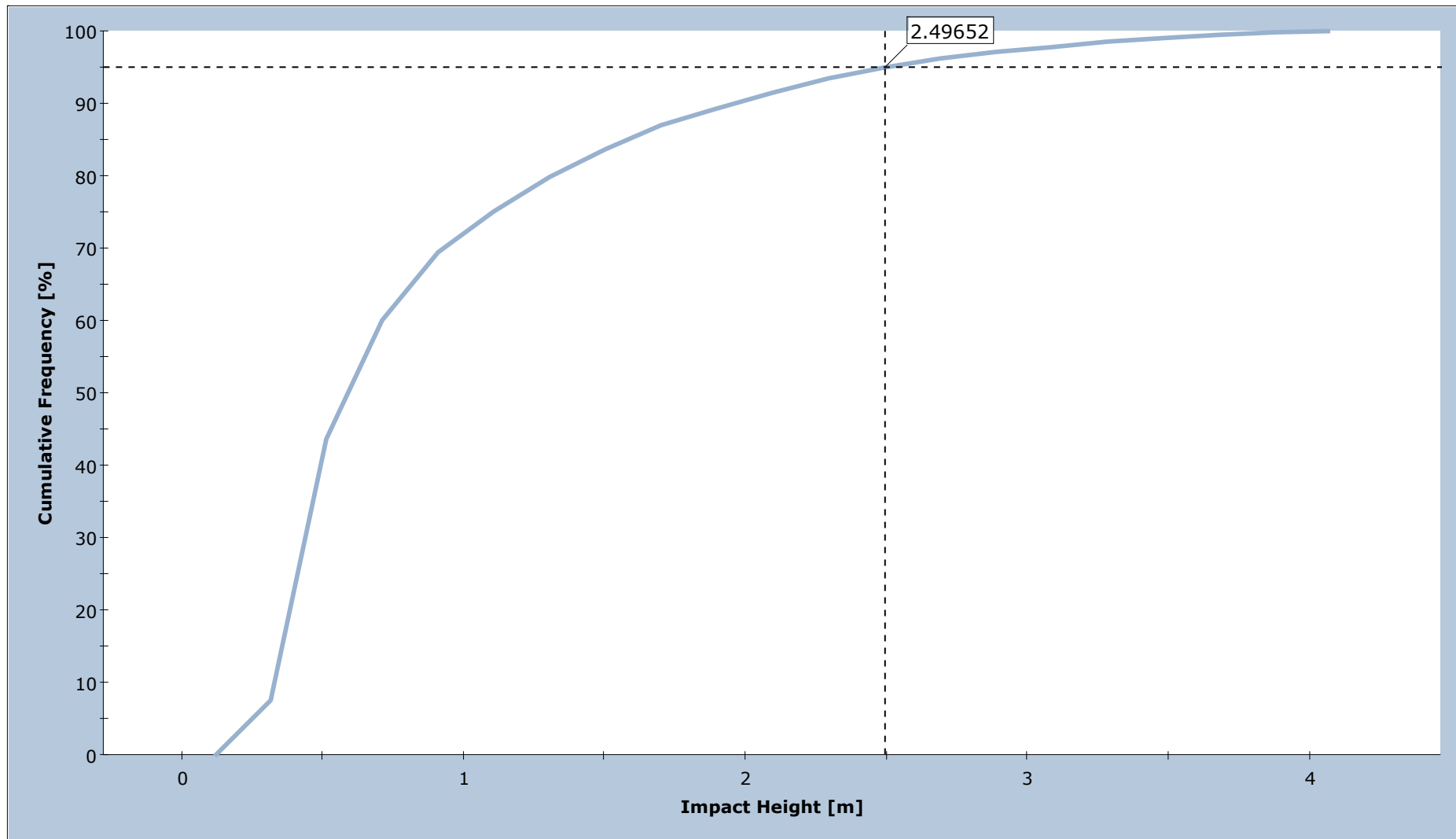
Total number of rocks on BP-05: 2280
Total Kinetic Energy: min = 0.00026209, max = 58.1772

Translational Velocity on BP-05



Total number of rocks on BP-05: 2280
Translational Velocity: min = 0.0268333, max = 19.6993

Impact Height on BP-05



Total number of rocks on BP-05: 2280
Impact Height: min = 0.217247, max = 3.97174

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-05
Capacity	Infinite
Height	4.00m
Hits	2280 / 3000 rocks
Height	4.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	2.49m	0.88m	0.22m	3.97m
Translational Velocity	14.40m/s	7.58m/s	0.03m/s	19.70m/s
Translation Energy	28.30kJ	11.46kJ	0.00kJ	52.97kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	728.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.280	m ³	
Rock Radius	R	0.406	m	
Separation Distance		7.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	2.49	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	14.40	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	2.00		
Barrier deformation	Y _d	1.50		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	742.56	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	16.16	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	116.30	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	3.20	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	6.68	m	D Y _d
Design Barrier Height		4.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		536.50	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	116.30 < 536.50	Valid
Height	3.20 < 4.00	Valid
Elongation	6.68 < 7.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		2.8	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-06.1.fal5
 File Version 5.017

Date Created 01/04/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
 Units Metric (m, kg, kJ)
 Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
 Maximum steps per rock 10000
 Normal velocity cutoff 0.1m/s
 Stopped velocity cutoff 0.1m/s
 Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
 Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	593.1		
2	0.332	592.59		
3	0.996	591.17		
4	1.494	590.354		
5	2.822	589.185		
6	3.983	587.855		
7	4.481	587.383		
8	6.307	585.906		
9	7.469	584.804		
10	8.299	584.135		
11	8.963	583.803		
12	10.457	583.551		
13	10.955	583.403		
14	11.453	583.171		
15	11.951	582.851		
16	13.942	581.269		
17	15.436	580.187		
18	15.934	579.883		
19	17.926	578.89		
20	20.416	577.414		
21	26.059	574.954		

22	27.055	574.47
23	28.383	573.75
24	31.039	572.501
25	32.532	571.865
26	35.188	570.887
27	36.848	570.163
28	37.512	569.832
29	39.006	568.939
30	40.998	567.834
31	41.993	567.4
32	42.491	567.107
33	43.985	566.113
34	44.483	565.718
35	45.479	564.558
36	45.977	564.078
37	47.471	562.875
38	50.459	560.834
39	51.952	559.649
40	53.114	558.958
41	54.11	558.288
42	56.434	556.521
43	59.09	554.872
44	61.579	552.796
45	66.061	549.447
46	67.555	548.148
47	68.053	547.793
48	69.547	547.173
49	70.542	546.686
50	72.534	545.524
51	75.522	543.647
52	77.68	542.351
53	80.003	541.044
54	81.497	540.314
55	83.655	539.564
56	85.149	538.833
57	87.639	537.835
58	89.133	537.066
59	91.622	536.005
60	94.112	534.623
61	95.606	534.153
62	96.104	533.763
63	96.602	533.258
64	97.1	532.916
65	97.764	532.756
66	98.76	532.717
67	99.257	532.646
68	99.755	532.387
69	101.083	531.263
70	101.747	530.854
71	102.245	530.662
72	103.241	530.385
73	104.735	530.124
74	105.233	529.911
75	106.229	529.35
76	107.723	529.184
77	108.387	529.006
78	108.552	528.93

79	108.718	528.777
80	109.216	528.547
81	110.544	528.1
82	110.71	527.979
83	111.042	527.521
84	111.208	527.563
85	111.706	527.326
86	112.186	526.893
87	112.536	526.646
88	112.702	526.408
89	112.868	526.134
90	113.034	525.726
91	113.2	525.042
92	113.366	524.667
93	113.698	524.179
94	114.03	524.364
95	114.362	523.948
96	115.026	523.463
97	115.524	523.428
98	115.69	523.372
99	116.022	523.217
100	116.354	522.875
101	116.52	522.565
102	117.018	520.383
103	117.184	519.833
104	117.35	519.672
105	117.516	519.814
106	117.589	519.758
107	118.179	519.008
108	119.009	518.15
109	119.673	517.619
110	120.669	516.616
111	121.831	515.794
112	122.661	514.879
113	123.159	514.48
114	124.155	513.901
115	124.321	513.764
116	124.653	513.359
117	124.985	513.153
118	125.981	511.917
119	126.479	511.619
120	127.309	511.261
121	127.64	511.193
122	128.138	510.925
123	128.636	510.799
124	129.134	510.523
125	129.3	510.36
126	129.798	509.63
127	129.964	509.618
128	130.13	509.481
129	131.126	508.403
130	131.458	508.352
131	131.79	508.447
132	132.122	508.417
133	132.288	508.236
134	132.62	508.063
135	132.786	507.881

136	132.952	507.54
137	133.284	506.685
138	133.616	505.997
139	134.18	505.248
140	134.778	504.614
141	134.944	504.546
142	135.276	504.244
143	135.608	504.114
144	136.604	503.493
145	136.77	503.259
146	136.936	503.161
147	137.765	502.901
148	138.429	502.74
149	139.259	502.65
150	139.923	502.64
151	140.255	502.771
152	140.587	502.75
153	140.753	502.627
154	141.085	502.103
155	141.837	501.827
156	142.247	501.229
157	142.579	501.159
158	142.745	501.075
159	142.911	500.841
160	143.077	500.733
161	143.243	500.784
162	143.575	500.697
163	143.907	500.286
164	144.239	500.117
165	144.405	499.809
166	144.571	499.627
167	145.285	499.348
168	145.401	498.107
169	146.065	498.041
170	146.231	497.214
171	146.397	491.59
172	146.563	491.118
173	146.728	490.38
174	147.06	489.963
175	147.226	489.889
176	155.028	489.889
177	155.36	489.929
178	156.355	489.681
179	156.853	489.378
180	157.185	489.278
181	157.849	489.194
182	158.015	489.05
183	158.181	488.613
184	158.513	487.009
185	158.679	486.513
186	159.177	486.357
187	159.841	486.247
188	160.007	486.171
189	161.003	485.326
190	161.335	484.902
191	161.501	484.519
192	161.833	483.382

193	161.999	483.097
194	162.663	482.697
195	163.327	482.104
196	163.493	481.862
197	163.659	481.464
198	163.825	481.199
199	164.821	480.093
200	165.153	479.875
201	165.982	479.706
202	166.646	479.689
203	167.642	479.8
204	168.14	479.798
205	168.306	479.658
206	168.638	479.089
207	169.302	477.507
208	169.468	477.202
209	169.634	476.967
210	169.8	476.879

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	9
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	9	19
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	19	38
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	38	81
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	81	146
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	146	169
Strade asfaltate e calcestruzzo	169	180
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	180	200
Strade asfaltate e calcestruzzo	200	204
Materiale fine (spessore>100cm)	204	210

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi**"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo**"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders**Blocco V=0.11mc****Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(0.356, 593.108)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.11mc**Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(18.002, 579.208)


Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.11mc

Properties	
Name	Blocco V=0.11mc
Color	
Shapes	Oval (2:3)
	Mean Distribution Std.Dev. Rel. Min Rel. Max
Mass (kg)	273 None
Density (kg/m ³)	2600 None

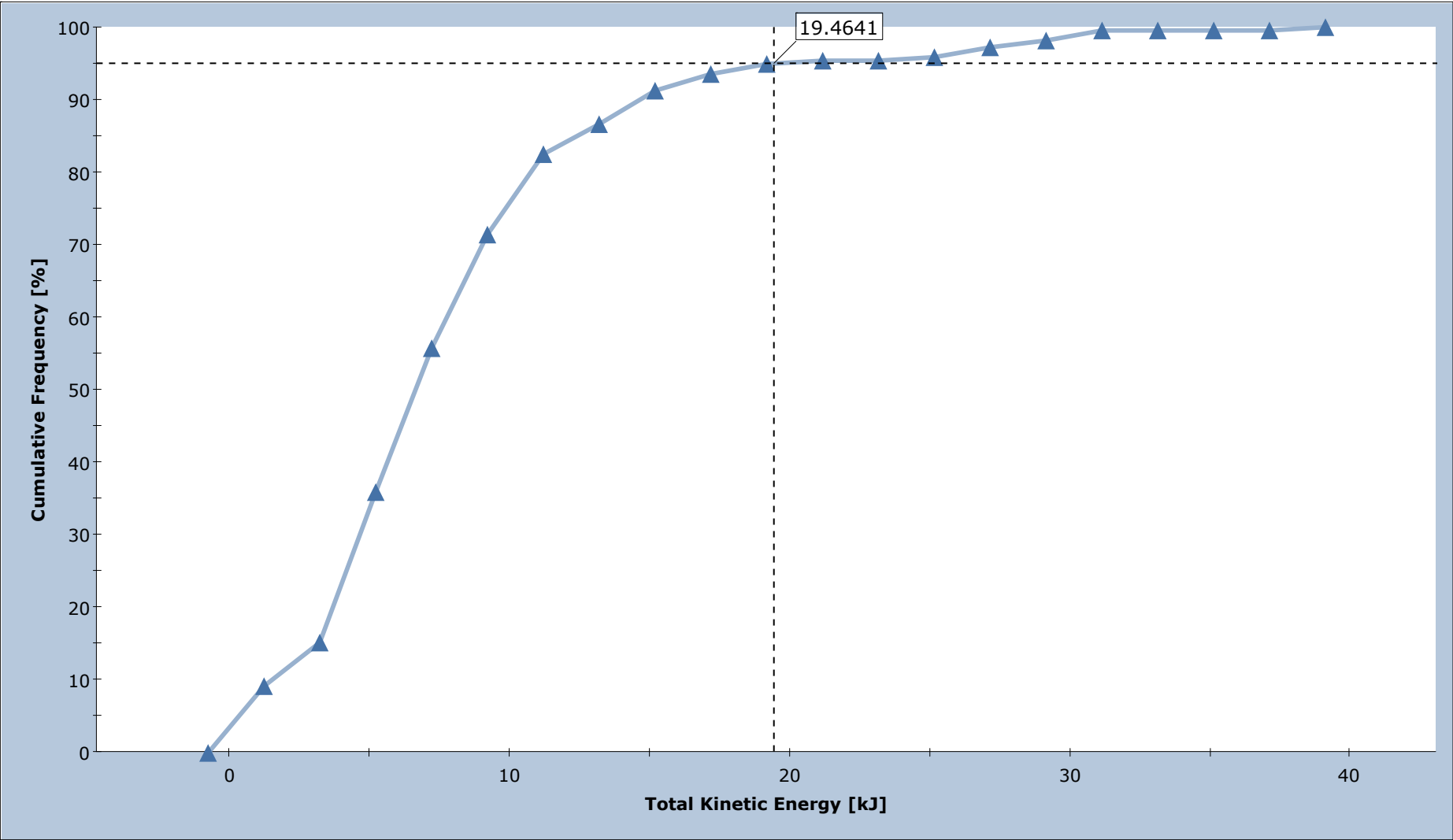
Barriers

BP-06	
Name	BP-06
Type	RMC 100/A
Location	(141.831, 501.829) to (143.098, 504.548)
Height (m)	3

Barrier Types

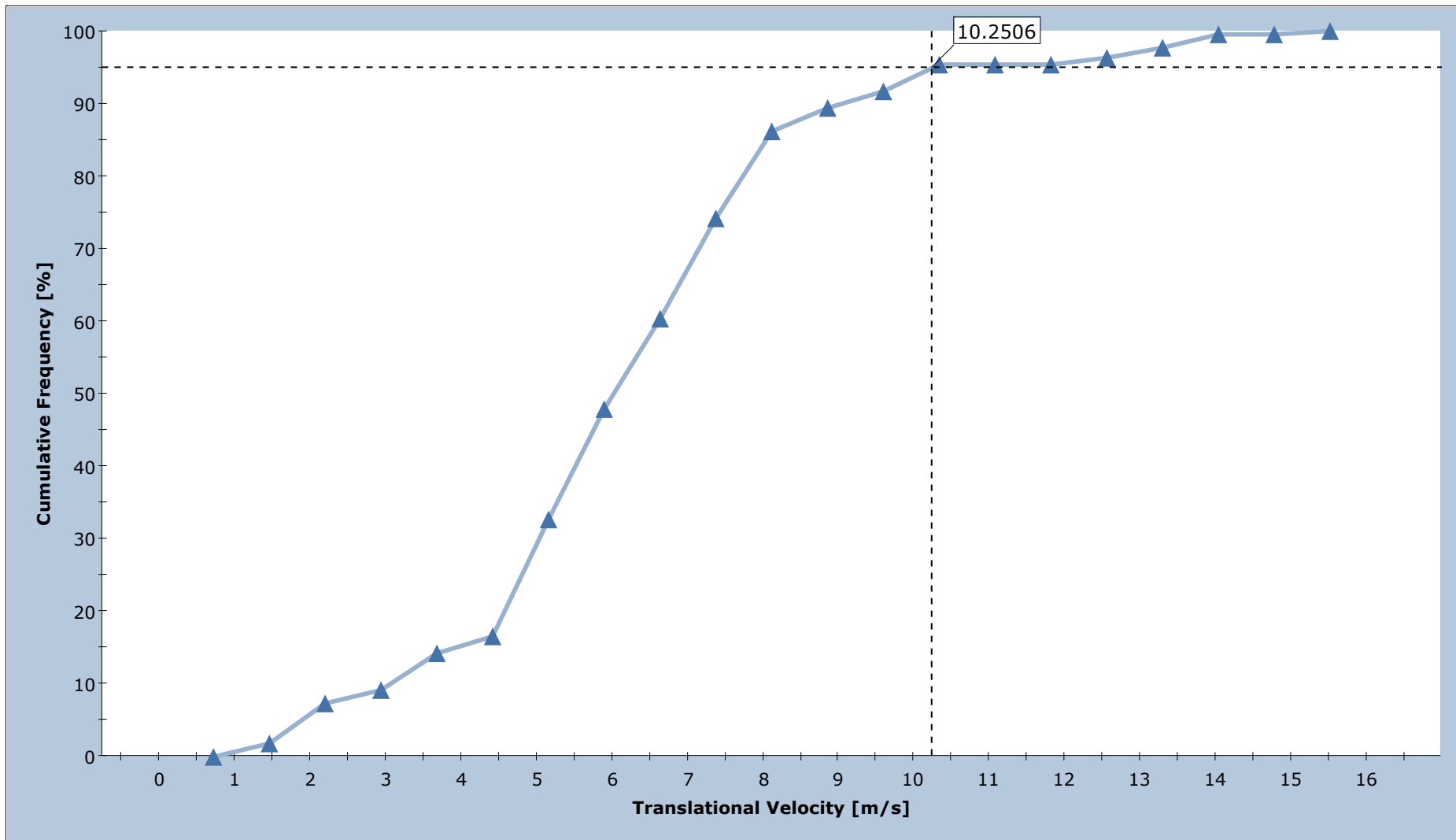
"RMC 100/A" Properties	
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-06.1



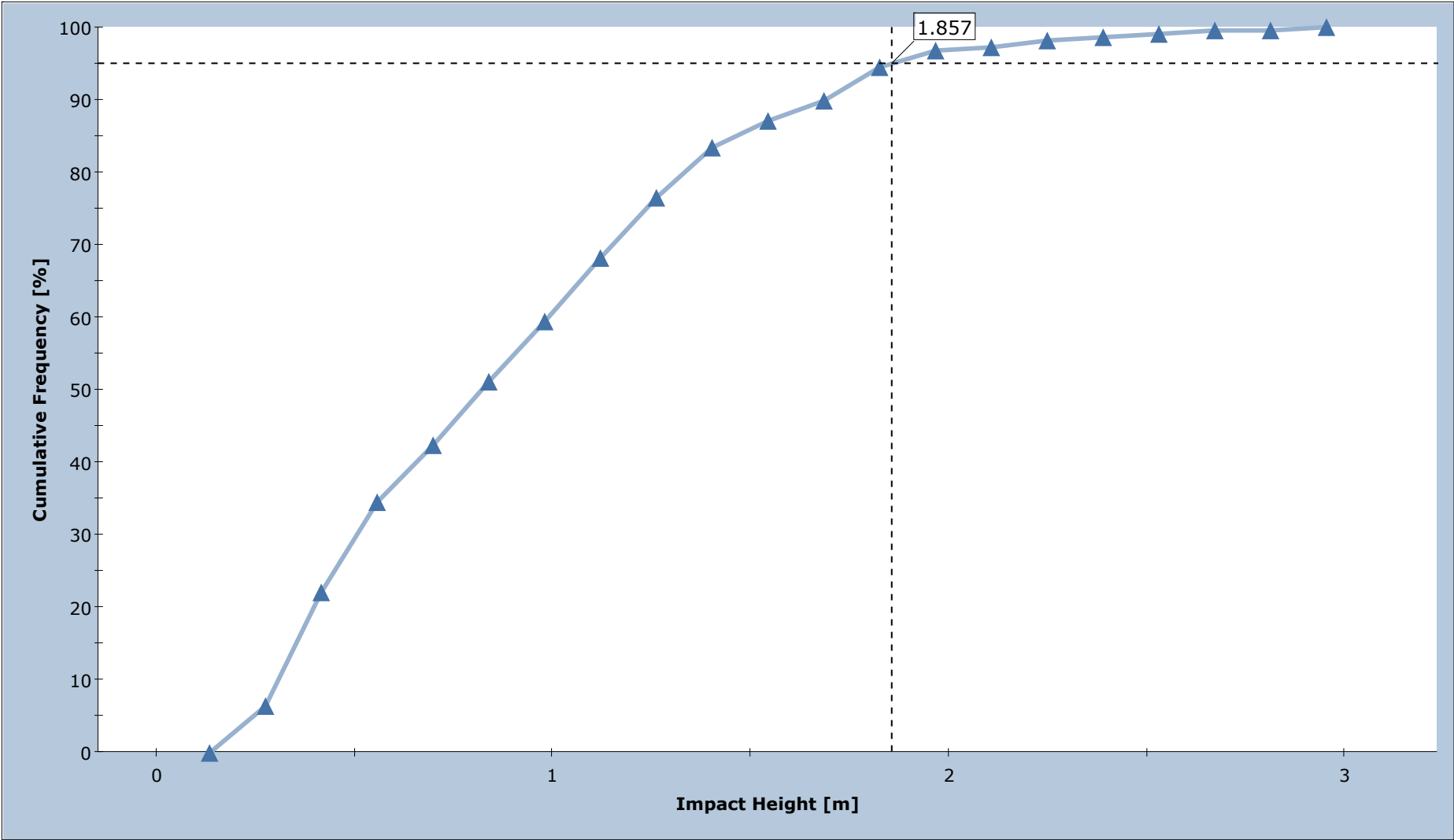
Total number of rocks on BP-06.1: 217
Total Kinetic Energy: min = 0.239829, max = 38.0908

Translational Velocity on BP-06.1



Total number of rocks on BP-06.1: 217
Translational Velocity: min = 1.0999, max = 15.1283

Impact Height on BP-06.1



Total number of rocks on BP-06.1: 217
Impact Height: min = 0.205205, max = 2.88074

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-06.1
Capacity	Infinite
Height	3.00m
Hits	217 / 2000 rocks
Height	3.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	1.84m	0.90m	0.21m	2.88m
Translational Velocity	10.16m/s	6.20m/s	1.10m/s	15.13m/s
Translation Energy	14.10kJ	6.10kJ	0.17kJ	31.24kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	273.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.105	m ³	
Rock Radius	R	0.293	m	
Separation Distance		7.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	1.84	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	10.16	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	2.00		
Barrier deformation	Y _d	1.50		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	278.46	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	11.40	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	21.73	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	2.35	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	6.68	m	D Y _d
Design Barrier Height		3.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		536.50	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	21.73 < 536.50	Valid
Height	2.35 < 3.00	Valid
Elongation	6.68 < 7.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		2.1	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-06.2.fal5

File Version 5.017

Date Created 01/04/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
 Units Metric (m, kg, kJ)
 Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
 Maximum steps per rock 10000
 Normal velocity cutoff 0.1m/s
 Stopped velocity cutoff 0.1m/s
 Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
 Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	593.3		
2	0.987	591.772		
3	1.48	591.165		
4	2.466	590.416		
5	4.11	588.982		
6	5.426	588.038		
7	5.919	587.634		
8	9.372	584.474		
9	9.865	584.117		
10	10.029	584.019		
11	12.495	583.013		
12	12.989	582.72		
13	13.975	581.911		
14	14.633	581.433		
15	18.578	579.182		
16	22.031	577.672		
17	24.004	576.678		
18	24.497	576.467		
19	25.484	576.171		
20	25.977	575.976		
21	27.785	575.155		

22	28.114	575.055
23	29.265	574.83
24	29.923	574.573
25	31.055	573.977
26	34.526	571.95
27	38.06	570.217
28	39.623	569.355
29	40.609	568.727
30	41.76	567.895
31	43.733	566.12
32	44.226	565.806
33	45.213	565.283
34	45.542	565.048
35	48.337	562.572
36	50.145	561.143
37	51.625	560.091
38	52.611	559.462
39	54.091	558.356
40	57.708	555.938
41	59.681	554.474
42	63.791	551.81
43	64.449	551.449
44	66.257	550.603
45	66.751	550.323
46	67.737	549.692
47	69.381	548.725
48	71.354	547.481
49	72.34	546.808
50	73.327	546.273
51	73.82	545.945
52	76.286	544.071
53	76.944	543.63
54	77.766	543.162
55	78.917	542.59
56	80.397	541.636
57	81.383	541.069
58	82.369	540.402
59	82.863	540.153
60	83.849	539.768
61	84.836	539.216
62	85.986	538.412
63	87.795	537.253
64	89.439	536.292
65	90.754	535.581
66	91.905	534.732
67	92.398	534.433
68	93.22	534.039
69	93.878	533.81
70	96.015	533.386
71	98.317	533.195
72	100.29	533.152
73	101.441	533.208
74	101.934	533.16
75	102.427	532.943
76	102.921	532.611
77	103.414	532.248
78	104.4	531.383

79	104.894	531.047
80	105.88	530.48
81	107.031	529.977
82	107.195	529.831
83	107.567	529.76
84	108.182	529.174
85	108.675	528.943
86	109.333	528.434
87	110.319	528.029
88	111.141	527.742
89	111.47	527.473
90	111.963	527.228
91	112.456	526.895
92	112.785	526.899
93	113.114	526.806
94	113.278	526.695
95	113.443	526.395
96	113.772	525.464
97	113.936	525.287
98	114.758	524.718
99	115.745	524.26
100	117.224	523.15
101	117.882	522.451
102	118.54	521.943
103	119.362	521.158
104	120.184	520.496
105	120.512	520.095
106	121.006	519.647
107	121.17	519.448
108	121.663	519.029
109	121.992	518.592
110	122.485	518.086
111	122.814	517.604
112	123.472	516.88
113	125.28	514.484
114	126.596	513.346
115	127.582	512.369
116	128.026	511.846
117	128.733	511.312
118	129.226	511.093
119	129.884	510.596
120	131.035	509.87
121	131.364	509.627
122	131.528	509.437
123	132.186	508.993
124	132.514	508.61
125	133.336	508.103
126	133.665	507.973
127	133.83	507.855
128	134.158	507.48
129	134.816	506.957
130	135.145	506.625
131	135.967	506.247
132	136.131	506.075
133	136.625	505.809
134	137.118	505.347
135	137.611	504.666

136	138.104	504.401
137	138.433	504.152
138	139.42	502.842
139	139.748	502.54
140	140.077	501.886
141	141.064	501.43
142	141.557	501.059
143	142.05	500.276
144	142.215	500.175
145	142.543	499.774
146	142.872	499.119
147	143.365	497.912
148	143.53	497.728
149	144.352	497.62
150	144.681	497.538
151	145.055	497.307
152	145.338	497.311
153	145.503	497.26
154	145.832	496.951
155	145.996	496.875
156	146.16	496.708
157	146.489	495.781
158	146.659	495.494
159	146.818	495.31
160	146.982	495.209
161	147.64	494.593
162	147.969	494.187
163	148.462	493.412
164	148.627	493.229
165	149.284	492.884
166	149.613	492.565
167	149.942	492.471
168	150.106	492.23
169	150.435	491.252
170	150.599	491.02
171	150.764	490.915
172	150.928	490.909
173	151.421	490.64
174	152.433	490.298
175	152.737	490.385
176	152.901	490.357
177	153.066	490.274
178	153.559	489.817
179	153.888	489.256
180	154.052	489.093
181	155.532	488.968
182	156.025	488.959
183	156.518	489.016
184	157.011	488.932
185	157.176	488.854
186	157.34	488.415
187	157.669	486.688
188	157.833	486.295
189	157.998	486.083
190	158.656	485.85
191	158.82	485.717
192	159.149	485.278

193	159.642	484.902
194	159.971	484.39
195	160.389	484.074
196	160.628	483.832
197	161.122	483.172
198	161.45	482.891
199	162.108	482.006
200	162.437	481.634
201	162.601	481.513
202	162.93	481.103
203	163.752	480.316
204	164.245	479.936
205	164.41	479.881
206	165.725	479.775
207	166.876	479.745
208	167.369	479.783
209	167.534	479.717
210	168.027	477.962
211	168.191	477.777

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	10
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	10	18
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	18	35
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	35	105
Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica	105	185
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	185	205
Strade asfaltate e calcestruzzo	205	209
Materiale fine (spessore>100cm)	209	211

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi**"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica**"Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.557	Normal	0.054	0.162	0.162
Rolling Resistance	0.9	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo**"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders**Blocco V=0.11mc****Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(0.261, 593.416)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.11mc

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(24.722, 576.839)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=1.14mc**Seeder Properties**

Name	Blocco V=1.14mc
Location	(120.704, 520.665)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=1.14mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	1	None			
Vertical Velocity (m/s)	1	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.28mc**Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.28mc
Location	(127.399, 513.043)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.28mc


Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types

Blocco V=0.11mc


Properties

Name Blocco V=0.11mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	273	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=1.14mc


Properties

Name Blocco V=1.14mc
 Color 
 Shapes Ellipse (5:6)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	2974.4	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=0.28mc

Properties

Name Blocco V=0.28mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	728	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Barriers

BP-06.2

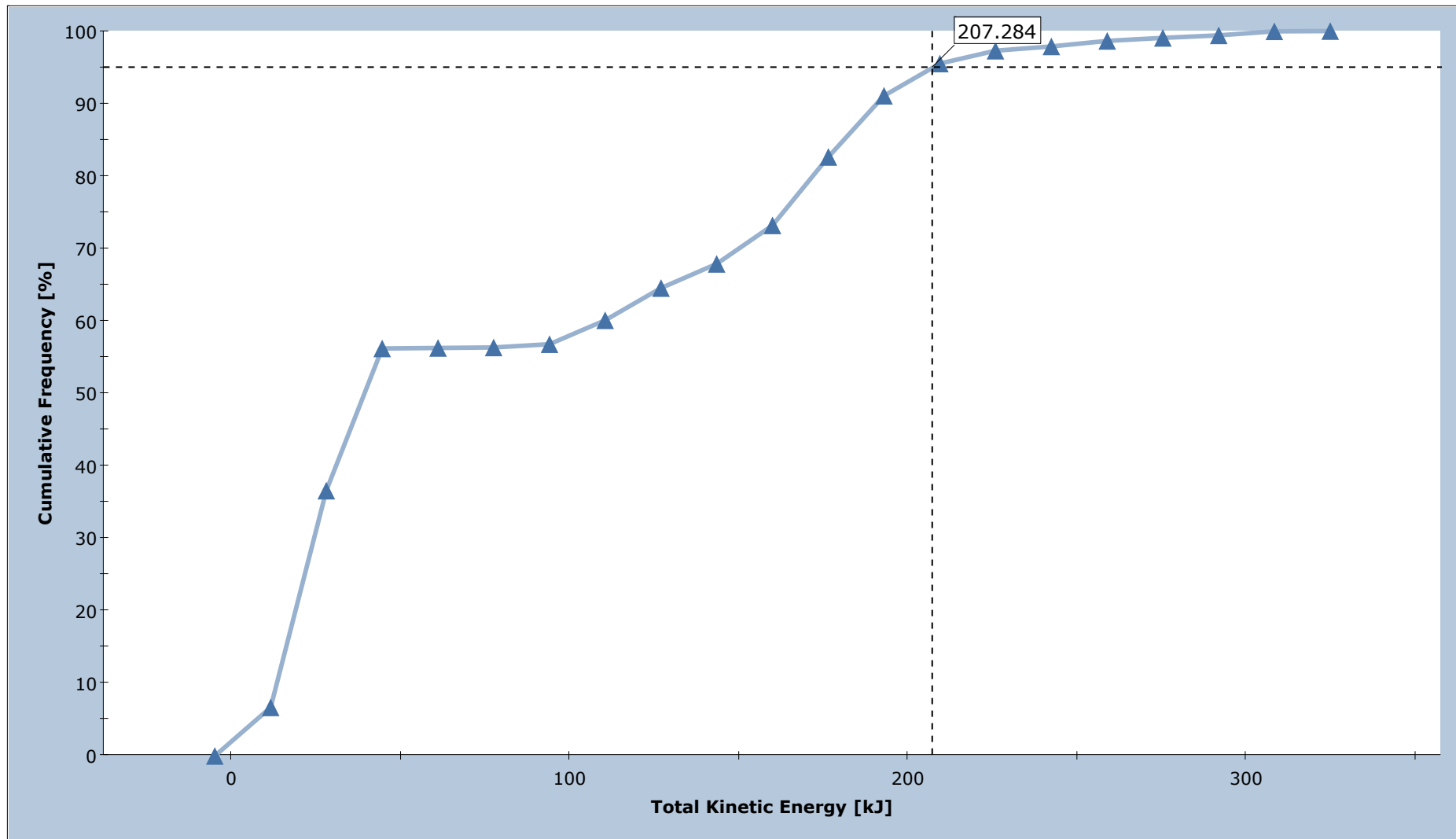
Name BP-06.2
 Type RMC 100/A
 Location (140.061, 501.941) to (141.751, 505.566)
 Height (m) 4

Barrier Types

"RMC 100/A" Properties

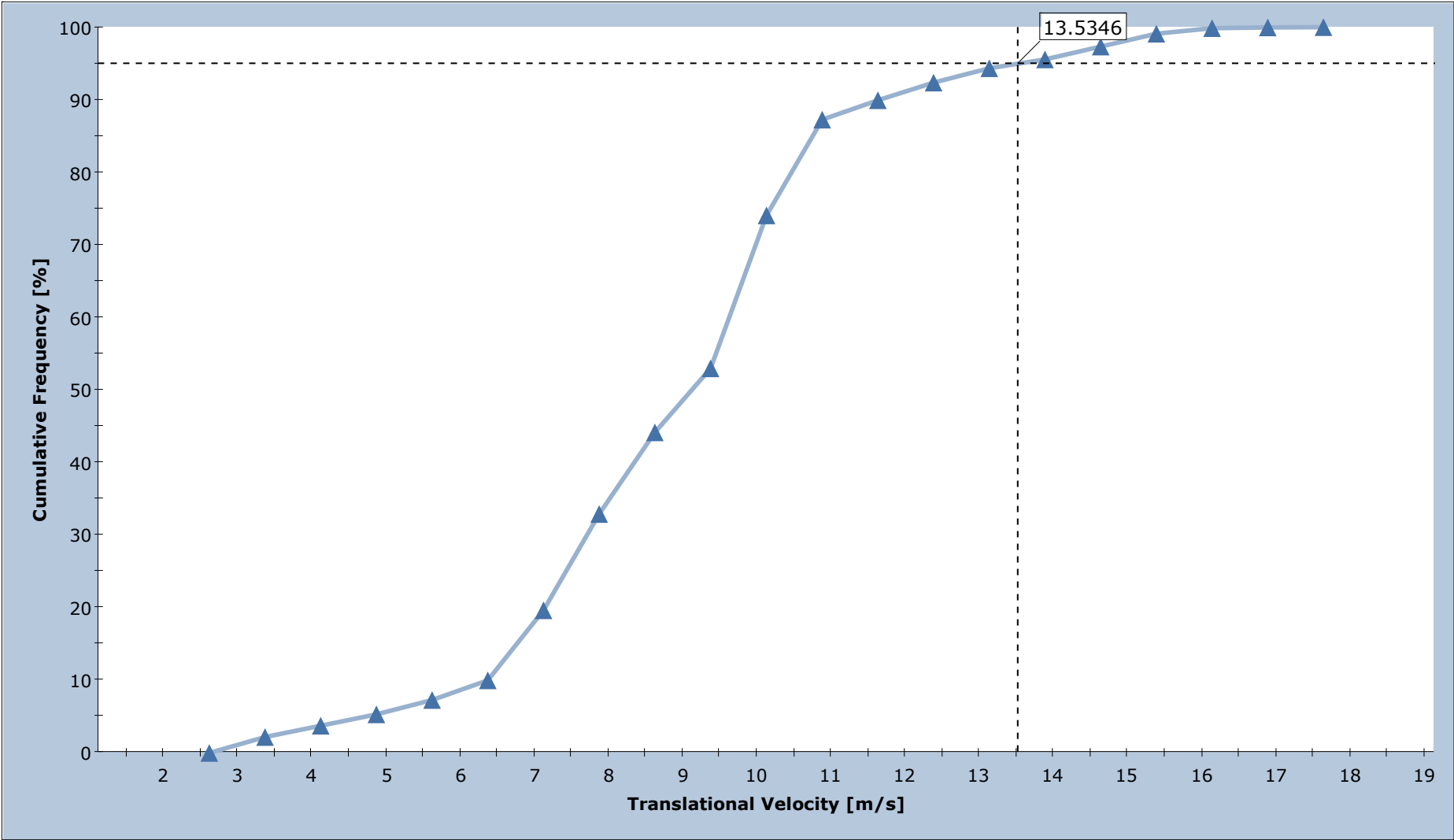
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-06.2



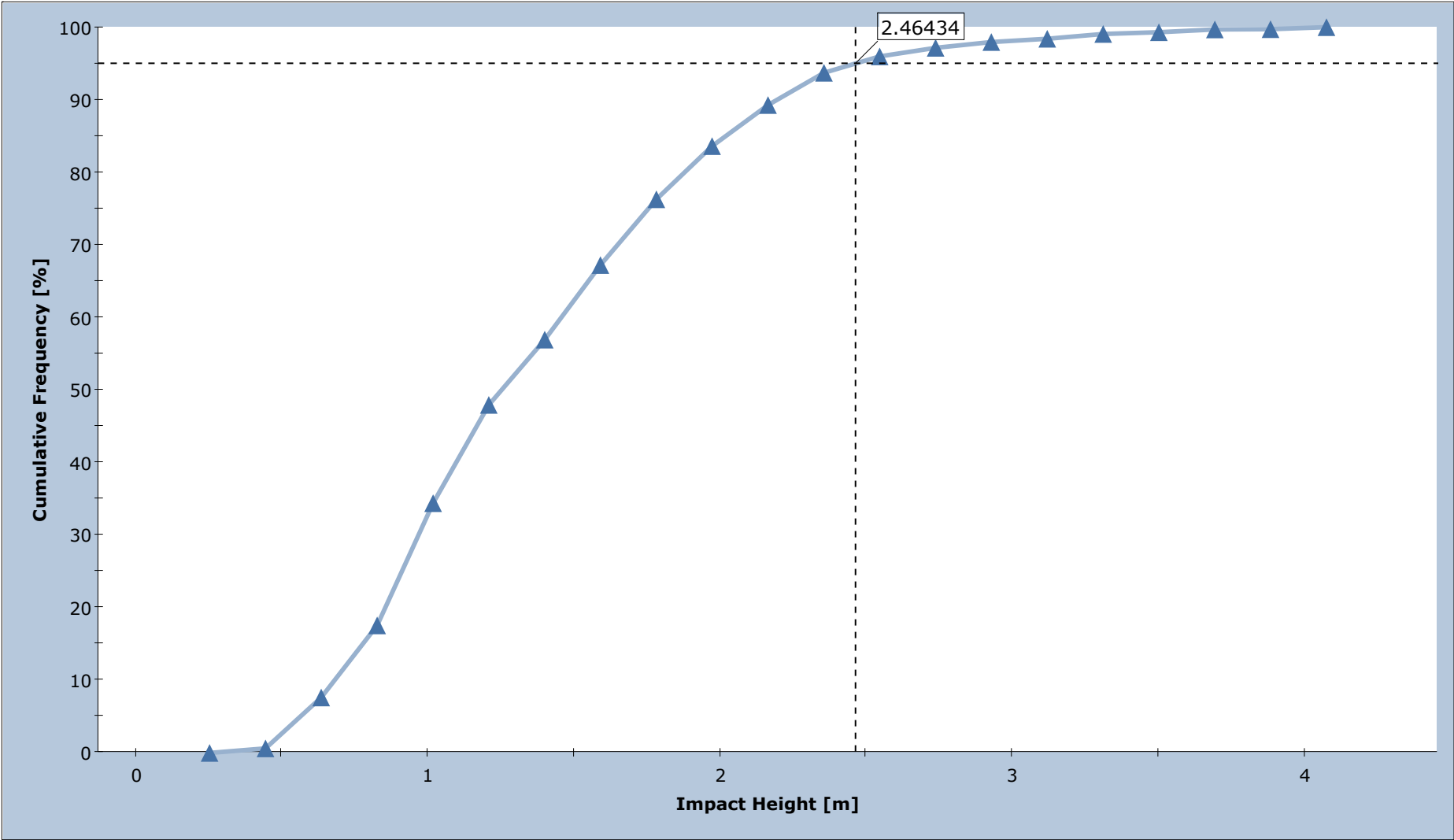
Total number of rocks on BP-06.2: 2208
Total Kinetic Energy: min = 3.27649, max = 316.281

Translational Velocity on BP-06.2



Total number of rocks on BP-06.2: 2208
Translational Velocity: min = 3.00023, max = 17.2554

Impact Height on BP-06.2



Total number of rocks on BP-06.2: 2208
Impact Height: min = 0.35047, max = 3.97795

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-06.2
Capacity	Infinite
Height	4.00m
Hits	2208 / 4000 rocks
Height	4.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	2.45m	1.38m	0.35m	3.98m
Translational Velocity	13.43m/s	8.94m/s	3.00m/s	17.26m/s
Translation Energy	170.54kJ	72.36kJ	3.28kJ	270.49kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	2974.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		1.144	m ³	
Rock Radius	R	0.649	m	
Separation Distance		7.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	2.45	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	13.43	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	2.00		
Barrier deformation	Y _d	1.50		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	3033.48	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	15.07	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	413.41	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	3.40	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	6.68	m	D Y _d
Design Barrier Height		4.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		536.50	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	413.41 < 536.50	Valid
Height	3.40 < 4.00	Valid
Elongation	6.68 < 7.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		2.8	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-08.fal5
File Version 5.017

Date Created 01/04/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 10000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	600		
2	1.708	598.84		
3	2.221	598.432		
4	5.296	594.795		
5	5.809	594.378		
6	6.663	593.876		
7	7.175	593.472		
8	8.371	592.209		
9	9.226	591.4		
10	11.276	589.694		
11	13.326	587.898		
12	15.376	586.343		
13	15.889	585.882		
14	16.914	584.797		
15	17.768	584.091		
16	19.306	582.936		
17	20.843	581.551		
18	21.356	581.152		
19	21.868	580.86		
20	22.21	580.737		
21	23.919	580.334		

22	24.431	580.129
23	25.285	579.715
24	25.798	579.396
25	26.823	578.563
26	27.336	578.206
27	28.361	577.587
28	29.727	576.86
29	30.753	576.126
30	31.265	575.809
31	32.29	575.241
32	33.828	574.593
33	36.22	573.293
34	37.928	572.457
35	40.32	571.139
36	41.345	570.499
37	44.25	568.817
38	48.35	566.563
39	52.109	564.948
40	53.646	564.039
41	53.988	563.9
42	55.525	563.442
43	57.747	562.473
44	59.113	561.773
45	60.651	560.9
46	62.359	560.242
47	62.872	559.98
48	63.897	559.289
49	66.118	558.132
50	66.972	557.573
51	68.168	556.664
52	69.193	555.696
53	70.56	554.605
54	71.756	553.298
55	72.61	552.603
56	75.686	550.613
57	76.711	549.882
58	79.786	547.535
59	81.324	546.465
60	82.349	545.694
61	85.253	543.767
62	86.278	543.155
63	87.645	542.101
64	89.183	541.076
65	90.72	539.83
66	91.745	539.085
67	92.77	538.137
68	93.795	537.293
69	95.333	536.237
70	96.871	535.408
71	98.082	534.613
72	98.408	534.341
73	99.263	533.477
74	99.775	533.028
75	100.288	532.767
76	100.459	532.734
77	100.8	532.676
78	102.338	532.607

79	102.85	532.484
80	103.363	532.194
81	105.071	530.806
82	106.78	529.628
83	107.463	529.206
84	108.83	528.518
85	109.343	528.218
86	110.539	527.266
87	111.051	526.948
88	112.589	526.229
89	114.468	525.227
90	114.639	525.207
91	114.981	524.942
92	115.493	524.657
93	115.664	524.522
94	117.031	524.081
95	117.714	523.796
96	118.227	523.44
97	119.081	523.012
98	119.764	522.398
99	120.106	522.232
100	120.448	522.144
101	121.302	521.614
102	122.669	521.172
103	123.523	520.811
104	124.548	520.452
105	125.573	519.929
106	126.086	519.615
107	127.111	518.633
108	127.453	518.209
109	127.794	517.705
110	128.819	516.813
111	129.332	516.29
112	129.674	516.058
113	129.844	515.88
114	130.015	515.585
115	130.699	515.048
116	131.211	514.53
117	131.895	513.918
118	132.236	513.706
119	132.92	513.375
120	133.091	513.158
121	133.603	512.714
122	133.945	512.321
123	134.286	512.121
124	134.628	511.837
125	135.653	510.483
126	136.337	509.893
127	136.678	509.351
128	136.849	509.165
129	137.874	508.309
130	138.216	507.764
131	138.558	507.579
132	138.899	507.256
133	139.07	507.242
134	139.412	506.697
135	139.583	506.64

136	139.754	506.449
137	141.462	502.54
138	141.633	502.46
139	142.146	502.423
140	142.487	502.253
141	142.829	501.945
142	143	501.729
143	143.341	501.162
144	143.512	500.971
145	143.683	500.827
146	143.854	500.748
147	144.367	500.227
148	145.562	499.264
149	146.246	498.645
150	146.588	498.253
151	146.929	498.048
152	147.442	497.885
153	147.954	497.616
154	149.321	496.686
155	149.663	496.562
156	150.005	496.528
157	150.346	496.384
158	150.517	496.283
159	151.03	495.781
160	151.542	495.579
161	151.884	495.391
162	152.226	495.333
163	152.396	495.26
164	152.567	495.024
165	152.738	494.539
166	152.909	494.292
167	153.08	494.199
168	153.763	493.412
169	154.105	493.313
170	154.447	493.022
171	154.788	492.793
172	154.959	492.588
173	156.326	490.343
174	156.668	489.992
175	156.838	489.877
176	157.351	489.75
177	157.693	489.447
178	157.864	489.386
179	158.034	489.245
180	158.376	488.805
181	158.547	488.749
182	158.889	488.537
183	159.23	488.393
184	159.572	488.079
185	159.914	487.836
186	160.426	487.713
187	161.964	487.535
188	162.647	487.406
189	163.331	487.337
190	163.502	487.274
191	163.672	487.162
192	164.185	486.701

193	164.527	486.553
194	164.697	486.335
195	164.868	485.95
196	165.381	485.406
197	166.406	484.668
198	166.577	484.492
199	167.431	483.849
200	167.944	483.37
201	168.627	482.832
202	168.969	482.515
203	169.31	482.091
204	169.994	481.478
205	170.506	480.854
206	171.019	480.439
207	171.531	480.153
208	172.386	479.52
209	172.727	479.462
210	174.778	479.354

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	16
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	16	49
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	49	56
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	56	65
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	65	69
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	69	106
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	106	116
Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica	116	186
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	186	209
Strade asfaltate e calcestruzzo	209	210

Material Properties

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi

"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica

"Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.557	Normal	0.054	0.162	0.162
Rolling Resistance	0.9	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo

"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders

Blocco V=0.11mc

Seeder Properties

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(0.029, 600.235)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.11mc

Seeder Properties

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(66.189, 558.401)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.11mc

Seeder Properties

Name Blocco V=0.11mc
 Location (90.77, 540.198)

Rocks to Throw

Number of Rocks 1000 Per Rock Type
 Rock Types Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=1.14mc

Seeder Properties

Name Blocco V=1.14mc
 Location (131.364, 515.213)

Rocks to Throw

Number of Rocks 1000 Per Rock Type
 Rock Types Blocco V=1.14mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	1	None			
Vertical Velocity (m/s)	1	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.28mc

Seeder Properties

Name Blocco V=0.28mc
 Location (144.062, 501.012)

Rocks to Throw

Number of Rocks 1000 Per Rock Type
 Rock Types Blocco V=0.28mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types

Blocco V=0.11mc

Name Blocco V=0.11mc

Color 

Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	273	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=0.28mc

Properties

Name Blocco V=0.28mc

Color 

Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	728	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=1.14mc

Properties

Name Blocco V=1.14mc

Color 

Shapes Ellipse (5:6)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	2974.4	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Barriers

BP-08

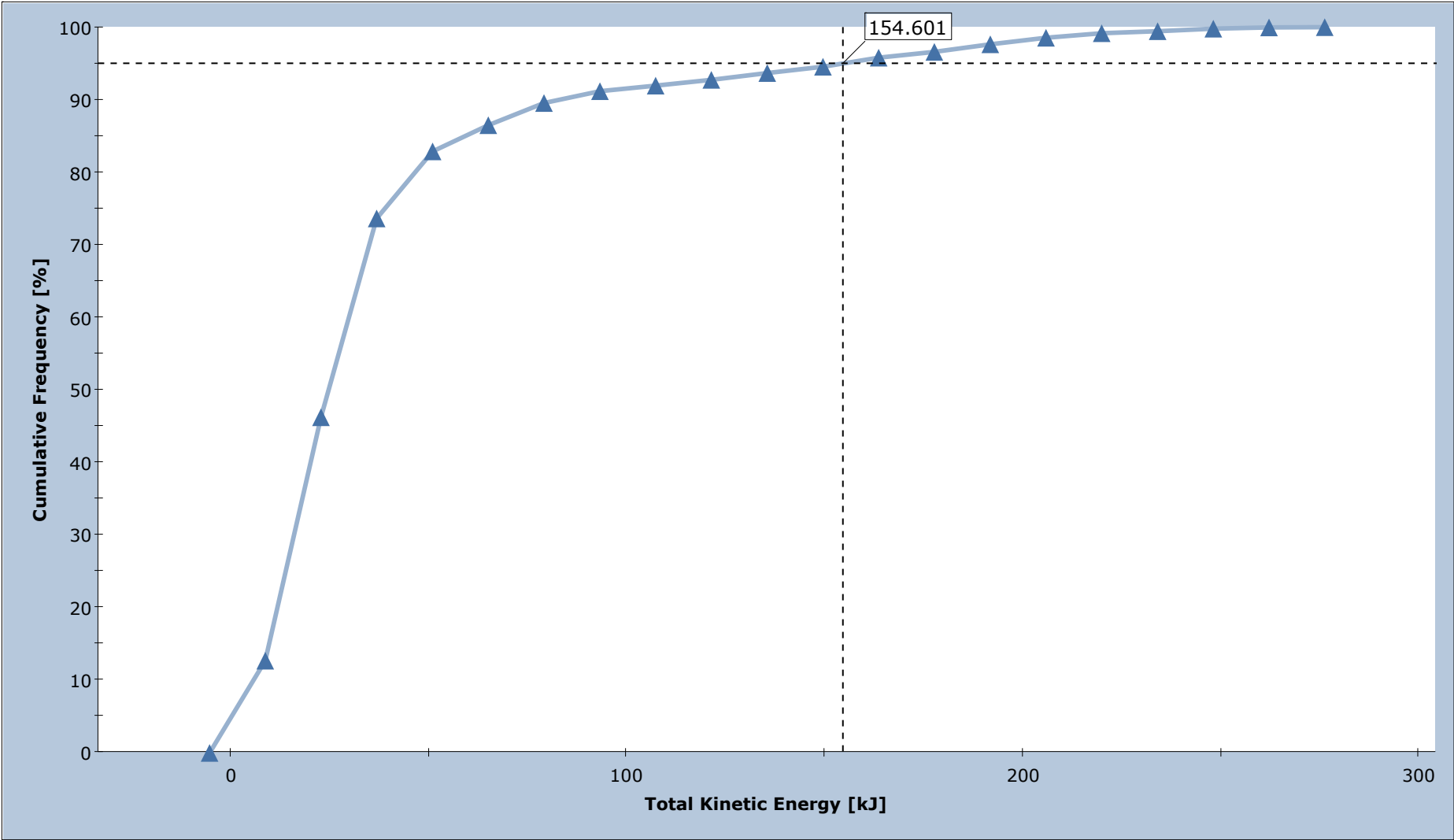
Name BP-08
 Type RMC 100/A
 Location (148.609, 497.17) to (149.649, 502.061)
 Height (m) 5

Barrier Types

"RMC 100/A" Properties

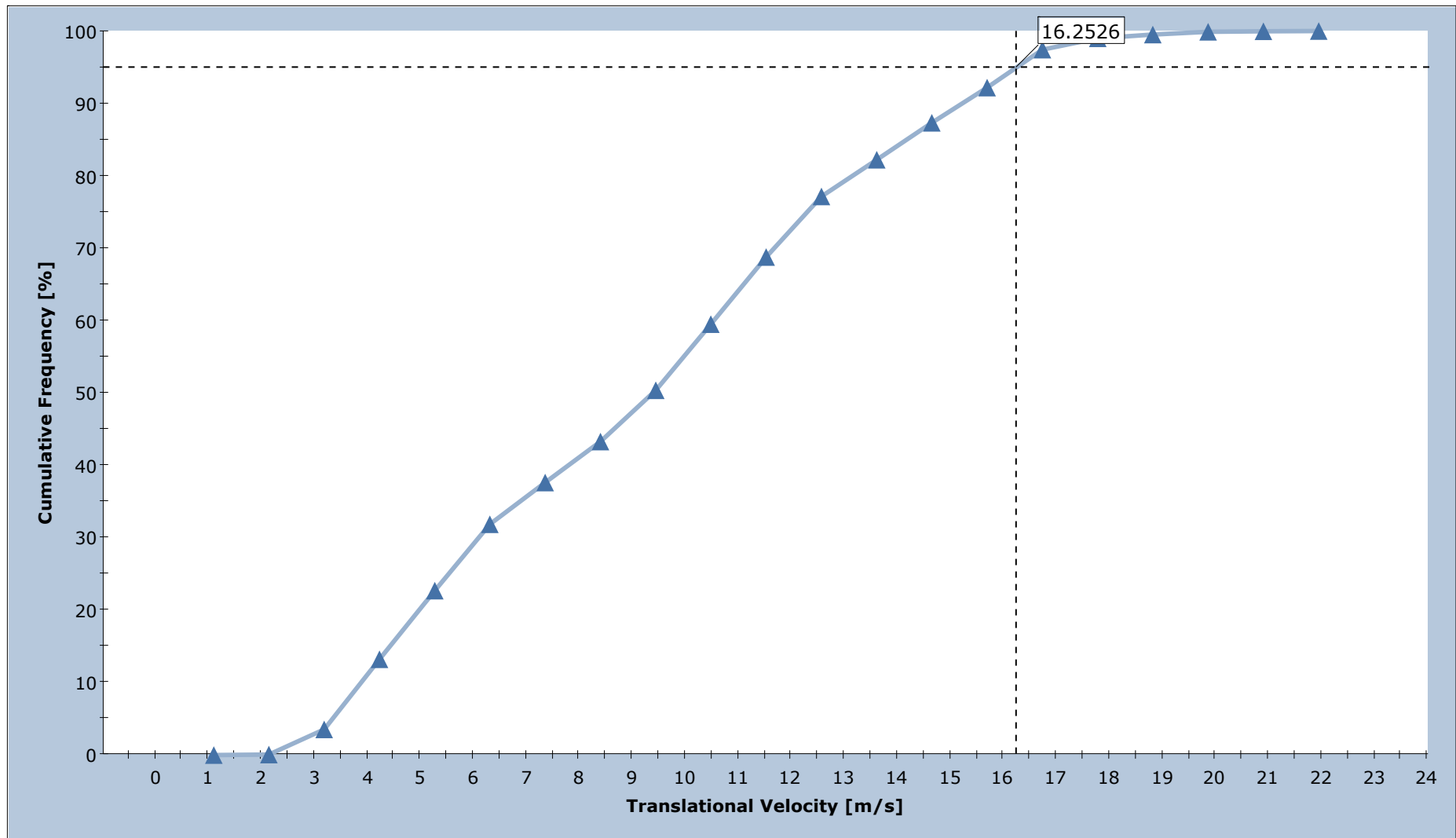
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-08



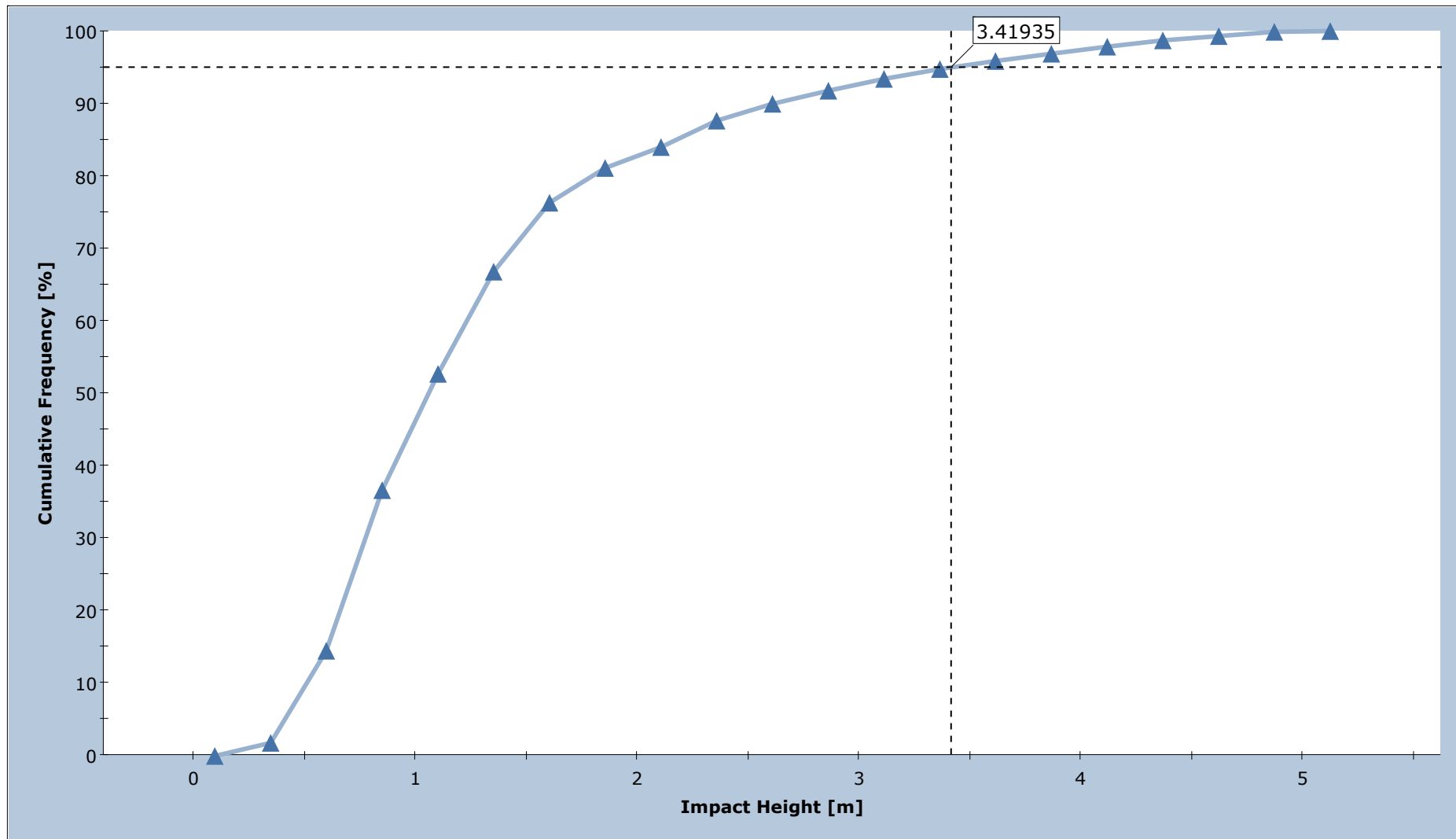
Total number of rocks on BP-08: 4419
Total Kinetic Energy: min = 1.74845, max = 269.059

Translational Velocity on BP-08



Total number of rocks on BP-08: 4419
Translational Velocity: min = 1.63723, max = 21.4172

Impact Height on BP-08



Total number of rocks on BP-08: 4419
Impact Height: min = 0.223148, max = 4.99528

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-08
Capacity	Infinite
Height	5.00m
Hits	4426 / 5000 rocks
Height	5.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	3.43m	1.33m	0.22m	5.00m
Translational Velocity	16.19m/s	9.31m/s	1.71m/s	21.42m/s
Translation Energy	83.43kJ	27.00kJ	1.50kJ	186.69kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	2366.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.910	m ³	
Rock Radius	R	0.601	m	
Separation Distance		6.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	3.43	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	16.19	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	1.20		
Barrier deformation	Y _d	1.30		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	2413.32	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	18.17	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	478.01	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	4.45	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	5.79	m	D Y _d
Design Barrier Height		5.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		894.17	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	478.01 < 894.17	Valid
Height	4.45 < 5.00	Valid
Elongation	5.79 < 6.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		3.4	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-10.fal5
File Version 5.017

Date Created 01/04/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 10000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	588.13		
2	0.963	587.291		
3	1.766	586.638		
4	3.212	585.656		
5	4.176	584.87		
6	4.818	584.419		
7	5.3	584.133		
8	6.264	583.649		
9	6.746	583.362		
10	8.191	582.407		
11	9.315	581.749		
12	10.279	581.096		
13	10.922	580.823		
14	12.207	580.448		
15	12.757	580.244		
16	14.295	579.42		
17	14.776	579.085		
18	15.901	578.222		
19	17.828	576.887		
20	19.755	575.659		
21	21.843	574.452		

22	23.771	573.234
23	26.823	571.143
24	27.947	570.295
25	28.911	569.648
26	29.392	569.389
27	29.874	569.176
28	30.999	568.756
29	32.444	568.135
30	35.014	566.891
31	35.496	566.702
32	36.62	566.348
33	38.387	565.603
34	39.672	564.98
35	43.205	563.373
36	45.936	562.357
37	47.863	561.587
38	51.879	559.891
39	52.521	559.604
40	53.164	559.276
41	55.252	557.997
42	56.858	556.93
43	58.143	555.981
44	58.785	555.457
45	59.91	554.333
46	61.516	552.979
47	63.122	551.432
48	63.764	550.946
49	64.889	550.011
50	65.37	549.646
51	67.619	547.539
52	68.422	546.933
53	69.065	546.375
54	69.707	545.721
55	70.189	545.084
56	70.831	544.306
57	72.277	543.056
58	73.401	542.023
59	75.168	540.605
60	76.774	539.391
61	78.38	538.262
62	80.95	536.306
63	83.52	534.71
64	86.251	533.24
65	87.375	532.585
66	88.339	531.928
67	88.82	531.661
68	89.463	531.462
69	90.427	531.367
70	90.748	531.291
71	91.39	531.093
72	92.033	530.841
73	92.675	530.467
74	93.96	529.481
75	94.603	529.037
76	96.048	528.35
77	97.012	527.728
78	97.976	527.236

79	98.939	526.876
80	99.903	526.424
81	100.545	526.181
82	101.027	526.158
83	101.188	526.088
84	101.349	525.931
85	101.509	525.855
86	101.83	525.55
87	102.152	525.411
88	103.115	524.778
89	103.597	524.527
90	103.918	524.312
91	104.24	524.068
92	104.721	523.638
93	105.525	522.804
94	106.167	522.365
95	106.97	521.539
96	107.613	520.689
97	107.934	520.318
98	108.094	520.061
99	108.737	519.43
100	109.701	518.654
101	110.022	518.447
102	110.504	518.073
103	110.825	517.594
104	111.628	516.884
105	111.949	516.661
106	112.27	516.505
107	112.913	516.079
108	113.395	515.81
109	113.877	515.496
110	114.519	514.583
111	114.689	514.403
112	115.965	513.63
113	116.286	513.371
114	116.928	513.017
115	117.571	512.318
116	117.892	512.161
117	118.213	511.933
118	118.695	511.66
119	119.338	511.009
120	120.301	510.418
121	120.623	510.181
122	120.944	509.855
123	121.265	509.603
124	121.586	509.464
125	122.068	509.135
126	122.55	508.647
127	123.353	508.074
128	123.835	507.817
129	124.317	507.314
130	124.477	507.185
131	124.799	507.019
132	125.28	506.686
133	125.602	506.401
134	126.244	505.976
135	126.887	505.429

136	127.368	505.1
137	127.529	504.959
138	128.011	504.696
139	128.493	504.395
140	128.653	504.261
141	129.617	503.736
142	129.938	503.517
143	130.099	503.367
144	130.741	502.913
145	131.063	502.616
146	131.384	502.388
147	131.866	501.974
148	132.669	501.208
149	132.99	500.972
150	133.632	500.415
151	134.275	500.055
152	134.596	499.816
153	135.239	499.499
154	135.399	499.373
155	135.56	499.192
156	135.72	499.091
157	136.524	498.869
158	136.684	498.72
159	137.166	497.816
160	137.327	497.673
161	137.487	497.581
162	137.618	498.407
163	138.933	498.394
164	139.093	497.561
165	139.575	487.682
166	139.736	485.529
167	139.896	485.254
168	146.482	485.254
169	146.642	485.302
170	146.803	485.49
171	146.964	486.054
172	147.285	488.899
173	147.445	489.42
174	148.088	489.03
175	148.409	487.749
176	148.57	487.63
177	149.052	487.432
178	149.694	487.271
179	150.979	487.151
180	151.621	487.016
181	151.782	486.941
182	151.943	486.659
183	152.103	486.474
184	152.746	486.325
185	153.228	486.092
186	153.549	485.723
187	154.834	484.626
188	155.476	483.858
189	155.797	483.274
190	155.958	483.084
191	156.279	482.813
192	156.601	482.443

193	156.922	482.137
194	157.564	481.294
195	157.885	481.097
196	158.367	480.913
197	158.528	480.792
198	159.01	480.248
199	159.331	479.995
200	159.652	479.791
201	159.813	479.724
202	160.134	479.653
203	163.025	479.554
204	163.186	479.486
205	163.346	479.238
206	163.668	478.342
207	163.828	478.173
208	163.989	478.112
209	164.31	478.081

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	5
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	5	43
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	43	62
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	62	79
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	79	161
Strade asfaltate e calcestruzzo	161	175
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	175	201
Strade asfaltate e calcestruzzo	201	203
Materiale fine (spessore>100cm)	203	209

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi**"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo**"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders**Blocco V=0.11mc****Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(58.228, 556.29)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.11mc**Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(0.027, 588.354)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.21mc

Seeder Properties

Name Blocco V=0.21mc
 Location (98.982, 527.312)

Rocks to Throw

Number of Rocks 1000 Per Rock Type
 Rock Types Blocco V=0.21mc


Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types

Blocco V=0.11mc


Properties

Name Blocco V=0.11mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	273	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=0.21mc

Properties

Name Blocco V=0.21mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	546	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Barriers

BP-10

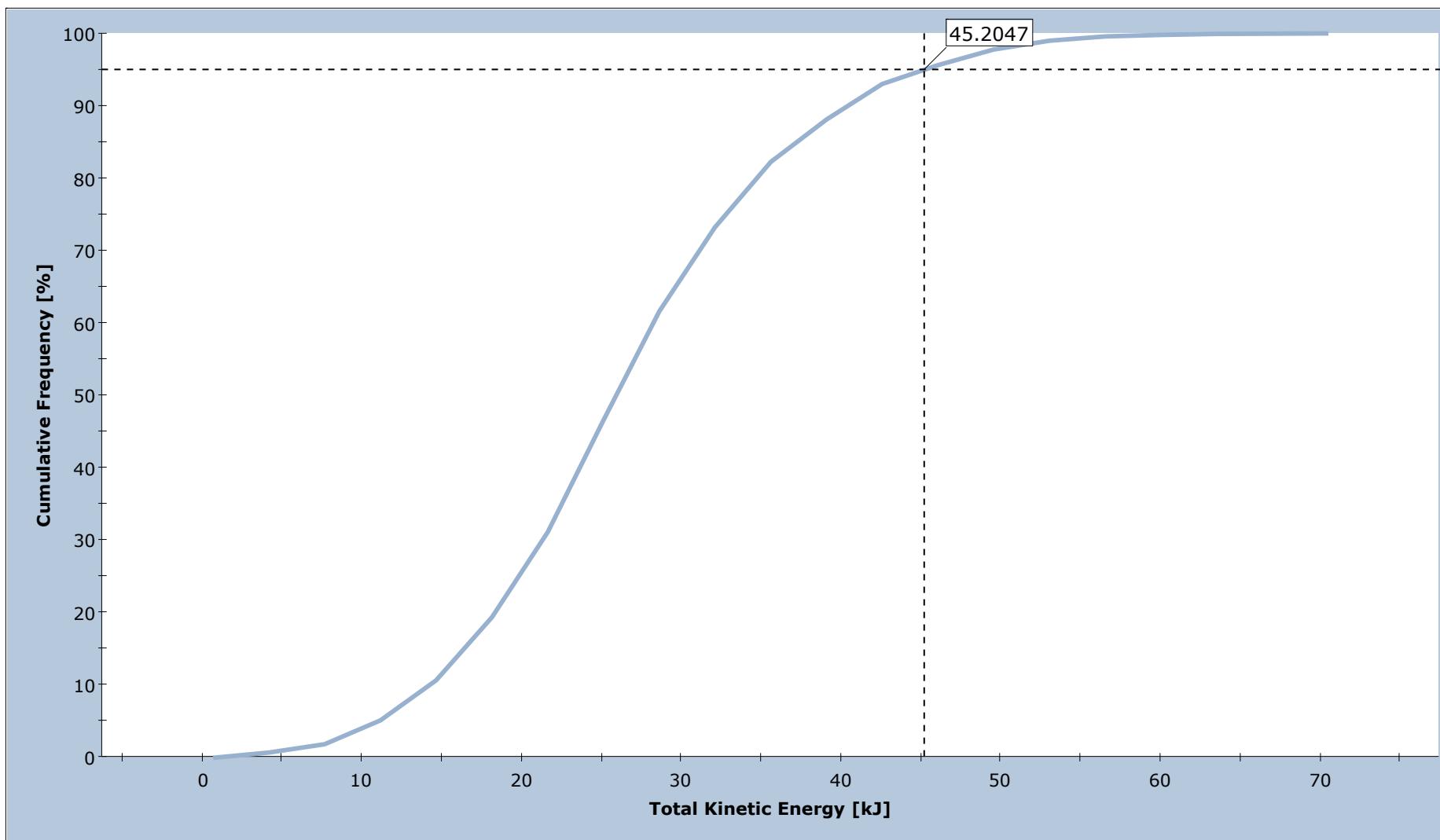
Name	BP-10
Type	RMC 100/A
Location	(132.811, 501.102) to (134.924, 505.634)
Height (m)	5

Barrier Types

"RMC 100/A" Properties

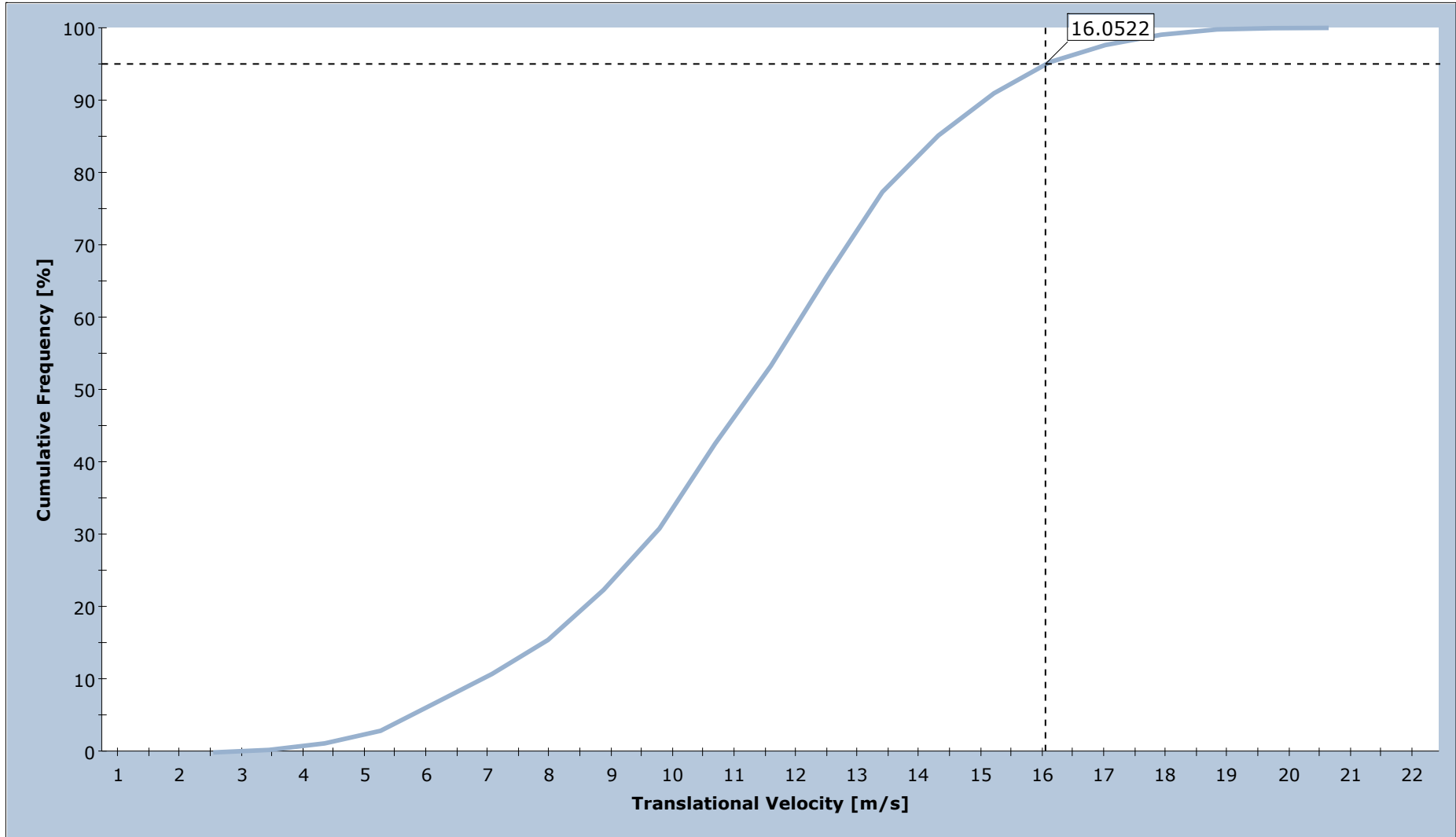
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-10



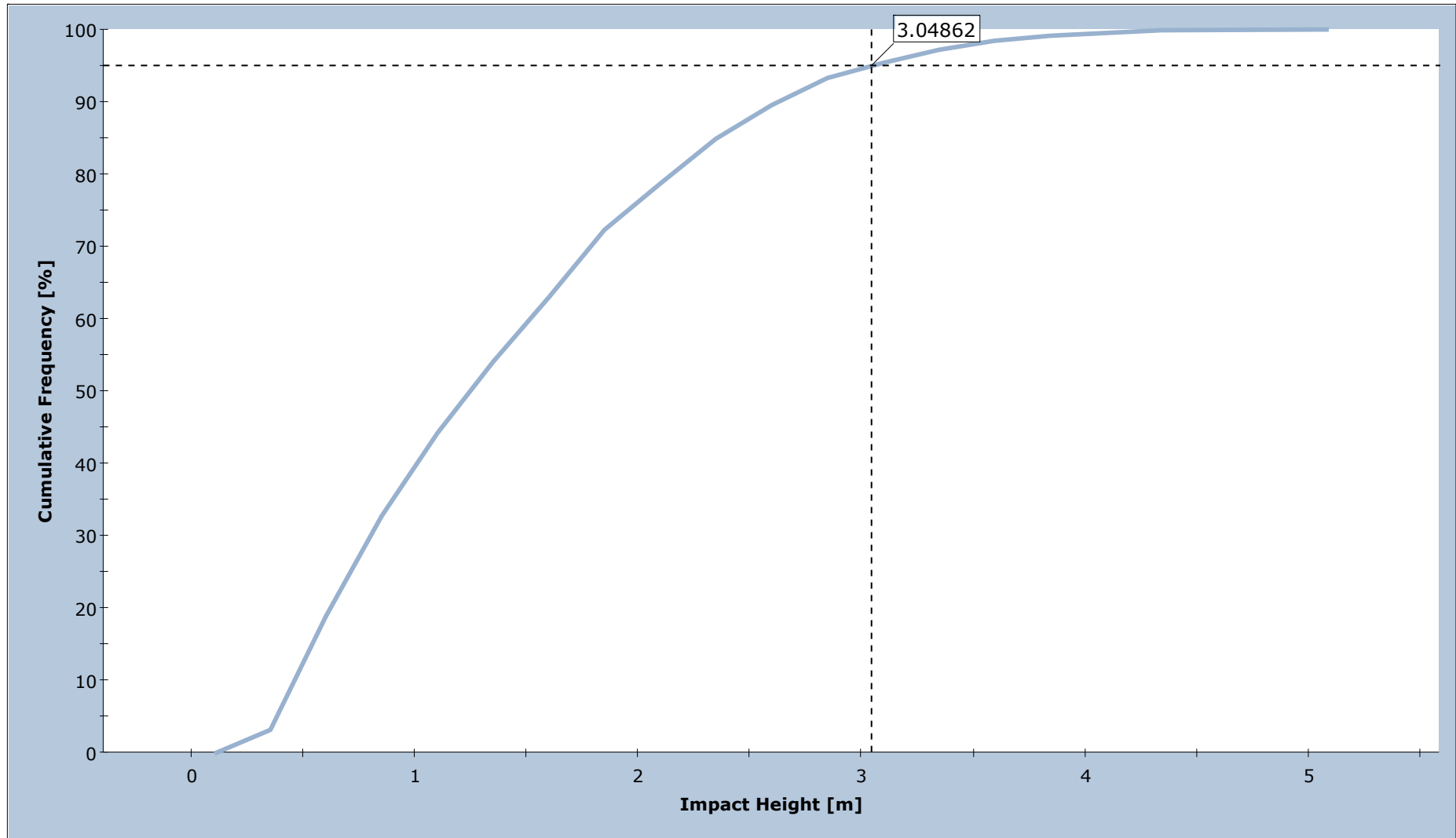
Total number of rocks on BP-10: 2855
Total Kinetic Energy: min = 2.45712, max = 68.7046

Translational Velocity on BP-10



Total number of rocks on BP-10: 2855
Translational Velocity: min = 3.00007, max = 20.1775

Impact Height on BP-10



Total number of rocks on BP-10: 2855
Impact Height: min = 0.227351, max = 4.96361

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-10
Capacity	Infinite
Height	5.00m
Hits	2855 / 3000 rocks
Height	5.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	3.05m	1.41m	0.23m	4.96m
Translational Velocity	16.04m/s	11.15m/s	3.00m/s	20.18m/s
Translation Energy	38.50kJ	21.72kJ	2.46kJ	60.48kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	546.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.210	m ³	
Rock Radius	R	0.369	m	
Separation Distance		6.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	3.05	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	16.04	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	1.20		
Barrier deformation	Y _d	1.30		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	556.92	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	18.00	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	108.27	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	3.79	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	5.79	m	D Y _d
Design Barrier Height		5.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		894.17	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	108.27 < 894.17	Valid
Height	3.79 < 5.00	Valid
Elongation	5.79 < 6.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		3.4	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-11.fal5
File Version 5.017

Date Created 01/04/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 10000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	570.47		
2	0.523	570.114		
3	2.743	568.386		
4	3.266	567.861		
5	4.311	566.612		
6	4.572	566.343		
7	6.532	564.582		
8	7.707	563.44		
9	8.622	562.625		
10	9.797	561.342		
11	10.32	560.834		
12	11.495	559.817		
13	12.54	559.07		
14	13.194	558.542		
15	14.239	557.575		
16	15.284	556.683		
17	17.504	554.488		
18	18.288	553.789		
19	19.072	553.154		
20	20.117	552.425		
21	21.162	551.61		

22	22.86	550.187
23	23.383	549.843
24	24.428	549.271
25	25.473	548.606
26	26.648	547.622
27	27.171	547.246
28	28.085	546.684
29	29.261	546.081
30	30.828	545.444
31	32.396	544.401
32	32.918	544.106
33	33.963	543.564
34	35.531	542.891
35	38.274	541.451
36	39.319	540.942
37	41.279	539.725
38	42.846	538.887
39	43.369	538.638
40	44.806	538.068
41	45.459	537.743
42	45.981	537.434
43	46.373	537.122
44	46.896	536.639
45	47.418	536.306
46	47.941	536.165
47	49.508	535.976
48	50.814	535.73
49	52.047	535.583
50	52.774	535.542
51	53.296	535.429
52	54.864	534.575
53	56.04	533.539
54	56.431	533.283
55	57.085	532.971
56	57.607	532.761
57	58.13	532.637
58	59.175	532.483
59	61.787	531.981
60	62.44	531.694
61	62.963	531.351
62	64.008	530.508
63	64.922	529.965
64	65.445	529.726
65	65.967	529.543
66	67.143	529.216
67	68.319	528.722
68	68.58	528.685
69	69.102	528.427
70	69.625	528.28
71	70.017	528.061
72	70.409	527.92
73	71.454	527.729
74	71.98	527.586
75	72.499	527.384
76	72.76	527.206
77	73.021	526.827
78	73.152	526.77

79	73.282	526.791
80	73.413	526.681
81	73.674	526.306
82	73.936	526.092
83	74.197	525.952
84	74.719	525.839
85	75.634	525.396
86	75.764	525.278
87	76.156	525.082
88	76.548	524.783
89	77.985	523.885
90	78.769	523.593
91	79.03	523.42
92	80.075	522.968
93	80.598	522.86
94	80.859	522.757
95	81.381	522.31
96	82.688	521.613
97	83.08	521.329
98	83.471	521.129
99	83.863	520.821
100	84.386	520.535
101	84.778	520.239
102	85.692	519.854
103	86.476	519.186
104	86.998	519.022
105	87.26	518.898
106	87.782	518.421
107	88.435	517.948
108	88.697	517.677
109	88.958	517.304
110	89.219	517.054
111	90.003	516.536
112	90.238	516.313
113	91.048	515.951
114	91.57	515.489
115	92.354	515.076
116	92.615	514.6
117	92.877	514.326
118	93.138	514.171
119	93.399	513.881
120	93.791	513.574
121	94.183	513.333
122	94.575	512.973
123	95.097	512.613
124	95.359	512.502
125	95.489	512.344
126	95.75	511.768
127	95.881	511.622
128	96.404	511.228
129	96.926	510.654
130	97.187	510.044
131	97.579	508.861
132	97.71	508.584
133	97.84	508.505
134	98.102	508.426
135	98.886	507.816

136	99.408	507.228
137	99.931	506.89
138	100.714	506.572
139	101.106	506.236
140	101.367	506.11
141	101.629	505.857
142	101.759	505.778
143	103.066	503.719
144	103.457	502.968
145	103.719	502.582
146	103.849	502.259
147	104.111	501.861
148	104.764	501.539
149	105.286	501.377
150	105.548	501.332
151	106.462	501.348
152	106.984	501.394
153	107.376	501.382
154	107.638	501.227
155	108.291	500.726
156	108.944	499.915
157	110.12	498.846
158	110.25	498.574
159	110.511	497.181
160	110.642	496.689
161	110.773	496.664
162	111.165	496.977
163	111.426	496.813
164	111.948	496.298
165	112.471	495.869
166	113.144	494.997
167	113.777	494.491
168	114.43	493.723
169	114.953	493.246
170	115.867	492.109
171	116.128	491.682
172	116.912	490.833
173	117.304	490.285
174	117.565	489.837
175	118.349	488.826
176	119.133	487.707
177	119.525	486.914
178	119.655	486.754
179	120.439	486.356
180	120.831	485.961
181	121.223	485.691
182	121.876	485.495
183	122.268	485.463
184	122.529	485.39
185	123.182	485.08
186	123.574	485.001
187	124.097	484.628
188	124.619	484.326
189	125.534	483.35
190	125.664	483.158
191	126.056	482.397
192	126.317	482.196

193	126.971	481.452
194	127.754	480.964
195	128.016	480.747
196	128.277	480.589
197	128.538	480.308
198	128.669	480.22
199	129.322	479.984
200	130.236	479.974
201	131.542	479.86
202	131.673	479.78
203	131.934	479.367
204	132.196	478.63
205	132.326	478.355
206	132.457	478.268
207	133.241	477.981
208	133.633	477.986

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	29
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	29	114
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	114	181
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	181	199
Strade asfaltate e calcestruzzo	199	201
Materiale fine (spessore>100cm)	201	208

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi

"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo**"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders**Blocco V=0.11mc****Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(0.055, 570.803)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.21mc**Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.21mc
Location	(91.643, 515.892)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.21mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	1	None			
Vertical Velocity (m/s)	1	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.21mc

Seeder Properties

Name Blocco V=0.21mc
 Location (107.891, 501.427)

Rocks to Throw

Number of Rocks 1000 Per Rock Type
 Rock Types Blocco V=0.21mc


Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	1	None			
Vertical Velocity (m/s)	1	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types

Blocco V=0.11mc


Properties

Name Blocco V=0.11mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	273	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=0.21mc

Properties

Name Blocco V=0.21mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	546	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Barriers

BP-11

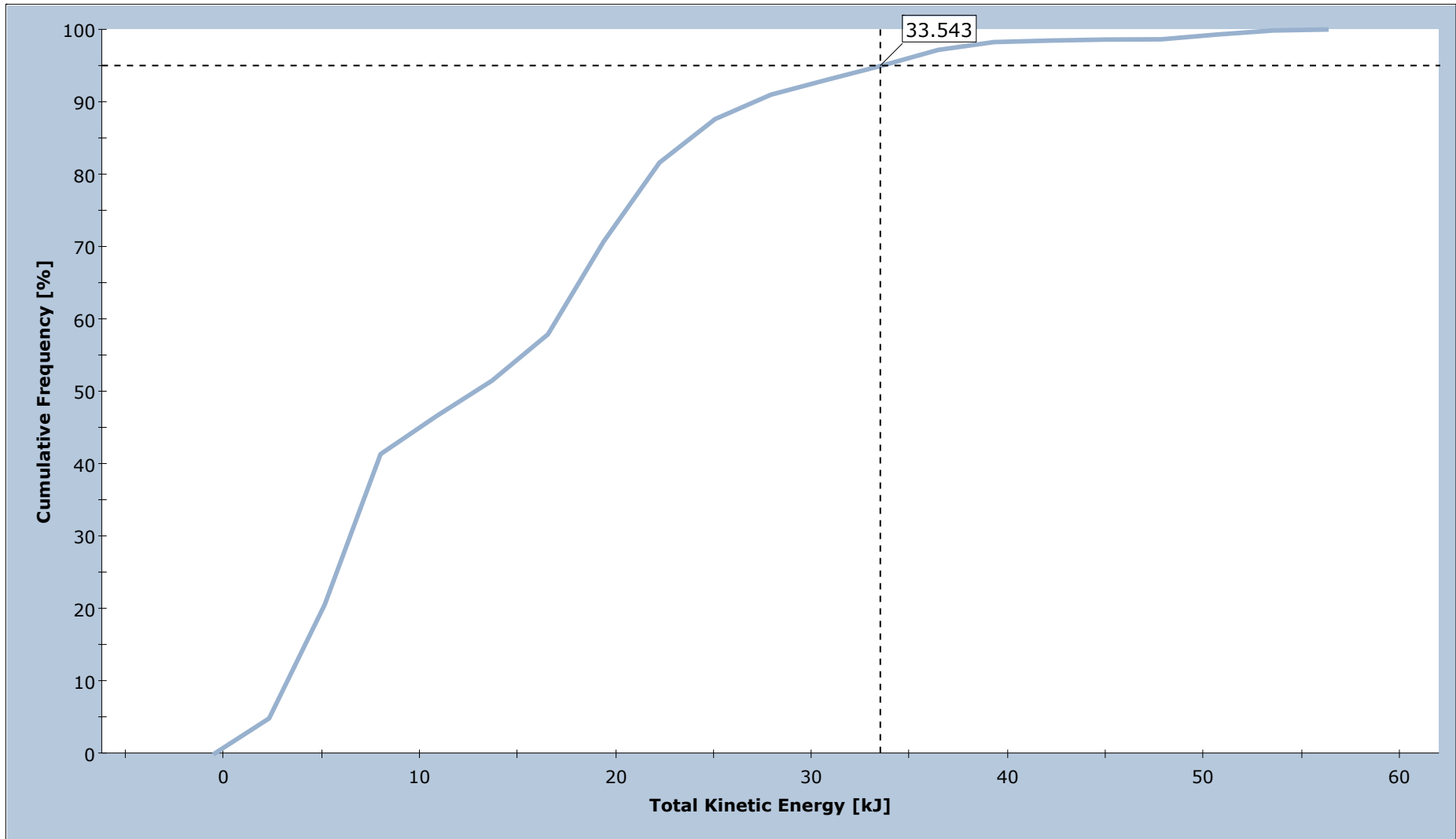
Name BP-11
Type RMC 100/A
Location (114.012, 494.215) to (115.702, 497.84)
Height (m) 4

Barrier Types

"RMC 100/A" Properties

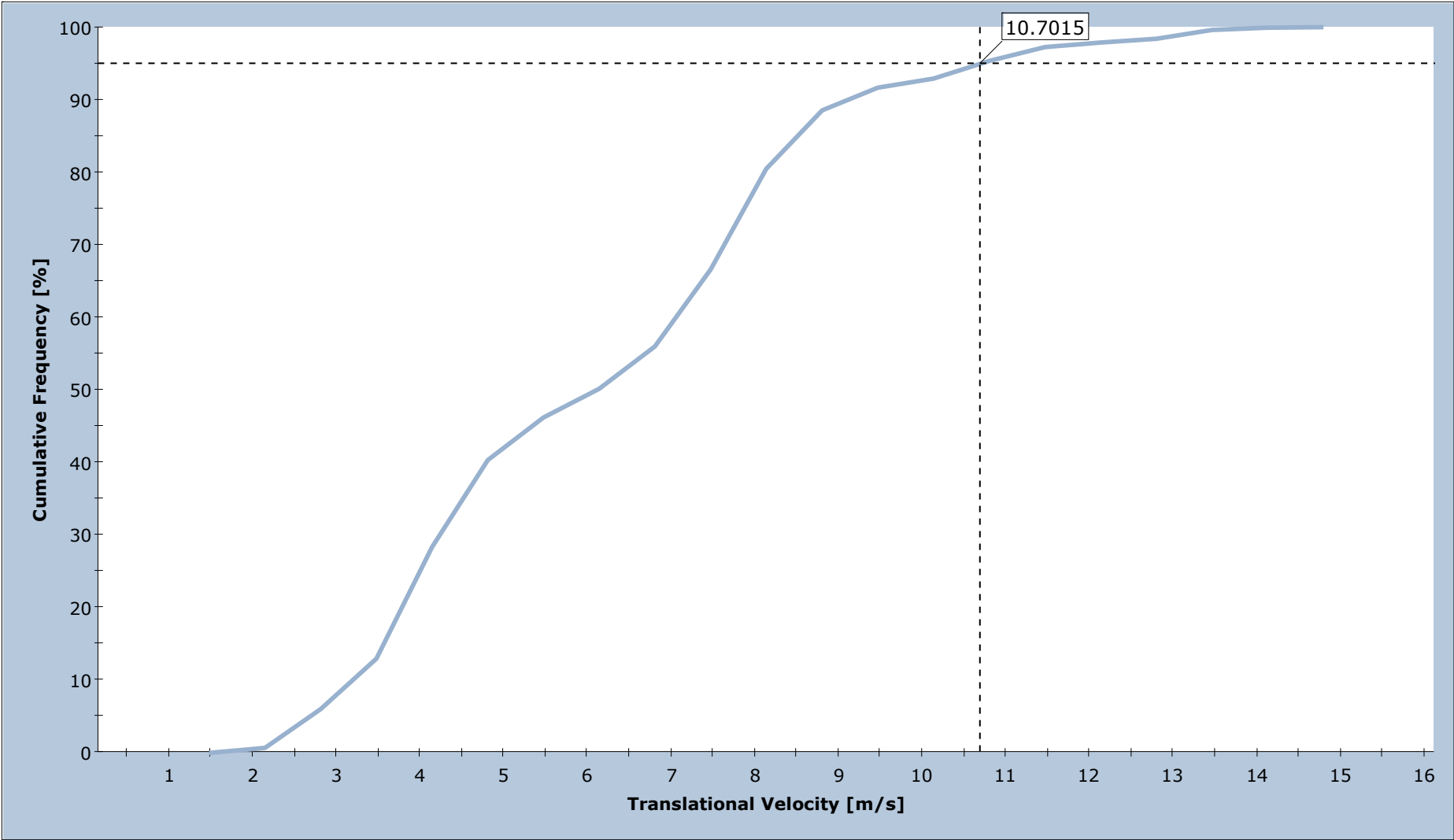
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-11



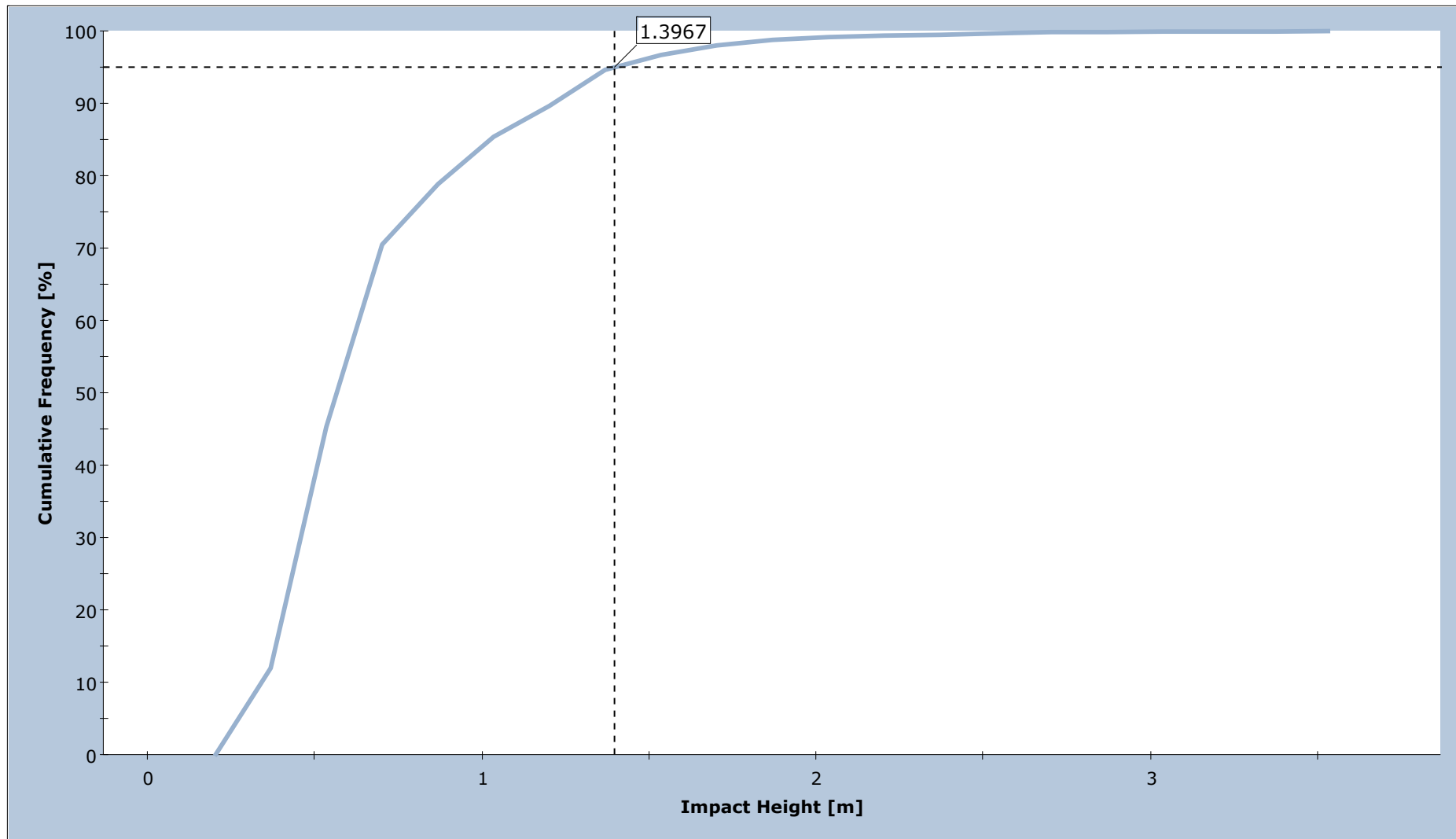
Total number of rocks on BP-11: 1569
Total Kinetic Energy: min = 0.903004, max = 54.8981

Translational Velocity on BP-11



Total number of rocks on BP-11: 1569
Translational Velocity: min = 1.81871, max = 14.4546

Impact Height on BP-11



Total number of rocks on BP-11: 1569
Impact Height: min = 0.284372, max = 3.45129

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-11
Capacity	Infinite
Height	4.00m
Hits	1569 / 3000 rocks
Height	4.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	1.39m	0.68m	0.28m	3.45m
Translational Velocity	10.74m/s	6.14m/s	1.82m/s	14.45m/s
Translation Energy	29.87kJ	11.65kJ	0.90kJ	51.32kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	546.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.210	m ³	
Rock Radius	R	0.369	m	
Separation Distance		7.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	1.39	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	10.74	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	2.00		
Barrier deformation	Y _d	1.50		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	556.92	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	12.05	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	48.51	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	1.93	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	6.68	m	D Y _d
Design Barrier Height		4.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		536.50	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	48.51 < 536.50	Valid
Height	1.93 < 4.00	Valid
Elongation	6.68 < 7.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		2.8	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-12.fal5
File Version 5.017

Date Created 01/04/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 10000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	578		
2	1.251	577.046		
3	2.364	576.298		
4	4.728	574.372		
5	5.841	573.571		
6	7.232	572.292		
7	10.431	569.633		
8	10.987	569.233		
9	11.96	568.636		
10	13.073	567.676		
11	15.02	566.426		
12	18.497	563.802		
13	19.054	563.329		
14	20.583	561.801		
15	21.001	561.434		
16	22.113	560.57		
17	23.643	559.277		
18	25.729	557.734		
19	28.094	555.838		
20	30.18	553.831		
21	30.597	553.495		

22	31.571	552.868
23	32.683	552.007
24	34.074	551.04
25	35.604	549.641
26	36.16	549.197
27	37.551	548.276
28	38.664	547.704
29	39.637	547.137
30	40.611	546.661
31	42.558	545.607
32	43.114	545.253
33	43.671	544.749
34	45.061	543.223
35	45.34	543.035
36	45.618	542.89
37	45.896	542.835
38	48.121	542.644
39	48.677	542.485
40	49.095	542.192
41	49.234	542.056
42	50.207	540.943
43	51.598	539.901
44	52.154	539.512
45	53.684	538.571
46	54.658	537.858
47	56.188	536.887
48	57.3	536.04
49	57.718	535.759
50	60.36	534.065
51	61.195	533.604
52	62.446	533.008
53	63.42	532.48
54	64.95	531.778
55	66.48	531.153
56	66.897	530.948
57	67.314	530.604
58	67.847	530.035
59	69.4	528.018
60	69.678	527.739
61	70.235	527.343
62	70.513	527.217
63	70.791	527.147
64	72.46	526.869
65	73.712	526.59
66	74.268	526.558
67	74.351	526.633
68	74.407	526.626
69	74.685	526.425
70	74.963	526.297
71	75.798	526.26
72	76.354	526.329
73	77.05	526.265
74	77.606	526.274
75	77.884	526.235
76	78.719	526.224
77	80.527	526.075
78	81.5	525.858

79	81.639	525.813
80	81.778	525.707
81	82.335	525.081
82	82.752	524.251
83	83.169	523.89
84	83.864	523.479
85	84.282	523.09
86	84.56	522.885
87	84.838	522.778
88	86.229	522.403
89	87.202	522.544
90	87.759	522.661
91	88.315	522.69
92	88.871	522.232
93	89.149	522.055
94	89.706	521.525
95	90.262	520.893
96	90.54	520.655
97	90.818	520.269
98	91.407	519.785
99	91.514	519.652
100	91.792	518.936
101	91.931	518.676
102	92.348	518.376
103	92.766	517.725
104	93.044	517.357
105	93.878	516.5
106	94.434	515.987
107	94.852	515.371
108	95.964	514.076
109	96.66	513.563
110	98.051	512.315
111	98.468	512.096
112	98.607	511.972
113	99.024	511.721
114	99.998	510.935
115	100.554	510.396
116	102.223	509.314
117	102.918	508.936
118	103.196	508.72
119	103.336	508.51
120	103.753	508.331
121	104.17	508.244
122	104.448	508.107
123	105.004	507.472
124	105.561	506.955
125	105.839	506.617
126	106.534	506.115
127	106.952	505.639
128	107.508	505.202
129	108.203	504.846
130	108.481	504.615
131	108.899	504.381
132	109.177	504.169
133	109.316	504.004
134	109.733	503.354
135	110.15	502.609

136	110.289	502.465
137	110.568	502.35
138	111.124	501.894
139	111.402	501.477
140	111.68	501.229
141	111.958	500.873
142	112.376	500.631
143	113.349	499.784
144	113.906	499.408
145	114.462	498.968
146	115.157	498.185
147	115.435	497.709
148	115.853	497.096
149	116.131	496.764
150	116.965	496.226
151	117.104	496.186
152	117.383	496.257
153	117.661	496.224
154	118.217	495.896
155	118.634	496.308
156	118.912	496.412
157	119.051	496.326
158	119.191	496.158
159	119.469	495.707
160	119.886	494.835
161	120.025	494.707
162	121.555	494.417
163	121.833	494.072
164	122.111	493.601
165	122.946	492.65
166	123.224	492.266
167	123.641	491.969
168	123.78	491.765
169	124.197	491.415
170	124.615	491.139
171	124.754	491
172	125.171	490.333
173	125.588	489.933
174	126.284	488.684
175	126.562	487.874
176	126.701	487.572
177	126.84	487.357
178	126.979	487.239
179	127.118	487.15
180	127.953	486.852
181	128.787	486.808
182	128.926	486.771
183	129.204	486.646
184	129.622	486.324
185	129.9	486.165
186	130.734	485.826
187	132.125	484.477
188	132.681	483.412
189	133.516	483.119
190	133.655	482.989
191	133.794	482.714
192	134.211	482.093

193	134.628	481.751
194	135.046	481.492
195	135.88	481.225
196	136.993	481.199
197	138.244	481.121
198	138.523	481.136
199	138.94	481.272
200	139.079	481.231
201	139.496	481.08
202	139.635	480.952
203	139.774	480.482
204	139.913	479.762
205	140.052	479.5
206	140.609	479.27
207	141.026	479.212
208	141.304	479.212
209	142.278	478.973

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	27
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	27	91
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	91	161
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	161	195
Strade asfaltate e calcestruzzo	195	198
Materiale fine (spessore>100cm)	198	209

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi

"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo**"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders**Blocco V=0.11mc****Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(0.108, 578.287)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.21mc**Seeder Properties**

Name	Blocco V=0.21mc
Location	(88.478, 522.966)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.21mc


Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	1	None			
Vertical Velocity (m/s)	1	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types

Blocco V=0.11mc


Properties

Name Blocco V=0.11mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	273	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=0.21mc

Properties

Name Blocco V=0.21mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	546	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Barriers

BP-12

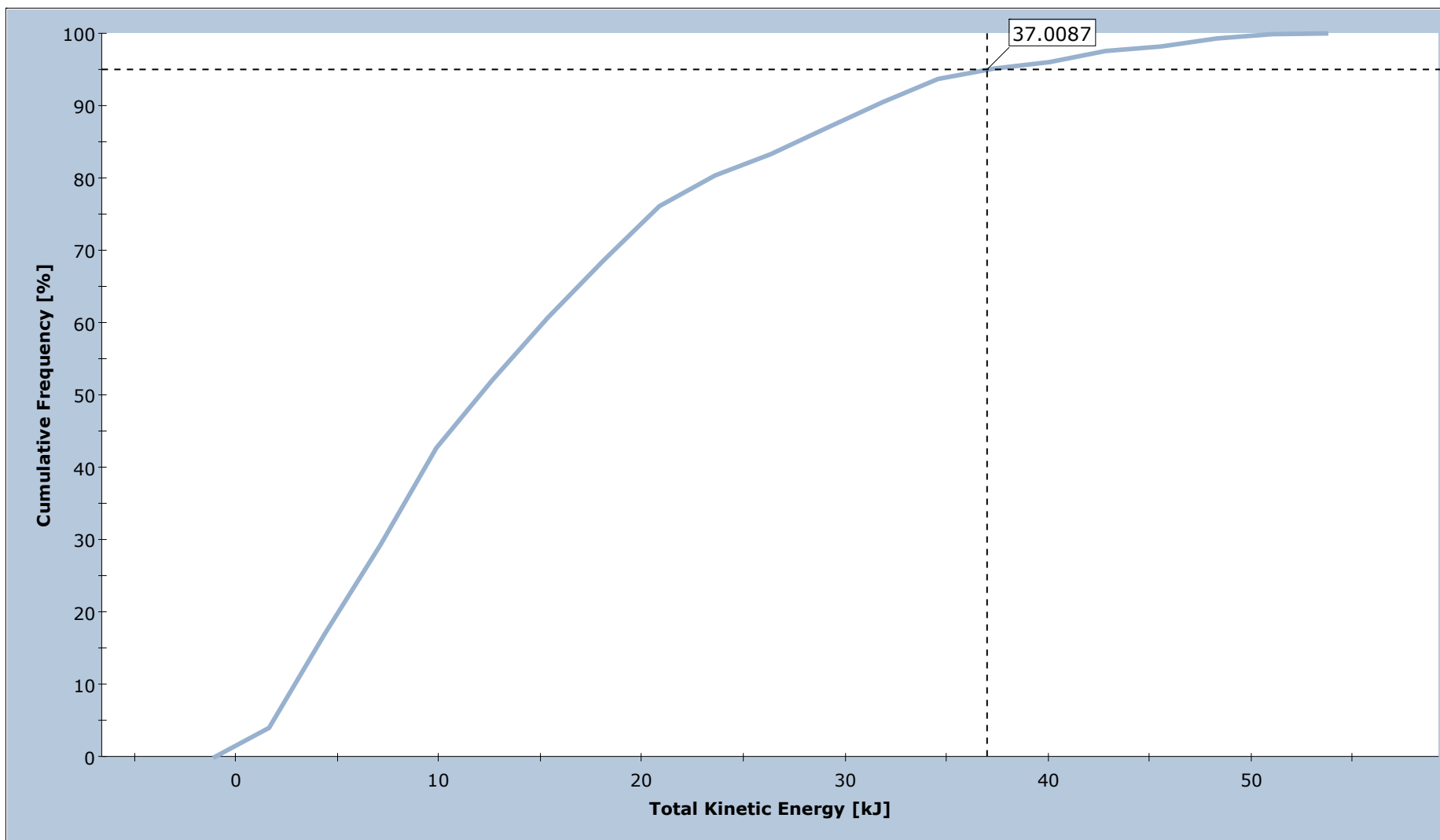
Name BP-12
 Type RMC 100/A
 Location (109.109, 504.237) to (110.799, 507.862)
 Height (m) 4

Barrier Types

"RMC 100/A" Properties

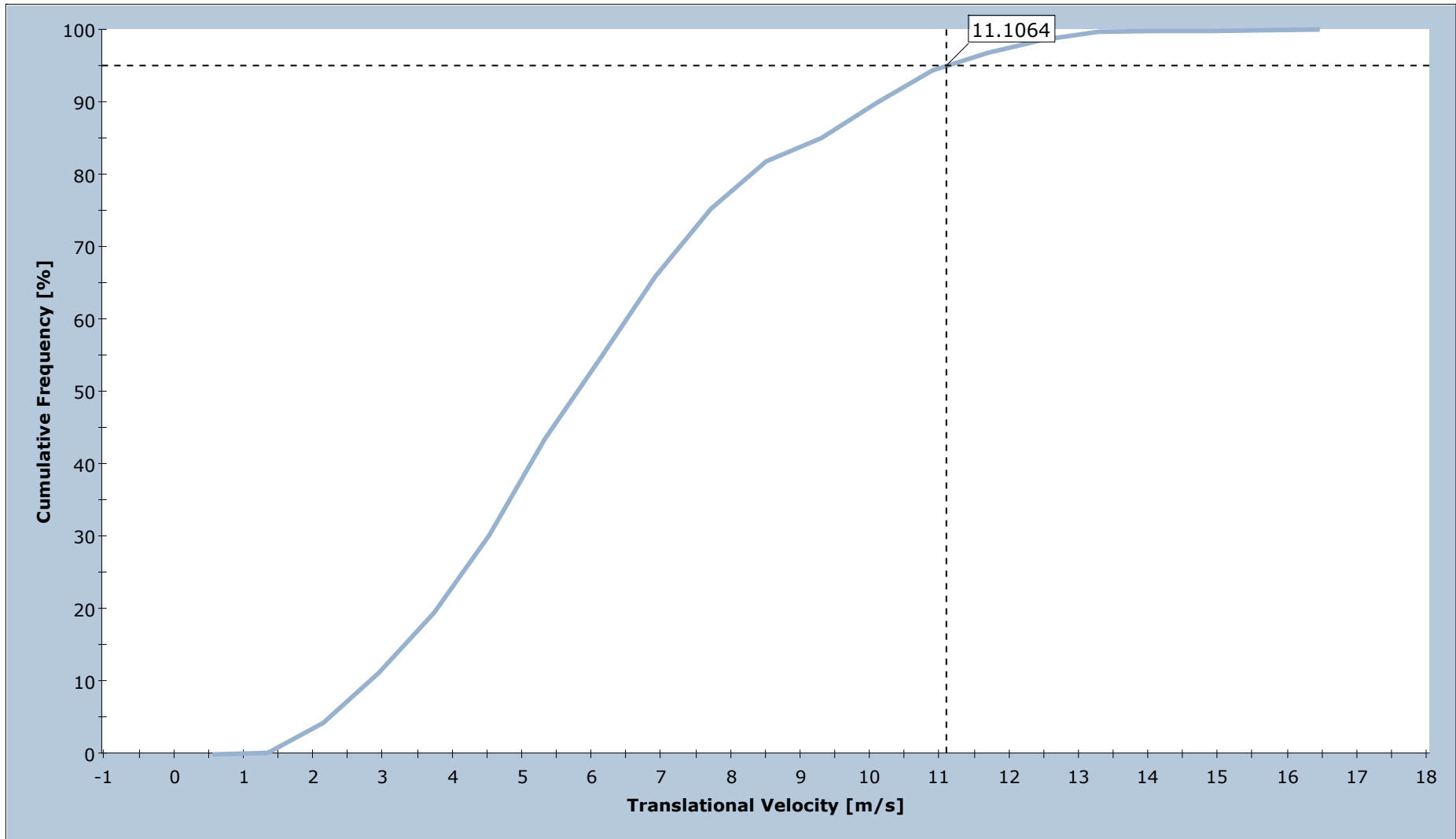
Name RMC 100/A
 Manufacturer Maccaferri
 Capacity Nominal (kJ) 1000
 Capacity MEL (kJ) 1073
 Capacity SEL1 (kJ) 352
 Elongation MEL (m) 4.45
 Elongation SEL1 (m) 2.65
 Residual Height MEL (%) 68.80
 Residual Height SEL1 (%) 76.00

Total Kinetic Energy on BP-12



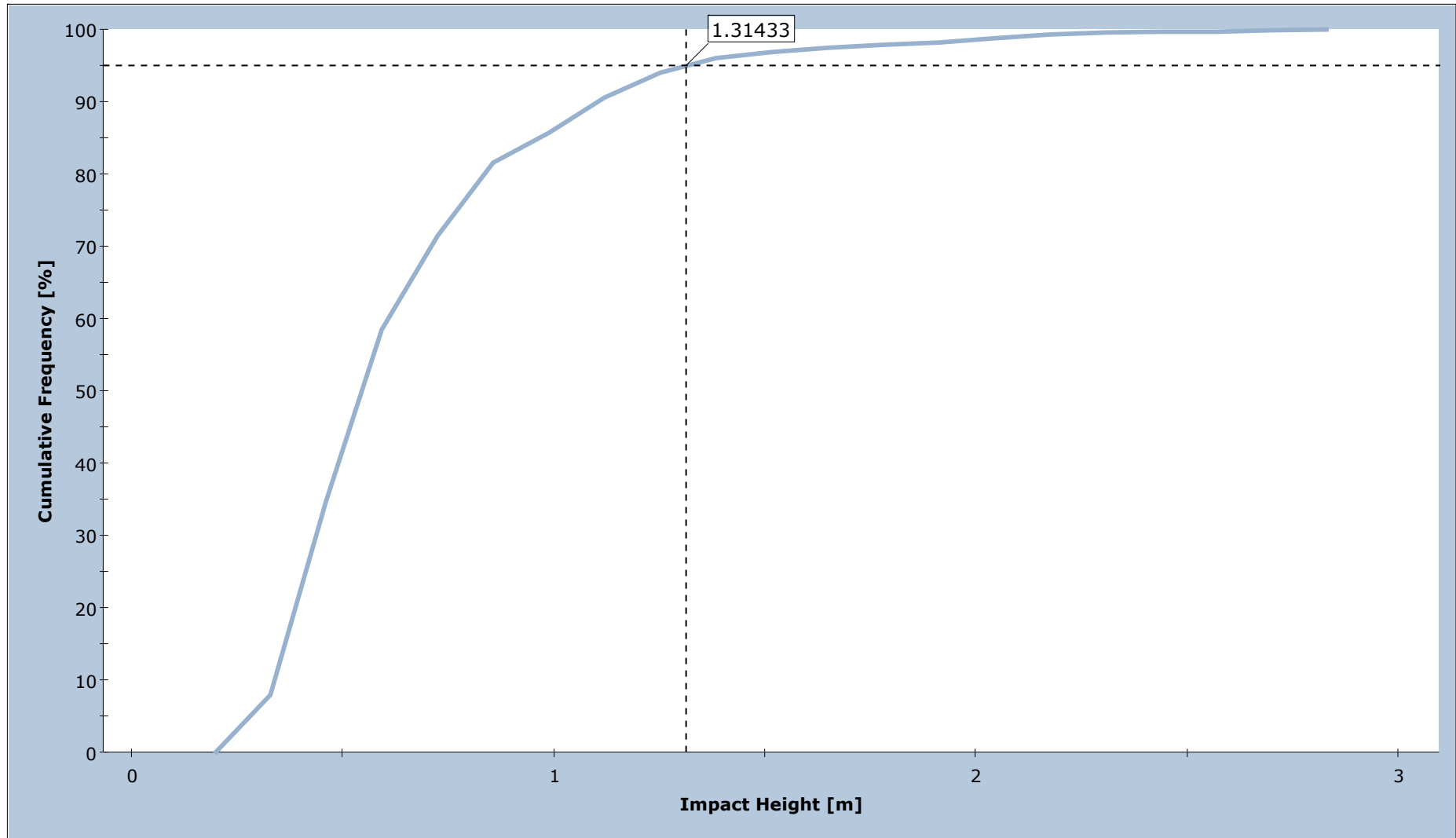
Total number of rocks on BP-12: 989
Total Kinetic Energy: min = 0.248664, max = 52.3849

Translational Velocity on BP-12



Total number of rocks on BP-12: 989
Translational Velocity: min = 0.954389, max = 16.0557

Impact Height on BP-12



Total number of rocks on BP-12: 989
Impact Height: min = 0.263585, max = 2.76613

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-12
Capacity	Infinite
Height	4.00m
Hits	989 / 2000 rocks
Height	4.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	1.32m	0.65m	0.26m	2.77m
Translational Velocity	11.15m/s	6.12m/s	0.95m/s	16.06m/s
Translation Energy	30.83kJ	11.79kJ	0.25kJ	45.84kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	546.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.210	m ³	
Rock Radius	R	0.369	m	
Separation Distance		7.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	1.32	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	11.15	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	2.00		
Barrier deformation	Y _d	1.50		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	556.92	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	12.51	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	52.31	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	1.85	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	6.68	m	D Y _d
Design Barrier Height		4.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		536.50	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	52.31 < 536.50	Valid
Height	1.85 < 4.00	Valid
Elongation	6.68 < 7.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		2.8	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-13.fal5
File Version 5.017

Date Created 06/05/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 10000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	619.4		
2	0.638	619.321		
3	1.063	619.072		
4	2.552	617.654		
5	3.615	616.562		
6	4.253	615.997		
7	5.741	614.899		
8	7.017	613.902		
9	8.718	612.736		
10	9.356	612.201		
11	9.994	611.594		
12	10.845	610.698		
13	11.695	609.657		
14	12.333	608.964		
15	14.247	607.24		
16	17.436	604.53		
17	18.5	603.298		
18	19.563	602.247		
19	19.988	601.797		
20	21.051	600.573		
21	21.477	600.176		

22	22.115	599.692
23	23.816	598.519
24	27.643	595.689
25	29.344	594.543
26	33.597	591.936
27	38.275	589.428
28	44.017	586.166
29	45.08	585.617
30	45.718	585.325
31	46.143	585.171
32	47.206	584.879
33	47.631	584.709
34	47.844	584.588
35	48.695	583.999
36	50.183	583.052
37	51.246	582.325
38	51.884	581.973
39	52.947	581.469
40	53.798	580.93
41	54.436	580.436
42	55.924	579.201
43	56.562	578.719
44	58.476	577.379
45	60.617	575.764
46	61.24	575.351
47	62.304	574.713
48	64.643	573.481
49	65.281	573.246
50	66.131	573.045
51	66.769	572.848
52	67.832	572.373
53	70.171	571.523
54	73.786	569.803
55	75.275	569.221
56	75.913	568.931
57	78.039	567.78
58	78.89	567.354
59	80.378	566.675
60	81.654	566.139
61	82.504	565.724
62	85.056	564.217
63	86.119	563.54
64	88.033	562.534
65	89.947	561.391
66	90.585	560.967
67	91.648	560.129
68	93.137	558.811
69	94.2	557.816
70	94.838	557.174
71	96.114	555.793
72	98.027	554.027
73	98.453	553.598
74	100.579	551.263
75	102.067	549.681
76	102.28	549.497
77	102.705	549.196
78	103.131	549.033

79	104.832	548.813
80	105.257	548.687
81	105.682	548.47
82	107.596	547.071
83	108.234	546.437
84	110.148	544.295
85	110.786	543.702
86	113.125	541.677
87	113.763	541.2
88	114.188	540.96
89	115.251	540.485
90	115.676	540.251
91	116.74	539.474
92	117.59	538.938
93	119.717	537.91
94	121.63	536.856
95	122.268	536.533
96	122.906	536.283
97	124.182	535.859
98	125.458	535.265
99	127.372	534.543
100	127.797	534.319
101	128.435	533.909
102	128.86	533.675
103	129.923	533.212
104	130.561	532.887
105	133.538	531.123
106	135.452	530.208
107	136.09	529.932
108	137.153	529.547
109	138.642	529.097
110	139.705	528.837
111	140.13	528.696
112	140.768	528.419
113	141.193	528.156
114	141.619	527.801
115	141.831	527.593
116	142.257	527.047
117	142.682	526.65
118	142.894	526.503
119	143.32	526.352
120	143.745	526.277
121	144.383	526.25
122	145.871	526.317
123	146.509	526.249
124	146.935	526.1
125	147.573	525.697
126	149.486	524.31
127	151.4	523.232
128	152.463	522.75
129	154.164	522.128
130	154.59	521.936
131	155.228	521.591
132	155.866	521.139
133	156.291	520.774
134	156.716	520.353
135	157.779	518.945

136	158.205	518.451
137	158.417	518.261
138	158.843	517.956
139	159.906	517.607
140	160.331	517.44
141	160.756	517.142
142	161.394	516.501
143	162.457	515.214
144	163.308	514.381
145	163.946	513.879
146	164.584	513.488
147	165.009	513.169
148	166.072	512.078
149	167.561	510.842
150	169.049	509.497
151	170.112	508.579
152	171.814	506.863
153	172.664	506.074
154	173.727	505.254
155	175.216	504.249
156	176.704	502.621
157	177.768	501.558
158	178.193	501.158
159	180.107	499.681
160	181.382	498.357
161	182.233	497.552
162	182.871	497.111
163	184.359	496.37
164	184.785	496.093
165	185.635	495.446
166	186.273	495.103
167	186.698	494.833
168	187.124	494.251
169	187.762	493.199
170	188.187	492.871
171	188.612	492.803
172	189.25	492.796
173	190.159	492.836
174	191.164	492.943
175	191.589	492.903
176	191.802	492.842
177	192.227	492.497
178	192.865	491.761
179	193.29	491.337
180	196.267	488.857
181	197.33	487.912
182	198.819	486.722
183	200.307	485.404
184	202.009	484.077
185	203.497	482.775
186	203.922	482.446
187	204.348	482.166
188	204.773	481.987
189	205.411	481.881
190	206.474	481.887
191	207.75	482.073
192	207.963	482.057

193	208.388	481.91
194	208.813	481.643
195	209.238	481.308
196	209.451	481.113
197	210.302	480.18
198	210.514	480.011
199	210.94	479.762
200	212.853	479.055
201	213.066	479.009
202	213.491	478.961
203	213.916	478.976
204	214.342	479.044
205	215.405	479.333
206	215.83	479.383
207	217.531	479.426

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	1	23
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	23	141
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	141	170
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	170	188
Strade asfaltate e calcestruzzo	188	191
Materiale fine (spessore>100cm)	191	200
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	200	207

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi

"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo

"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders

Blocco V=0.11mc

Seeder Properties

Name	Blocco V=0.11mc
Location	(0.072, 619.806)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.11mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.21mc

Seeder Properties

Name	Blocco V=0.21mc
Location	(175.504, 504.475)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.21mc


Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types

Blocco V=0.11mc


Properties

Name	Blocco V=0.11mc
Color	
Shapes	Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	273	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=0.21mc

Properties

Name	Blocco V=0.21mc			
Color				
Shapes	Oval (2:3)			
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min Rel. Max
Mass (kg)	546	None		
Density (kg/m ³)	2600	None		

Barriers

BP-13

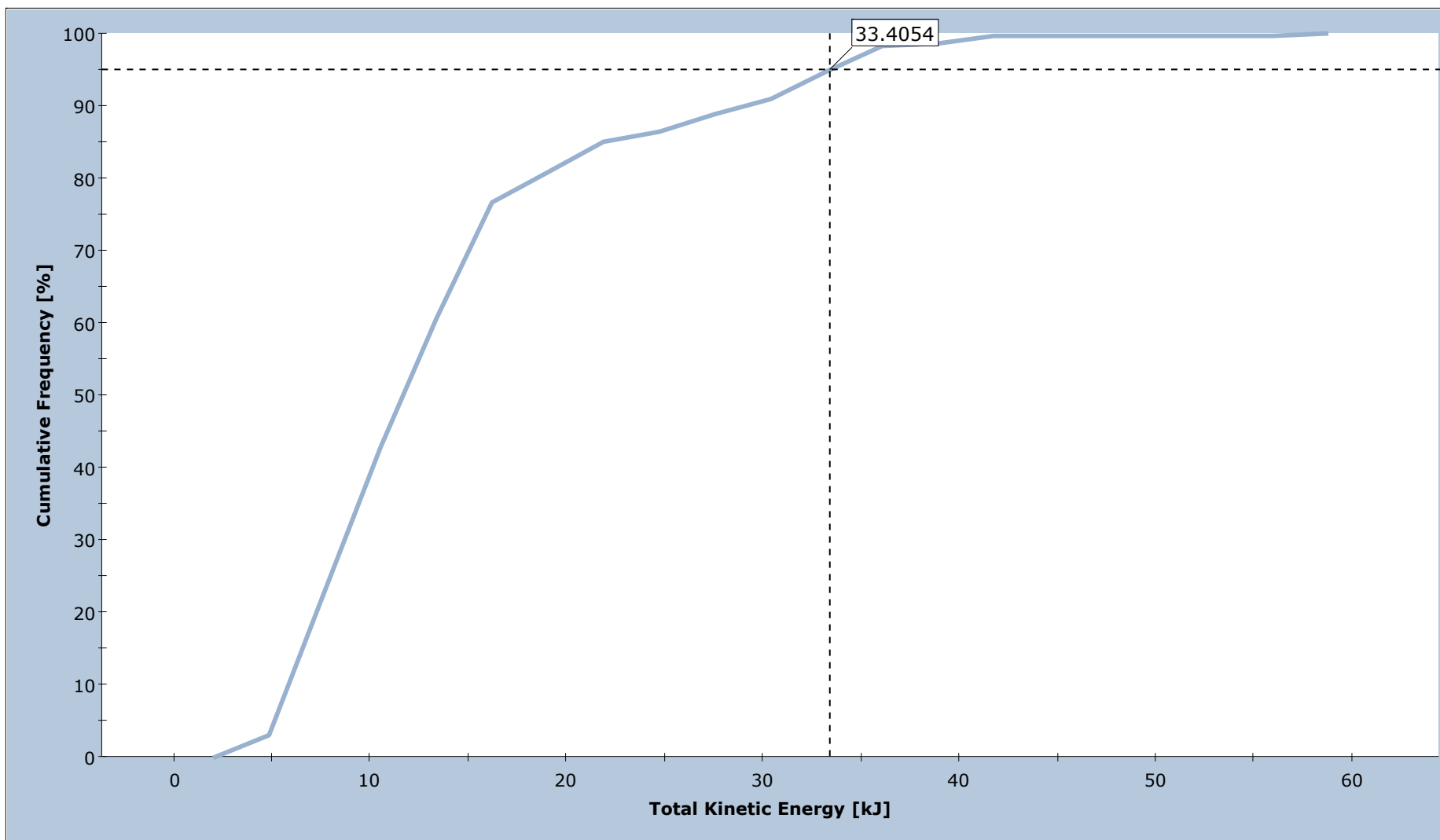
Name	BP-13
Type	RMC 100/A
Location	(195.598, 489.414) to (196.43, 493.327)
Height (m)	4

Barrier Types

"RMC 100/A" Properties

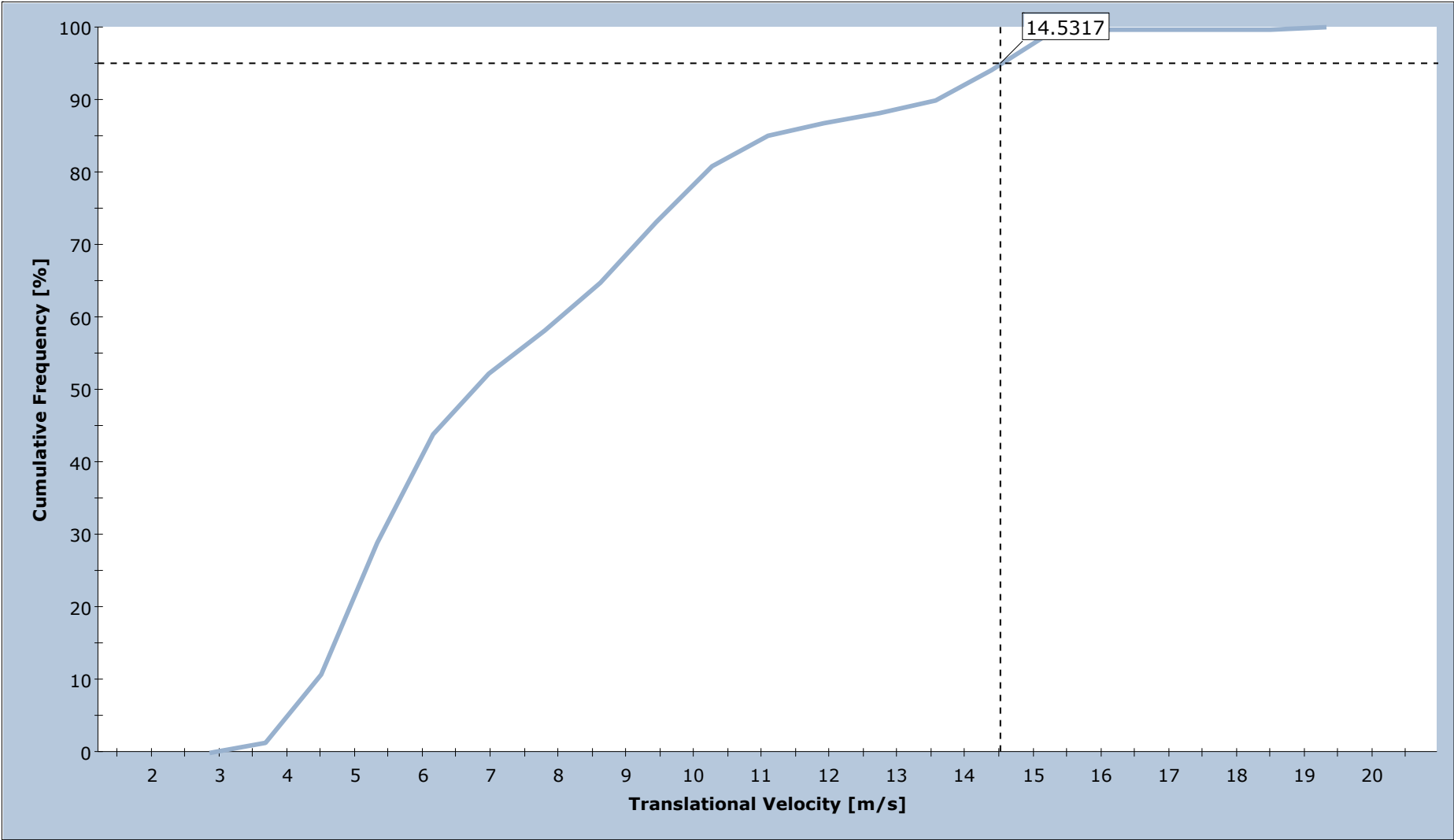
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-13



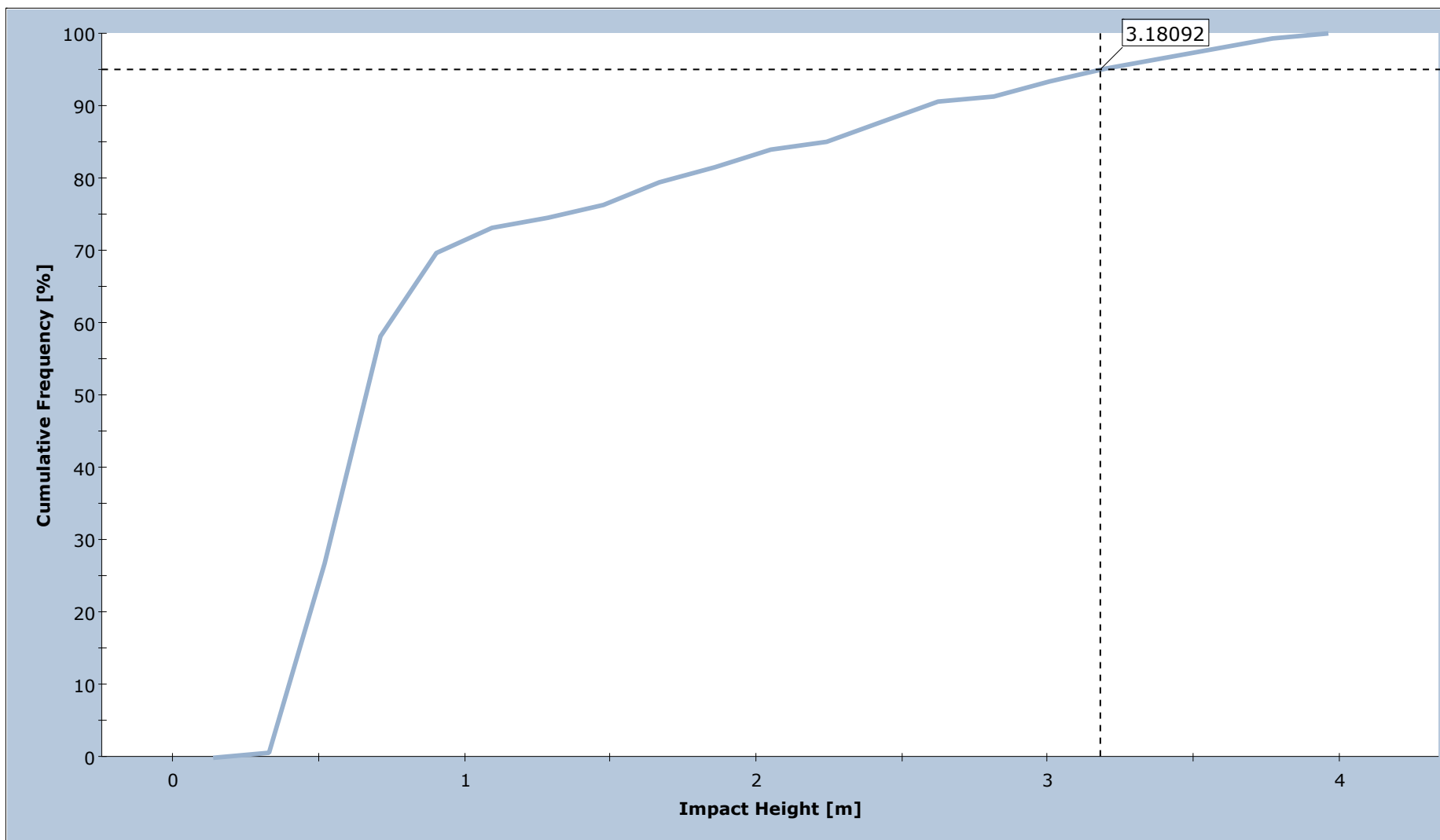
Total number of rocks on BP-13: 287
Total Kinetic Energy: min = 3.4458, max = 57.3249

Translational Velocity on BP-13



Total number of rocks on BP-13: 287
Translational Velocity: min = 3.27413, max = 18.899

Impact Height on BP-13



Total number of rocks on BP-13: 287
Impact Height: min = 0.234224, max = 3.86268

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-13
Capacity	Infinite
Height	4.00m
Hits	287 / 2000 rocks
Height	4.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	3.18m	1.07m	0.23m	3.86m
Translational Velocity	14.53m/s	7.75m/s	3.27m/s	18.90m/s
Translation Energy	28.81kJ	11.53kJ	2.77kJ	48.75kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	546.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.210	m ³	
Rock Radius	R	0.369	m	
Separation Distance		6.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	3.18	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	14.53	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	1.20		
Barrier deformation	Y _d	1.30		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	556.92	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	16.30	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	88.79	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	3.93	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	5.79	m	D Y _d
Design Barrier Height		4.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		894.17	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	88.79 < 894.17	Valid
Height	3.93 < 4.00	Valid
Elongation	5.79 < 6.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		2.8	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-14.fal5
 File Version 5.017

Date Created 06/05/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
 Units Metric (m, kg, kJ)
 Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
 Maximum steps per rock 10000
 Normal velocity cutoff 0.1m/s
 Stopped velocity cutoff 0.1m/s
 Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
 Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	581.9		
2	0.504	581.415		
3	0.84	580.998		
4	1.175	580.676		
5	1.679	580.237		
6	2.183	579.836		
7	3.525	578.586		
8	4.029	578.181		
9	4.7	577.683		
10	6.211	576.73		
11	7.554	575.511		
12	8.561	574.548		
13	9.232	573.879		
14	9.568	573.569		
15	11.414	571.974		
16	11.582	571.835		
17	12.422	571.228		
18	12.925	570.788		
19	13.932	569.77		
20	14.268	569.385		
21	14.771	568.943		

22	15.443	568.4
23	15.779	568.113
24	16.45	567.477
25	16.618	567.253
26	16.786	566.912
27	17.289	565.832
28	17.625	565.064
29	17.793	564.737
30	17.961	564.521
31	18.8	563.6
32	19.136	563.261
33	19.471	562.948
34	20.143	562.369
35	20.478	562.107
36	20.814	561.882
37	21.15	561.694
38	21.318	561.554
39	21.653	561.24
40	22.024	560.853
41	22.325	560.502
42	22.828	559.538
43	23.164	558.943
44	24.507	556.717
45	25.178	555.799
46	25.682	555.041
47	26.185	554.574
48	26.689	554.049
49	26.857	553.903
50	27.864	553.161
51	28.535	552.581
52	30.046	551.426
53	30.214	551.31
54	31.221	550.859
55	31.557	550.655
56	32.396	550.099
57	33.403	549.308
58	34.41	548.602
59	35.417	547.72
60	36.089	547.188
61	36.424	546.94
62	37.432	546.327
63	38.439	545.574
64	39.446	544.908
65	40.453	544.043
66	41.46	543.284
67	41.628	543.193
68	42.467	542.802
69	43.474	542.241
70	44.481	541.547
71	46.496	540.066
72	46.663	539.963
73	47.503	539.503
74	48.51	539.043
75	48.678	538.911
76	49.517	538.162
77	50.524	537.393
78	51.531	536.644

79	52.538	535.851
80	53.545	535.271
81	54.553	534.594
82	55.56	533.945
83	56.567	533.359
84	57.574	532.833
85	58.581	532.368
86	59.588	531.752
87	60.595	531.033
88	61.602	530.438
89	62.609	529.789
90	63.617	529.196
91	65.463	528.034
92	68.652	526.134
93	69.659	525.552
94	70.498	525.11
95	72.513	524.161
96	73.52	523.59
97	74.527	522.973
98	75.702	522.199
99	76.541	521.682
100	77.548	521.133
101	78.555	520.472
102	79.563	519.917
103	79.73	519.801
104	80.57	519.138
105	80.737	519.026
106	81.577	518.536
107	82.584	517.924
108	83.591	517.432
109	83.759	517.288
110	84.598	516.421
111	84.766	516.157
112	85.605	514.591
113	85.773	514.453
114	86.612	514.161
115	86.78	514.146
116	87.619	514.169
117	88.794	514.055
118	89.634	513.987
119	89.802	513.898
120	91.648	512.667
121	92.655	511.843
122	94.669	510.467
123	96.683	508.988
124	97.691	508.264
125	100.208	506.647
126	101.719	505.724
127	102.726	505.445
128	103.733	505.259
129	104.74	504.996
130	105.747	504.868
131	106.587	504.641
132	106.755	504.575
133	107.762	503.946
134	108.769	503.274
135	109.776	502.686

136	110.615	502.158
137	112.629	500.71
138	113.637	500.041
139	114.644	499.331
140	115.651	498.659
141	116.658	498.052
142	116.994	497.823
143	119.344	496.164
144	120.686	495.182
145	121.693	494.49
146	122.533	494.068
147	122.701	493.985
148	123.708	493.946
149	124.715	493.951
150	125.722	493.939
151	126.729	493.883
152	127.736	493.636
153	128.575	493.194
154	128.743	493.094
155	129.75	492.305
156	130.757	491.556
157	131.765	490.741
158	132.772	489.982
159	133.779	489.175
160	134.618	488.564
161	135.122	488.163
162	135.793	487.609
163	136.632	486.854
164	137.807	485.772
165	138.814	484.822
166	139.654	484.133
167	140.661	483.39
168	140.829	483.283
169	141.668	482.843
170	141.836	482.778
171	142.171	482.709
172	142.675	482.61
173	143.011	482.575
174	143.85	482.525
175	144.857	482.497
176	145.864	482.477
177	146.871	482.474
178	147.878	482.337
179	148.718	482.142
180	148.886	482.087
181	149.725	481.629
182	149.893	481.524
183	150.9	480.7
184	151.907	480.058
185	152.914	479.538
186	153.585	479.261
187	153.753	479.198
188	153.921	479.157
189	154.928	479.539
190	155.935	479.882
191	156.942	479.91
192	158.957	480.492

193	159.964	480.446
194	160.971	480.435
195	161.978	480.553
196	162.985	480.53
197	163.992	480.478
198	164.999	480.488
199	166.006	480.459
200	166.174	480.436
201	167.181	480.183
202	168.021	480.065
203	168.189	480.047
204	169.196	480.075
205	170.203	479.894
206	171.21	479.581
207	171.713	479.49

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica	1	52
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	52	112
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	112	146
Strade asfaltate e calcestruzzo	146	152
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	152	172
Strade asfaltate e calcestruzzo	172	178
Materiale fine (spessore>100cm)	178	188
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	188	207

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi

"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica

"Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.557	Normal	0.054	0.162	0.162
Rolling Resistance	0.9	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo

"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders

Blocco V=0.91mc

Seeder Properties

Name	Blocco V=0.91mc
Location	(-0.019, 582.622)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=0.91mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types

Blocco V=0.91mc

Properties

Name	Blocco V=0.91mc
Color	
Shapes	Ellipse (5:6)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	2366	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Barriers

BP-14

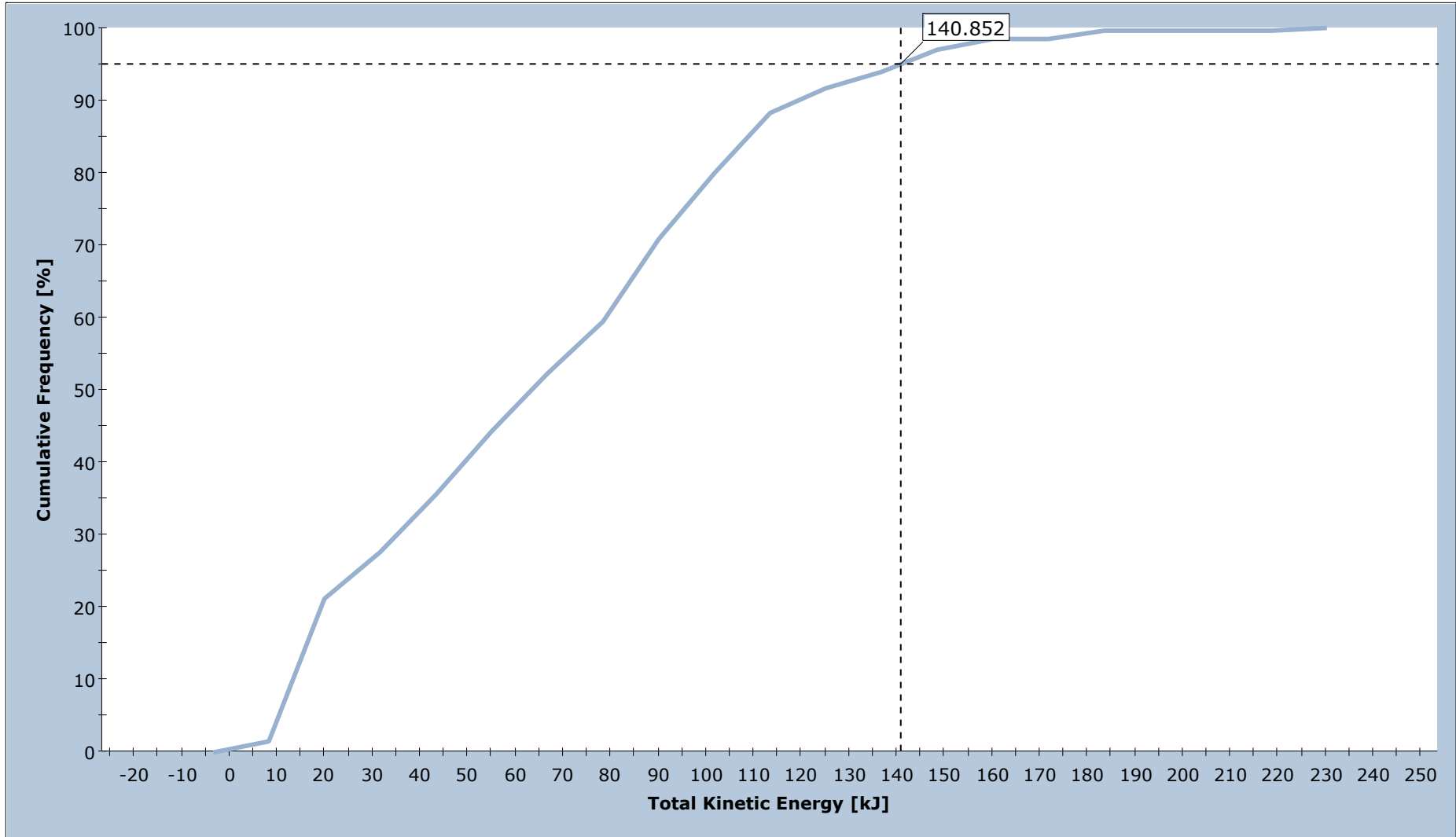
Name BP-14
Type RMC 100/A
Location (127.838, 493.583) to (128.669, 497.495)
Height (m) 4

Barrier Types

"RMC 100/A" Properties

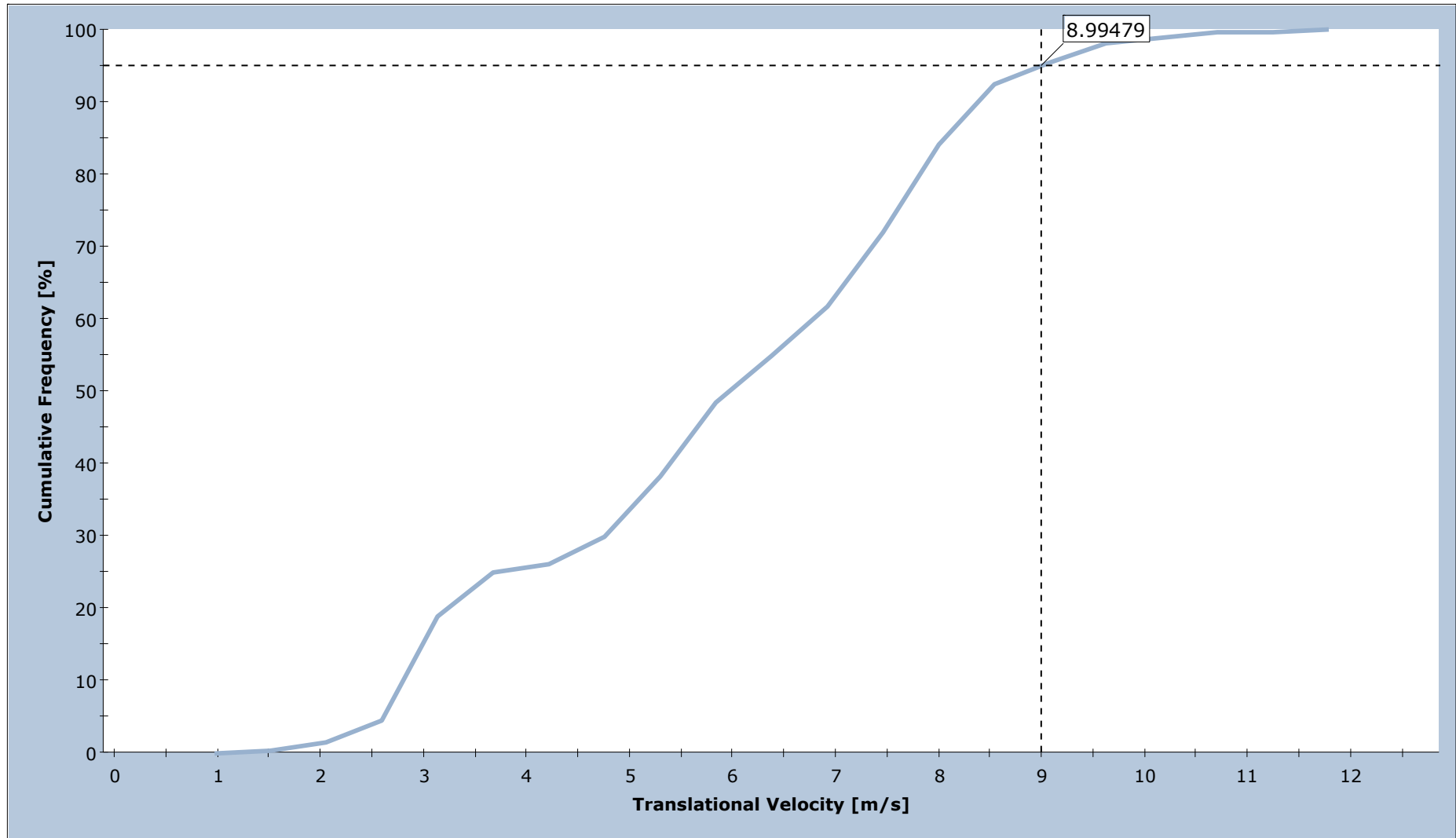
Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	1000
Capacity MEL (kJ)	1073
Capacity SEL1 (kJ)	352
Elongation MEL (m)	4.45
Elongation SEL1 (m)	2.65
Residual Height MEL (%)	68.80
Residual Height SEL1 (%)	76.00

Total Kinetic Energy on BP-14



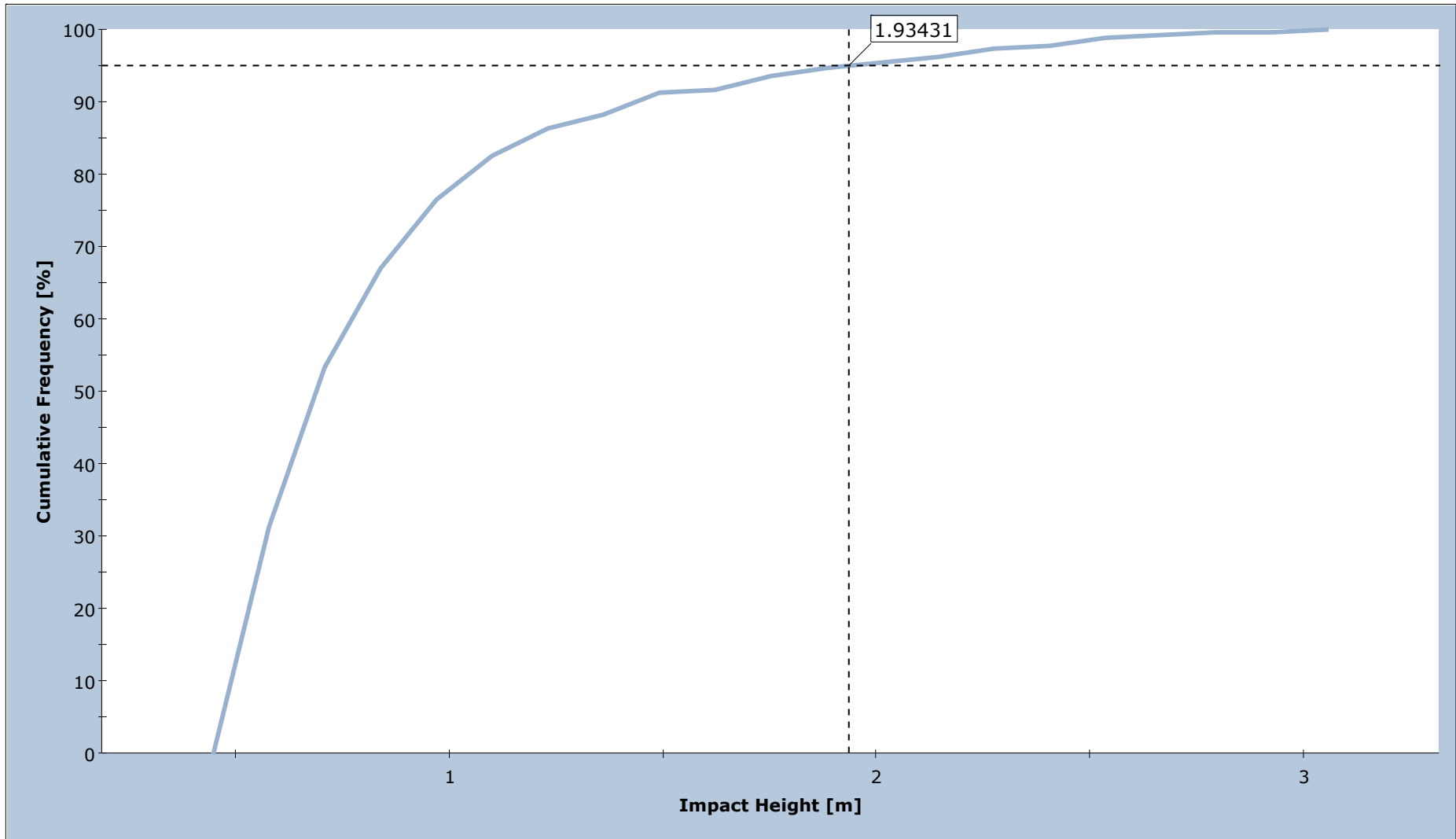
Total number of rocks on BP-14: 264
Total Kinetic Energy: min = 2.50922, max = 224.324

Translational Velocity on BP-14



Total number of rocks on BP-14: 264
Translational Velocity: min = 1.24184, max = 11.5071

Impact Height on BP-14



Total number of rocks on BP-14: 264
Impact Height: min = 0.513257, max = 2.99033

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-14
Capacity	Infinite
Height	4.00m
Hits	264 / 1000 rocks
Height	4.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	1.94m	0.85m	0.51m	2.99m
Translational Velocity	9.02m/s	5.85m/s	1.24m/s	11.51m/s
Translation Energy	96.26kJ	45.82kJ	1.82kJ	156.64kJ

Barrier Design

Name	RMC 100/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	1000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	1073kJ	4.5m	68.8%
SEL	352kJ	2.6m	76.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	1073.00	kJ	
Maximum Elongation		4.45	m	
Residual Height		69	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	2366.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		0.910	m ³	
Rock Radius	R	0.601	m	
Separation Distance		6.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	1.94	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	9.02	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	1.20		
Barrier deformation	Y _d	1.30		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	2413.32	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	10.12	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	148.32	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	2.77	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	5.79	m	D Y _d
Design Barrier Height		4.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		894.17	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	148.32 < 894.17	Valid
Height	2.77 < 4.00	Valid
Elongation	5.79 < 6.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		2.8	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-15.fal5
File Version 5.017

Date Created 07/10/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 10000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	558.778		
2	0.51	558.282		
3	1.02	557.718		
4	2.039	556.546		
5	2.974	555.397		
6	3.484	554.832		
7	3.993	554.322		
8	5.013	553.332		
9	6.542	551.884		
10	6.967	551.464		
11	7.052	551.367		
12	7.476	550.8		
13	7.561	550.672		
14	7.986	549.964		
15	8.496	549.241		
16	9.005	548.63		
17	10.025	547.297		
18	10.535	546.699		
19	11.044	546.049		
20	11.554	545.257		
21	12.574	543.621		

22	12.998	542.919
23	14.018	541.167
24	14.527	540.413
25	15.037	539.746
26	16.227	538.322
27	16.566	537.903
28	16.991	537.345
29	17.501	536.731
30	18.52	535.739
31	19.54	534.647
32	20.049	534.115
33	20.474	533.692
34	20.559	533.613
35	20.814	533.409
36	21.579	532.81
37	22.003	532.434
38	22.513	531.955
39	23.023	531.404
40	24.042	530.077
41	24.552	529.484
42	25.062	528.964
43	25.571	528.486
44	26.081	528.054
45	27.016	527.212
46	28.035	526.325
47	28.545	525.79
48	28.63	525.685
49	29.055	525.122
50	30.074	523.658
51	30.584	523.027
52	31.093	522.495
53	31.603	521.732
54	31.773	521.283
55	32.113	520.329
56	32.623	518.669
57	32.877	518.088
58	33.132	517.55
59	33.217	517.439
60	33.472	517.147
61	33.642	516.963
62	33.897	516.791
63	34.152	516.634
64	34.407	516.555
65	34.661	516.487
66	35.681	516.364
67	36.026	516.246
68	36.191	516.202
69	36.7	515.897
70	36.87	515.722
71	37.04	515.528
72	37.465	515.005
73	37.72	514.676
74	38.23	514.113
75	38.314	514.03
76	38.824	513.612
77	39.334	513.286
78	40.098	512.699

79	40.353	512.52
80	40.863	512.186
81	41.373	511.786
82	41.883	511.286
83	42.392	510.703
84	42.817	510.178
85	43.045	509.912
86	43.412	509.511
87	43.836	509.079
88	44.516	508.424
89	46.3	506.786
90	47.15	505.939
91	48.254	504.756
92	48.764	504.255
93	49.273	503.8
94	49.783	503.424
95	50.378	503.028
96	50.888	502.664
97	53.011	501.059
98	53.521	500.687
99	53.861	500.489
100	54.031	500.4
101	54.116	500.364
102	54.456	500.255
103	54.626	500.21
104	55.05	500.15
105	56.41	500.034
106	57.259	499.993
107	57.684	499.939
108	57.854	499.903
109	58.024	499.851
110	58.364	499.717
111	58.873	499.454
112	59.383	499.169
113	59.893	498.85
114	60.487	498.456
115	60.912	498.221
116	61.082	498.148
117	61.507	498.001
118	62.017	497.934
119	63.631	497.927
120	64.14	497.905
121	64.65	497.807
122	64.735	497.78
123	65.245	497.582
124	65.67	497.356
125	65.754	497.309
126	66.264	496.954
127	66.774	496.588
128	67.029	496.391
129	67.369	496.121
130	67.878	495.694
131	69.492	494.374
132	70.512	493.57
133	72.126	492.229
134	72.636	491.831
135	73.57	491.155

136	74.675	490.332
137	75.269	489.843
138	75.609	489.547
139	76.034	489.193
140	76.289	488.987
141	76.798	488.602
142	77.393	488.231
143	78.413	487.7
144	78.922	487.407
145	79.517	487.044
146	80.027	486.761
147	80.536	486.564
148	81.046	486.466
149	81.131	486.46
150	81.556	486.444
151	83.085	486.424
152	83.765	486.426
153	84.699	486.414
154	85.634	486.421
155	86.8962	486.451

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica	1	4
Substrato roccioso	4	30
Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica	30	45
Substrato roccioso	45	60
Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica	60	94
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	94	117
Strade asfaltate e calcestruzzo	117	121
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	121	150
Strade asfaltate e calcestruzzo	150	154
Materiale fine (spessore>100cm)	154	155

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica**"Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.557	Normal	0.054	0.162	0.162
Rolling Resistance	0.9	None			

Substrato roccioso**"Substrato roccioso" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.41	None			
Tangential Restitution	0.895	None			
Dynamic Friction	0.576	Normal	0.13	0.39	0.39
Rolling Resistance	1.025	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo**"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders**Blocco V=4mc****Seeder Properties**

Name	Blocco V=4mc
Location	(-0.001, 560)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=4mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	1	None			
Vertical Velocity (m/s)	1	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.19mc**Seeder Properties**

Name Blocco V=0.19mc
Location (37.272, 515.944)

Rocks to Throw

Number of Rocks 1000 Per Rock Type
Rock Types Blocco V=0.19mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=1.04mc**Seeder Properties**

Name Blocco V=1.04mc
Location (27.147, 527.749)

Rocks to Throw

Number of Rocks 1000 Per Rock Type
Rock Types Blocco V=1.04mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	1	None			
Vertical Velocity (m/s)	1	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=0.19mc**Seeder Properties**

Name Blocco V=0.19mc
Location (18.696, 536.006)

Rocks to Throw

Number of Rocks 1000 Per Rock Type
Rock Types Blocco V=0.19mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	3	None			
Vertical Velocity (m/s)	3	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=1.04mc

Seeder Properties

Name Blocco V=1.04mc
 Location (2.303, 557.009)

Rocks to Throw

Number of Rocks 1000 Per Rock Type
 Rock Types Blocco V=1.04mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	1	None			
Vertical Velocity (m/s)	1	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types

Blocco V=1.04mc


Properties

Name Blocco V=1.04mc
 Color 
 Shapes Ellipse (5:6)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	2704	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=0.19mc


Properties

Name Blocco V=0.19mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	499.2	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Blocco V=4mc

Properties

Name Blocco V=4mc
 Color 
 Shapes Square

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	10400	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Barriers

BP-15

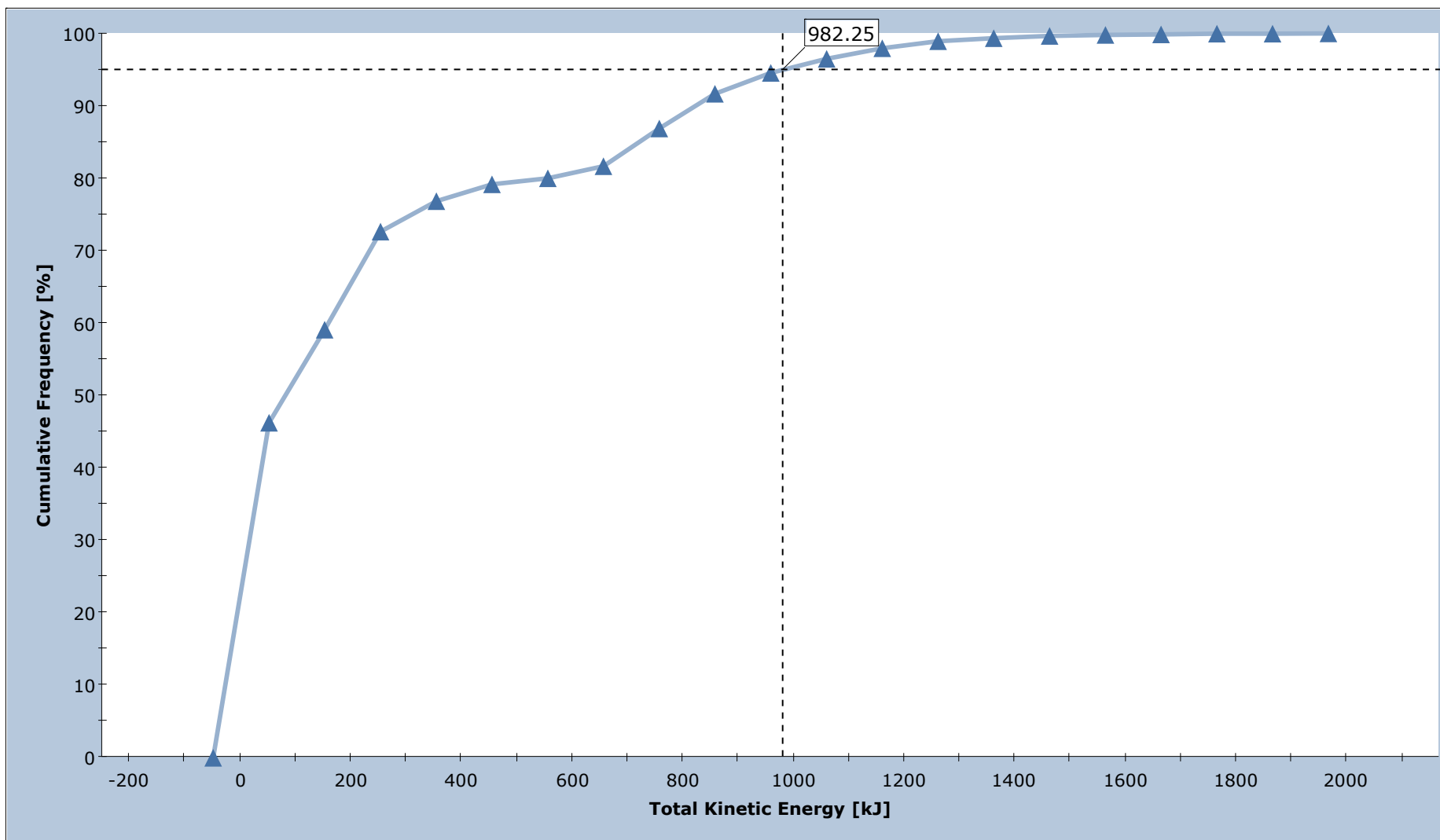
Name BP-15
 Type RMC 300/A
 Location (70.2027, 493.814) to (71.4501, 499.683)
 Height (m) 6

Barrier Types

"RMC 300/A" Properties

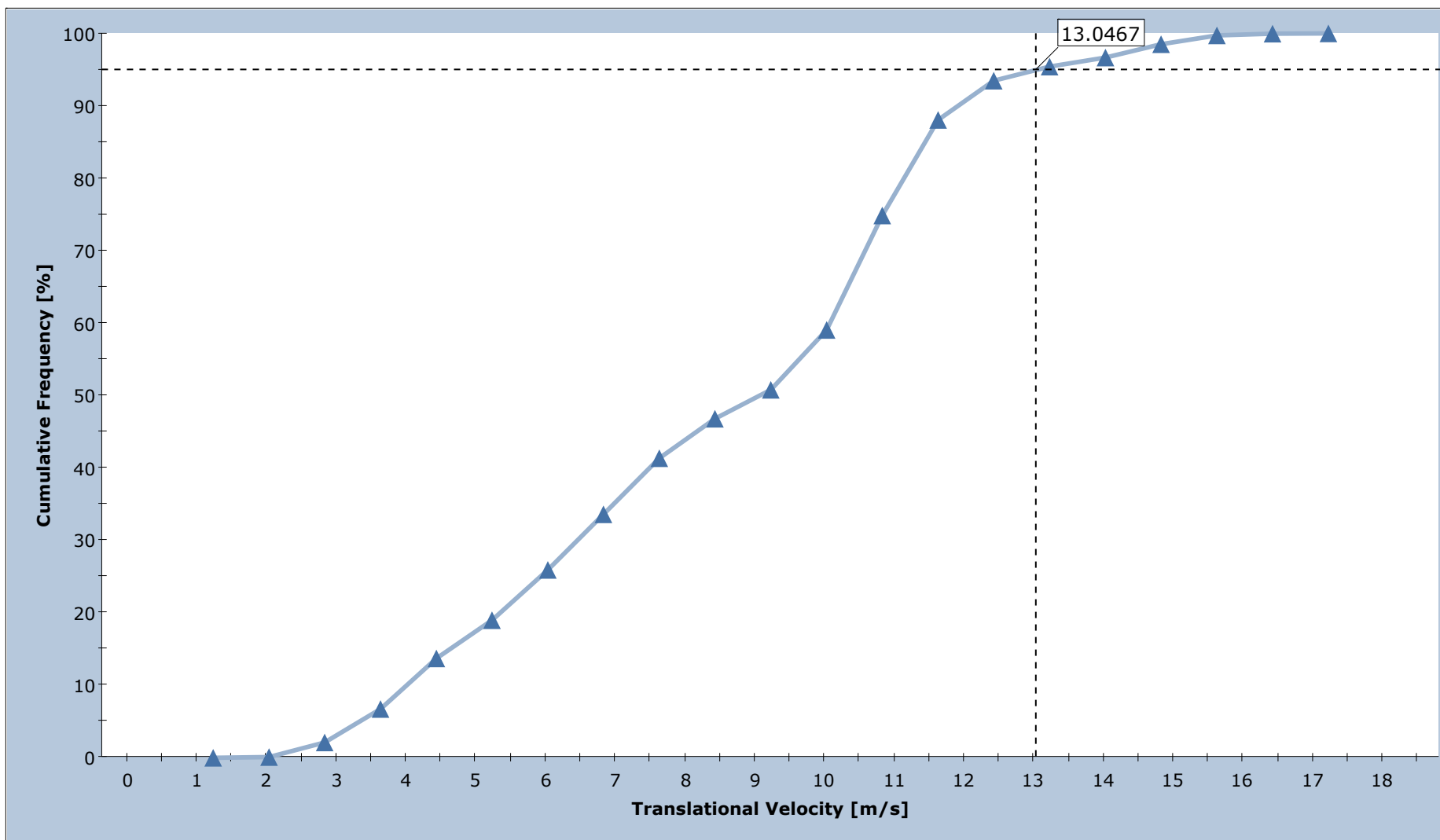
Name	RMC 300/A
Manufacturer	Maccaferri
Capacity Nominal (kJ)	3000
Capacity MEL (kJ)	3136
Capacity SEL1 (kJ)	1073
Elongation MEL (m)	6.05
Elongation SEL1 (m)	5.20
Residual Height MEL (%)	73.80
Residual Height SEL1 (%)	79.00

Total Kinetic Energy on BP-15



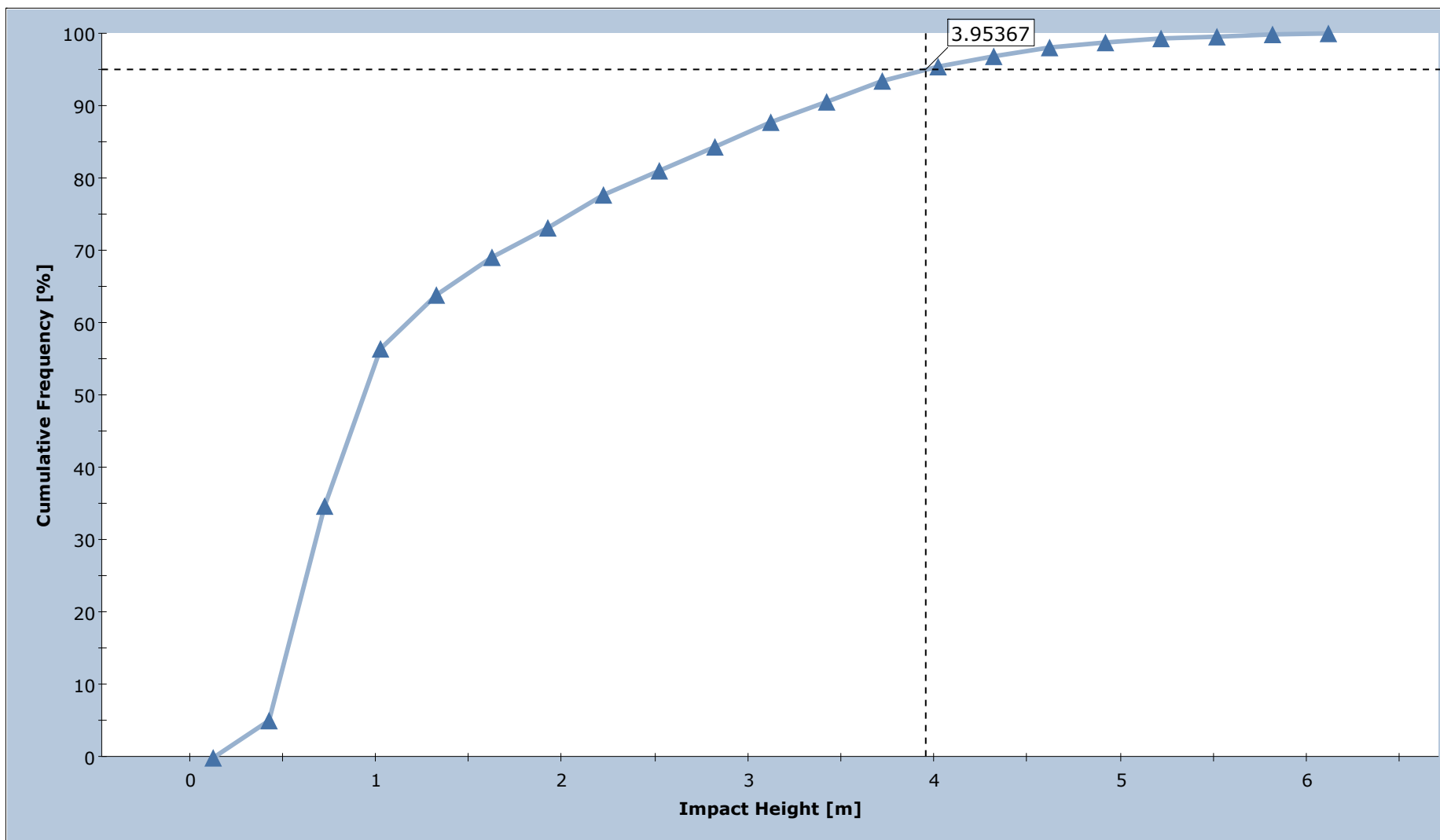
Total number of rocks on BP-15: 3060
Total Kinetic Energy: min = 2.45882, max = 1915.07

Translational Velocity on BP-15



Total number of rocks on BP-15: 3060
Translational Velocity: min = 1.64215, max = 16.8127

Impact Height on BP-15



Total number of rocks on BP-15: 3060
Impact Height: min = 0.278762, max = 5.96151

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-15
Capacity	Infinite
Height	6.00m
Hits	3060 / 5000 rocks
Height	6.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	3.98m	1.47m	0.28m	5.96m
Translational Velocity	12.95m/s	8.46m/s	1.64m/s	16.81m/s
Translation Energy	732.36kJ	192.20kJ	2.44kJ	1469.87kJ

Barrier Design

Name	RMC 300/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	3000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	3136kJ	6.0m	73.8%
SEL	1073kJ	5.2m	79.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	3136.00	kJ	
Maximum Elongation		6.05	m	
Residual Height		74	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	10400.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		4.000	m ³	
Rock Radius	R	0.985	m	
Separation Distance		8.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	3.98	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	12.95	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	1.20		
Barrier deformation	Y _d	1.30		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	10608.00	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	14.53	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	1344.03	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	5.46	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	7.87	m	D Y _d
Design Barrier Height		6.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		2613.33	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	1344.03 < 2613.33	Valid
Height	5.46 < 6.00	Valid
Elongation	7.87 < 8.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		4.4	m	

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name S.BP-16.fal5
 File Version 5.017

Date Created 07/10/2020

Project Settings

General Settings:

Engine Rigid Body
 Units Metric (m, kg, kJ)
 Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Maximum time per rock 5s
 Maximum steps per rock 10000
 Normal velocity cutoff 0.1m/s
 Stopped velocity cutoff 0.1m/s
 Maximum timestep 0.01s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
 Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	569.086		
2	0.211	568.643		
3	0.423	568.057		
4	0.635	567.407		
5	1.164	565.675		
6	1.693	563.838		
7	1.799	563.499		
8	2.116	562.576		
9	2.222	562.302		
10	2.434	561.807		
11	2.54	561.66		
12	2.857	561.338		
13	3.598	560.676		
14	4.127	560.14		
15	4.762	559.545		
16	5.185	559.225		
17	5.714	558.876		
18	5.82	558.794		
19	5.926	558.691		
20	6.243	558.355		
21	6.667	557.801		

22	7.09	557.294
23	7.513	556.849
24	7.937	556.463
25	8.466	555.829
26	8.677	555.539
27	8.889	555.023
28	9.101	554.451
29	9.736	552.614
30	10.159	551.439
31	10.265	551.213
32	10.476	550.833
33	10.688	550.488
34	10.9	550.172
35	11.006	550.055
36	11.641	549.562
37	11.852	549.375
38	12.17	549.047
39	12.487	548.685
40	13.228	547.891
41	13.651	547.489
42	13.969	547.151
43	14.392	546.592
44	15.027	545.702
45	15.556	545.044
46	16.403	544.029
47	16.72	543.627
48	16.932	543.34
49	17.461	542.503
50	17.779	542.05
51	18.308	541.403
52	18.519	541.169
53	19.26	540.301
54	19.578	539.991
55	20.107	539.447
56	21.482	538.166
57	22.223	537.418
58	22.858	536.855
59	23.387	536.419
60	24.128	535.739
61	24.657	535.203
62	25.292	534.528
63	25.61	534.219
64	25.927	533.929
65	26.774	533.265
66	27.197	532.952
67	27.726	532.609
68	28.361	532.221
69	28.467	532.142
70	29.102	531.569
71	29.525	531.081
72	29.737	530.854
73	30.054	530.551
74	30.266	530.364
75	30.901	529.926
76	31.324	529.605
77	31.536	529.434
78	32.171	528.862

79	32.912	528.297
80	33.335	527.954
81	33.441	527.851
82	34.182	526.967
83	34.605	526.507
84	35.134	526.017
85	36.51	524.852
86	37.568	523.977
87	37.991	523.6
88	38.52	523.082
89	39.155	522.403
90	39.579	522.013
91	40.214	521.467
92	40.743	520.982
93	41.907	519.723
94	43.177	518.491
95	43.706	518.008
96	44.235	517.566
97	44.764	517.103
98	45.822	516.137
99	46.775	515.116
100	46.987	514.897
101	47.092	514.803
102	47.41	514.547
103	47.621	514.391
104	48.362	513.914
105	48.68	513.722
106	49.315	513.291
107	49.738	512.965
108	50.373	512.426
109	50.902	512.07
110	51.431	511.765
111	51.855	511.459
112	52.066	511.295
113	52.701	510.751
114	53.019	510.457
115	53.548	509.853
116	54.077	509.225
117	54.183	509.116
118	54.289	509.033
119	54.5	508.907
120	54.712	508.801
121	54.818	508.764
122	54.923	508.746
123	55.347	508.701
124	55.876	508.716
125	56.299	508.709
126	57.04	508.656
127	57.569	508.63
128	57.887	508.56
129	58.098	508.494
130	58.31	508.373
131	58.627	508.159
132	59.051	507.795
133	60.321	506.627
134	60.85	506.107
135	61.379	505.606

136	62.331	504.799
137	62.86	504.385
138	64.236	503.35
139	64.765	502.935
140	66.459	501.547
141	66.776	501.301
142	66.988	501.143
143	67.728	500.665
144	68.046	500.465
145	68.363	500.296
146	68.681	500.141
147	69.104	499.989
148	69.316	499.935
149	69.739	499.857
150	70.268	499.828
151	72.067	499.772
152	73.443	499.671
153	74.078	499.599
154	74.29	499.546
155	74.607	499.441
156	74.819	499.336
157	75.242	499.089
158	76.724	498.074
159	77.359	497.614
160	77.888	497.21
161	78.734	496.453
162	80.004	495.369
163	80.533	494.97
164	81.168	494.53
165	82.015	494.001
166	82.756	493.558
167	83.285	493.313
168	83.814	493.217
169	84.343	493.182
170	84.766	493.175
171	86.46	493.19
172	86.883	493.174
173	86.989	493.161
174	87.412	493.068
175	87.518	493.036
176	87.941	492.875
177	88.047	492.822
178	88.47	492.572
179	89	492.222
180	90.058	491.407
181	90.587	491.033
182	91.116	490.71
183	91.539	490.476
184	92.174	490.15
185	92.703	489.864
186	93.233	489.549
187	94.291	488.873
188	94.714	488.638
189	94.82	488.59
190	95.243	488.429
191	95.772	488.312
192	96.302	488.27

193	97.254	488.234
194	98.947	488.208
195	100.429	488.231
196	101.593	488.191
197	102.969	488.164
198	103.498	488.193
199	104.027	488.238
200	104.556	488.251
201	104.979	488.23
202	105.72	488.166
203	106.461	488.13
204	107.096	488.131
205	107.625	488.145
206	108.26	488.127

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Substrato roccioso	1	10
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	10	24
Substrato roccioso	24	49
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	49	75
Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica	75	103
Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi	103	119
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	119	168
Strade asfaltate e calcestruzzo	168	174
Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali	174	192
Strade asfaltate e calcestruzzo	192	196
Materiale fine (spessore>100cm)	196	206

Material Properties

Materiale fine (spessore>100cm)

"Materiale fine (spessore>100cm)" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.28	None			
Tangential Restitution	0.78	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.5	None			

Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali

"Detrito di falda (diam<10cm); suolo compatto con piccoli massi; strade forestali" Properties

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.23	None			
Tangential Restitution	0.76	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.6	None			

Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi**"Detrito di falda (diam>10cm); suolo compatto con grandi massi" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.3	None			
Tangential Restitution	0.83	None			
Dynamic Friction	0.562	Normal	0.0867	0.2601	0.2601
Rolling Resistance	0.75	None			

Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica**"Substrato roccioso con materiale fine di degradazione meteorica" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.557	Normal	0.054	0.162	0.162
Rolling Resistance	0.9	None			

Substrato roccioso**"Substrato roccioso" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.41	None			
Tangential Restitution	0.895	None			
Dynamic Friction	0.576	Normal	0.13	0.39	0.39
Rolling Resistance	1.025	None			

Strade asfaltate e calcestruzzo**"Strade asfaltate e calcestruzzo" Properties**

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.85	None			
Dynamic Friction	0.559	Normal	0.118	0.354	0.354
Rolling Resistance	0.5	None			

Seeders**Blocco V=5.4mc****Seeder Properties**

Name	Blocco V=5.4mc
Location	(0.766, 569.873)

Rocks to Throw

Number of Rocks	1000 Per Rock Type
Rock Types	Blocco V=5.4mc

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	1	None			
Vertical Velocity (m/s)	1	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Blocco V=3.0mc


Seeder Properties						
Name	Blocco V=3.0mc					
Location	(8.516, 557.151)					
Rocks to Throw						
Number of Rocks	1000 Per Rock Type					
Rock Types	Blocco V=3.0mc					
Initial Conditions						
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max	
Horizontal Velocity (m/s)	1	None				
Vertical Velocity (m/s)	1	None				
Rotational Velocity (°/s)	0	None				
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360	

Blocco V=0.19mc


Seeder Properties						
Name	Blocco V=0.19mc					
Location	(31.368, 530.257)					
Rocks to Throw						
Number of Rocks	1000 Per Rock Type					
Rock Types	Blocco V=0.19mc					
Initial Conditions						
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max	
Horizontal Velocity (m/s)	3	None				
Vertical Velocity (m/s)	3	None				
Rotational Velocity (°/s)	0	None				
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360	

Rock Types

Blocco V=5.4mc


Properties						
Name	Blocco V=5.4mc					
Color						
Shapes	Ellipse (5:6)					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max	
Mass (kg)	14040	None				
Density (kg/m ³)	2600	None				

Blocco V=0.19mc

Properties						
Name	Blocco V=0.19mc					
Color						
Shapes	Oval (2:3)					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max	
Mass (kg)	499.2	None				
Density (kg/m ³)	2600	None				

Blocco V=3.0mc

Properties

Name Blocco V=3.0mc
 Color 
 Shapes Oval (2:3)

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	7800	None			
Density (kg/m ³)	2600	None			

Barriers

BP-16

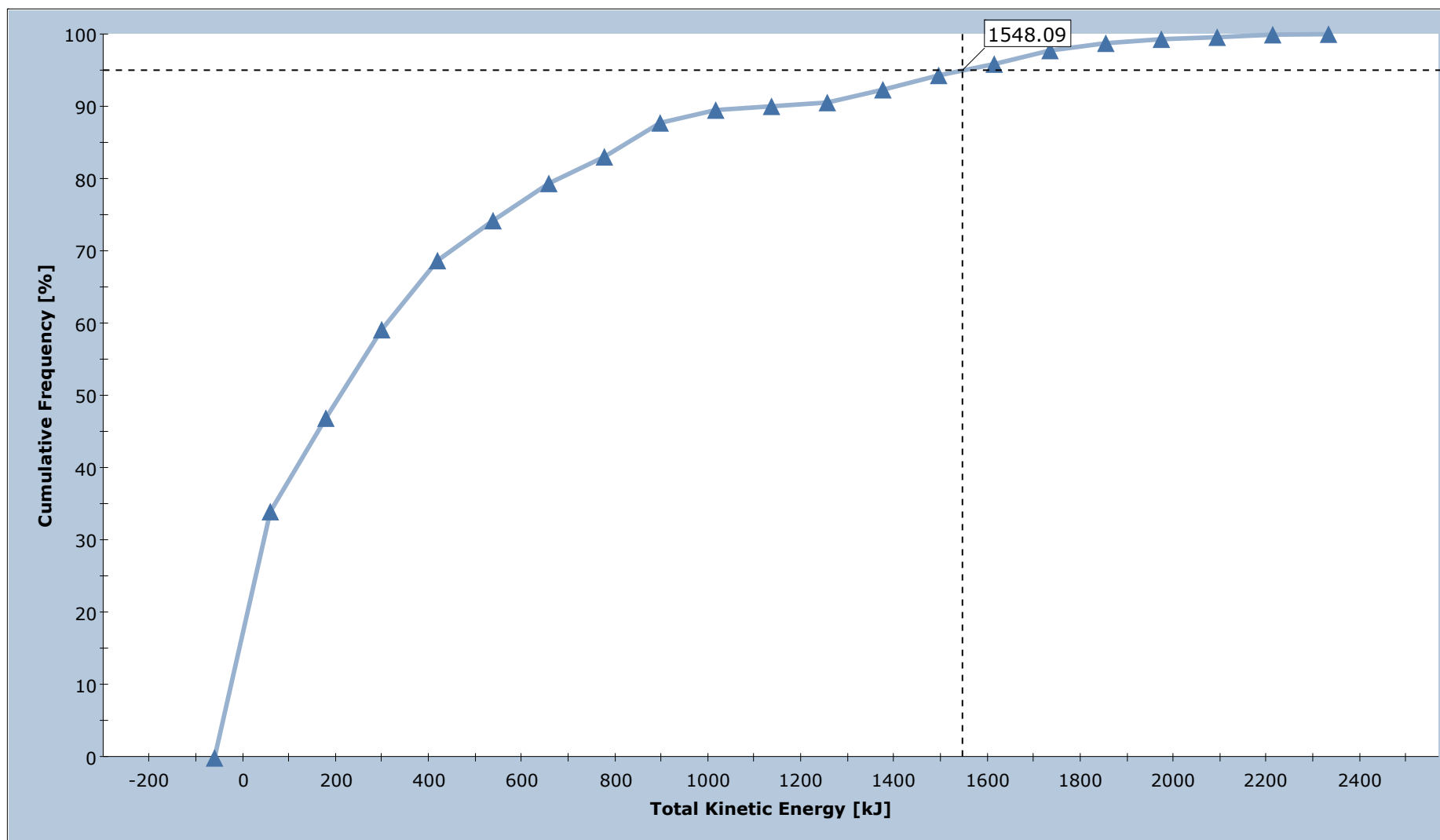
Name BP-16
 Type RMC 300/A
 Location (83.2981, 493.311) to (84.5456, 499.18)
 Height (m) 6

Barrier Types

"RMC 300/A" Properties

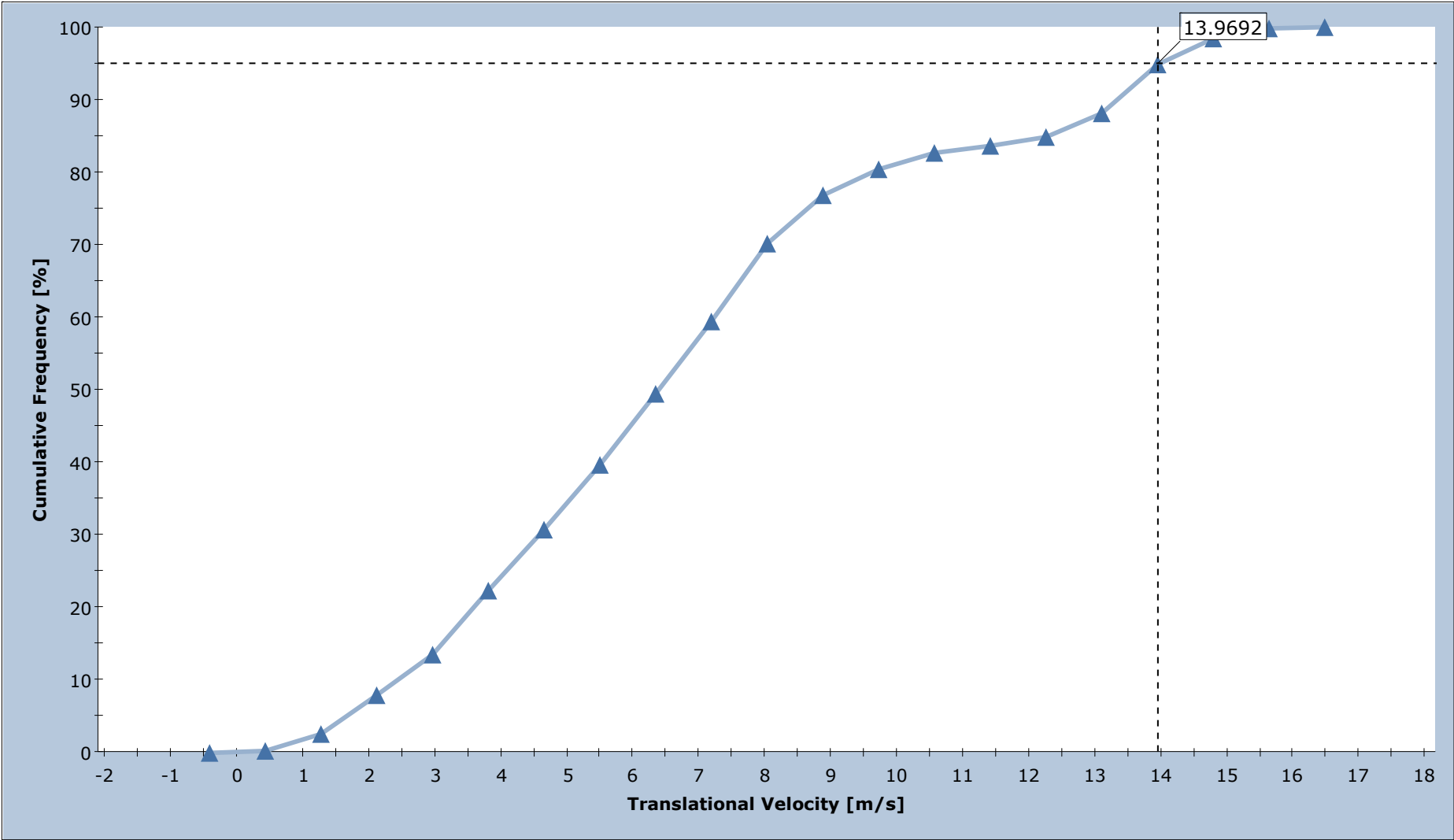
Name RMC 300/A
 Manufacturer Maccaferri
 Capacity Nominal (kJ) 3000
 Capacity MEL (kJ) 3136
 Capacity SEL1 (kJ) 1073
 Elongation MEL (m) 6.05
 Elongation SEL1 (m) 5.20
 Residual Height MEL (%) 73.80
 Residual Height SEL1 (%) 79.00

Total Kinetic Energy on BP-16



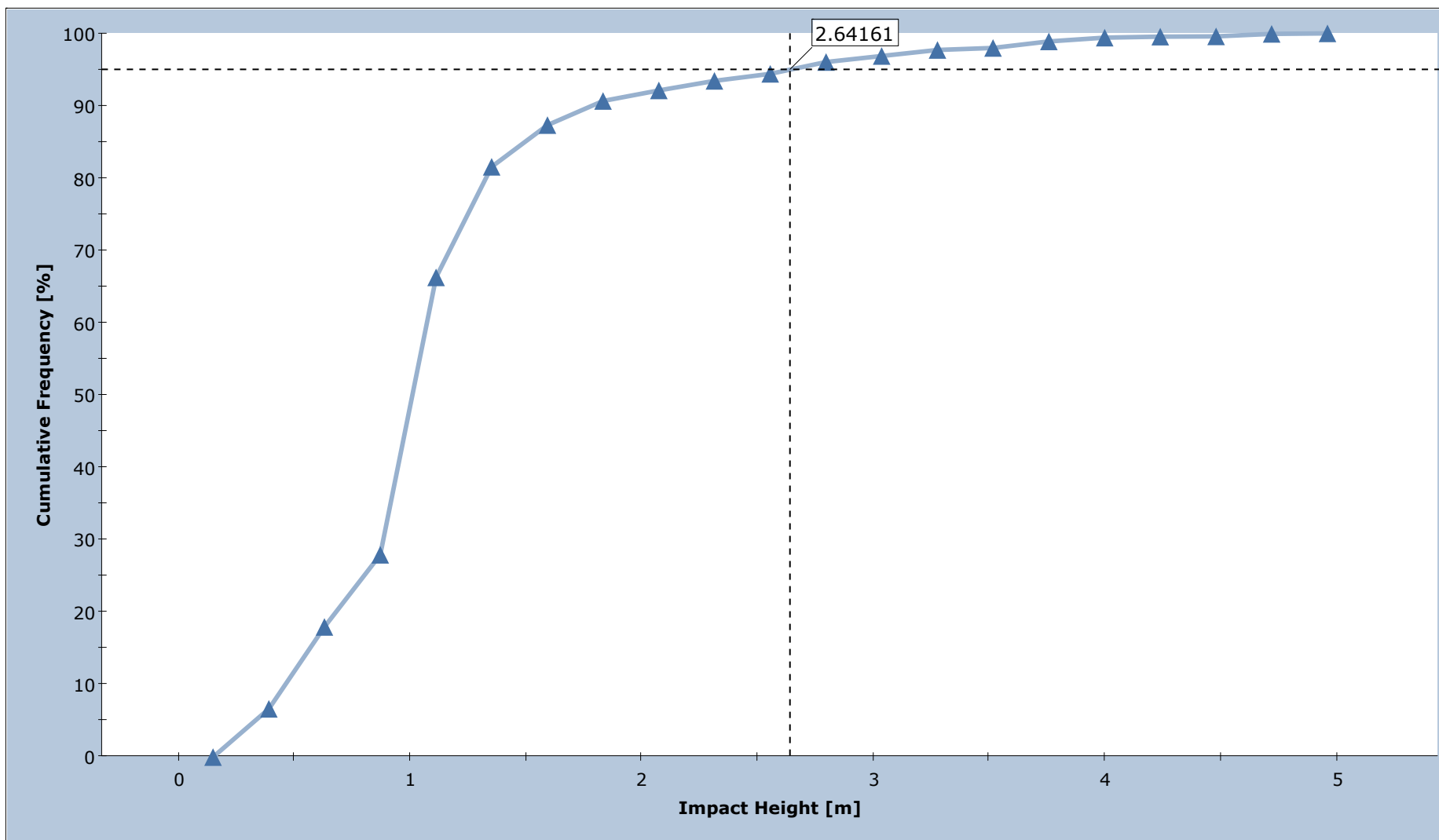
Total number of rocks on BP-16: 1736
Total Kinetic Energy: min = 0.000690217, max = 2271.01

Translational Velocity on BP-16



Total number of rocks on BP-16: 1736
Translational Velocity: min = 0.00991572, max = 16.0498

Impact Height on BP-16



Total number of rocks on BP-16: 1736
Impact Height: min = 0.271458, max = 4.83671

Barrier Report

Barrier Entity Properties

Barrier Name	BP-16
Capacity	Infinite
Height	6.00m
Hits	1736 / 3000 rocks
Height	6.00m

Impact Statistics

Based on actual values for all impacted rocks.

	95% Percentile	Mean	Minimum	Maximum
Impact Height	2.62m	1.13m	0.27m	4.84m
Translational Velocity	13.95m/s	6.88m/s	0.01m/s	16.05m/s
Translation Energy	1286.25kJ	304.63kJ	0.00kJ	1808.32kJ

Barrier Design

Name	RMC 300/A
Manufacturer	Maccaferri
Nominal Capacity	3000.0kJ

Tested Values	Capacity	Elongation	Residual Height
MEL	3136kJ	6.0m	73.8%
SEL	1073kJ	5.2m	79.0%

Verification

Based on selected percentile for height and velocity of impacted rocks and supplied parameters.

Design Parameters				
Design Procedure		MEL		

Barrier Parameters				
Capacity	C	3136.00	kJ	
Maximum Elongation		6.05	m	
Residual Height		74	%	

Input Parameters				
Rock Mass	M	14040.00	kg	
Rock Density		2600.00	kg/m ³	
Rock Volume		5.400	m ³	
Rock Radius	R	1.088	m	
Separation Distance		8.00	m	
Free Border		0.00	m	

Model Output				
Impact Height	H _t	2.62	m	95 th percentile
Impact Velocity	V _t	13.95	m/s	95 th percentile

Safety Coefficients				
Quality of topographic survey	Y _{dp}	1.02		
Precision of block survey	Y _{vol}	1.02		
Evaluation of the unit weight of rock	Y _γ	1.00		
Reliability of rockfall simulation	Y _{tr}	1.10		
Impact energy	Y _i	1.20		
Barrier capacity	Y _e	1.20		
Barrier deformation	Y _d	1.30		
Radius of block	Y _r	1.00		

Design Parameters				
Design Mass	M _d	14320.80	kg	M Y _{vol} Y _γ
Design Velocity	V _d	15.65	m/s	V _t Y _{tr} Y _{dp}
Design Energy	E _d	2104.47	kJ	(0.5 M _d V _d ²) Y _i
Design Impact Height	H _d	4.03	m	H _t Y _{tr} Y _{dp} + R Y _r
Design Barrier Deformation	D _d	7.87	m	D Y _d
Design Barrier Height		6.00	m	H _{total} f _{min}
Design Barrier Capacity		2613.33	m	E _{barrier} / Y _e

Verification		
Energy	2104.47 < 2613.33	Valid
Height	4.03 < 6.00	Valid
Elongation	7.87 < 8.00	Valid

Residual Height				
Barrier Height		4.4	m	