



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



Ausbau Eisenbahnachse München-Verona

BRENNER BASISTUNNEL

Ausführungsprojekt

Potenziamento Asse Ferroviario Monaco-Verona

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progetto Esecutivo

Sub-Baulos Hauptbauwerke Eisackunterquerung Sublotto di costruzione Opere Principali Sottoattraversamento Isarco

Fachbereich	Settore
08 - Verlegung Bestandsstrecke	08 – Spostamento linea storica
Dokumentenart	Tema
Streckenplanung und Bauwerksplanung	Progettazione del tracciato e dell'opera
Dokumentenart	Tipo documento
Fachbericht	Relazione specialistica
Titel	Titolo
Bericht Steinschlagschutz	Relazione sulle Barriere Paramassi

Ausführende Unternehmen / Imprese esecutrici		Beauftragte / Mandataria:		Bearbeitung des Dokuments / Elaborazione del documento	rpa	Datum/Data	Name/Nome			
 Auftraggeber / Mandanti:		 CONSORZIO COOPERATIVE COSTRUZIONI Società cooperativa						E. Coluzzi		
Koordinierung / Coordinamento		Beauftragte / Mandataria:		Bearbeitet / Elaborato		30.11.2015	E. Coluzzi			
 Sezione A N° 829		 Sezione A N° 829		Geprüft / Verificato		30.11.2015	D. Bonadies			
Ergänzung fachmännische Dienstleistungen Integrazione prestazioni specialistiche Dott. Ing. Dino Bonadies		 GESTIONE PROGETTI D'INGEGNERIA srl		Freigegeben / Autorizzato		30.11.2015	N. Meistro			
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO – BRENNER BASISTUNNEL BBT SE				Gesehen BBT / Visto BBT_RUP			A. Lombardi			
Projekt-kilometer / Progressiva di progetto		Bau- kilometer / Chilometro opera		Masstab / Scala		-				
von / da 54+015 bis / a 56+100 bei / al		von / da bis / a bei / al		Status Dokument / Stato documento						
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Fachbereich Settore	Thema Tema	ID Numm. Num. ID	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Dok.art Tipo doc.	Revision Revisione
02	H71	AF	002	08	01	009.00	B0115	00364	RT5	01



Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
02			
01	Anmerkungen BBT/ Osservazioni BBT	E. Coluzzi	30.11.2015
00	Erstversion Prima Versione	E. Coluzzi	06.08.2015

Sommario

1	INTRODUZIONE	5
2	INQUADRAMENTO GENERALE	7
2.1	IL LOTTO DI COSTRUZIONE "SOTTOATTRA-VERSAMENTO ISARCO"	7
2.1.1	BAUWERKE ZUM SUB-BAULOS "VORBEREITUNGS-MAßNAHMEN EISACKUNTERQUERUNG	7
2.1.1	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PROPEDEUTICHE SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"	7
2.2	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"	8
2.3	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE	11
3	ANALISI E VERFICHE BARRIERE PARAMASSI	13
3.1	PREMESSA	13
3.2	GEOMETRIA	14
3.3	CARATTERISTICHE DEI PENDII	15
3.4	ANALISI DI CADUTA MASSI	16
3.5	DIMENSIONAMENTO DELLE BARRIERE PARAMASSI	19
4	FONDAZIONI BARRIERE PARAMASSI	25
4.1	INTRODUZIONE	25
4.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	25
4.3	RESISTENZE CARATTERISTICHE E DI PROGETTO	27
4.3.1	FUNDAMENTBÖDEN	27
4.3.1	TERRENI DI FONDAZIONE	27
4.3.2	ZEMENTEINSPRITZUNG (FÜR DIE BARRIEREN 1500, 2000, 3000 KJ)	28
4.3.2	INIEZIONI CEMENTIZIE (PER LE BARRIERE 500, 1500, 2000, 3000 KJ)	28
4.3.3	PROFILATI TUBOLARI PER BARRIERE 500 kJ, 1500 KJ, 2000 KJ, 3000 KJ	29
4.3.3	PROFILATI TUBOLARI PER BARRIERE 500 kJ, 1500 KJ, 2000 KJ, 3000 KJ	29
4.3.4	29	
4.3.4	ACCIAIO PER ANCORAGGI IN FUNE SPIROIDALE PER BARRIERE 500 kJ	29
4.3.5	29	
4.3.5	ACCIAIO PER ANCORAGGI IN FUNE SPIROIDALE PER BARRIERE 1500, 2000 e 3000 kJ	29
4.3.6	29	
4.3.6	ACCIAIO IN BARRA PER ANCORAGGI BARRIERE 500 KJ	29
4.3.7	30	
4.3.7	ACCIAIO IN BARRA PER ANCORAGGI BARRIERE 1500 KJ	30
4.3.8	30	
4.3.8	ACCIAIO IN BARRA PER ANCORAGGI BARRIERE 2000 KJ, 3000 KJ	30

Fachbereich:

Settore: Spostamento linea storica

Thema:

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

4.4	APPROCCIO DI CALCOLO	30
4.5	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO	31
4.5.1	31	
4.5.1	BARRIERA DA 500 KJ	31
4.5.2	35	
4.5.2	BARRIERA DA 1500 KJ	35
4.5.3	37	
4.5.3	BARRIERA DA 2000 KJ	37
4.5.4	38	
4.5.4	BARRIERA DA 3000 KJ	38
4.6	VERIFICHE	39
4.6.1	39	
4.6.1	BARRIERA DA 500 KJ	39
4.6.2	44	
4.6.2	BARRIERA DA 1500 KJ	44
4.6.3	49	
4.6.3	BARRIERA DA 2000 KJ	49
4.6.4	54	
4.6.4	BARRIERA DA 3000 KJ	54
4.7	CONCLUSIONI	60

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

1 EINLEITUNG

Das Baulos "Eisackunterquerung" bildet den südlichsten Teil des Brenner Basistunnels vor der Einfahrt in den Bahnhof Franzensfeste und liegt ca. 1 km nördlich von Franzensfeste, in der Ortschaft Oberau in der Provinz Bozen.

Das Baulos umfasst im Wesentlichen die unterirdischen Rohbauarbeiten und die Außenarbeiten, welche im Arbeitsplan 2010 und nachfolgenden Aktualisierungen des Brenner Basistunnels angegeben sind.

Die geplanten Arbeiten bilden daher "ein nicht funktionstechnisches Baulos", das zum Gesamtprojekt des Brenner Basistunnels gehört.

Die Projekt- und funktionalen Anforderungen der geplanten Bauwerke entsprechen jenen des Einreichprojektes des Brenner Basistunnels, das von den zuständigen Behörden genehmigt worden ist.

Die geplanten Bauwerke umfassen ferner die im Zuge der diversen Genehmigungsverfahren erteilten Auflagen, die Optimierungen, die detaillierte Beschreibung der im Rahmen der grenzüberschreitenden Regelplanung erarbeiteten Standards sowie die Ergebnisse der im Zeitraum 2010-2011 durchgeführten zusätzlichen Bohrkampagnen und danach im Jahr 2015 der vorbereitenden Maßnahme zur Erstellung des Ausführungsprojekts, mit besonderer Bezugnahme auf die Aktualisierung des hydrogeologischen Modells.

Festgelegte Schnittstellen und Baustandards erlauben die Einbindung von Infrastrukturen und Anlagen der unterschiedlichen Baulose nach dem Brenner-Basistunnel-Arbeitsplan, zu dem das Baulos "Eisackunterquerung" gehört.

Das Baulos "Eisackunterquerung" ist wiederum in die 2 folgenden Sub-Baulose unterteilt:

- Sub-Baulos "Vorbereitungsmaßnahmen Eisack-Unterquerung", wozu der Ausführungsplan erarbeitet worden ist
- Sub-Baulos "Hauptbauwerke Eisackunterquerung", das Gegenstand des

1 INTRODUZIONE

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco", costituisce la parte estrema meridionale della Galleria di Base del Brennero prima dell'accesso nella stazione di Fortezza, ed è ubicato ca. 1 Km a nord dell'abitato di Fortezza, in località Prà di Sopra, in Provincia di Bolzano.

Il lotto di costruzione comprende essenzialmente le opere civili grezze in sotterraneo e le opere esterne individuate dal programma lavori 2010 e successivi aggiornamenti della Galleria di Base del Brennero.

Le opere progettate costituiscono pertanto un "lotto costruttivo non funzionale" facente parte del progetto complessivo della Galleria di Base del Brennero.

I requisiti di progetto e funzionali delle opere progettate rispondono a quelli del progetto definitivo della Galleria di Base del Brennero che ha ottenuto l'approvazione da parte delle autorità competenti.

Le opere progettate inoltre recepiscono le prescrizioni impartite nel corso dei diversi iter autorizzativi, le ottimizzazioni e le specificazioni di standard elaborati nell'ambito della progettazione guida transfrontaliera, nonché i risultati delle campagne geognostiche integrative effettuate negli anni 2010-2011, e successivamente nel 2015 propedeutica alla predisposizione del progetto esecutivo, con particolare riferimento all'aggiornamento del modello idrogeologico.

Le interfacce e gli standard di costruzione definiti consentono l'integrazione delle infrastrutture e delle dotazioni impiantistiche dei diversi lotti di costruzione previsti dal programma lavori della Galleria di base del Brennero, tra i quali è compreso il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco".

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco" è suddiviso a sua volta nei 2 seguenti sublotti:

- sublotto di costruzione "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco", del quale è stato elaborato il progetto esecutivo;
- sublotto "Opere principali Sottoattraversamento

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

vorliegenden Ausführungsplans ist.

Isarco" oggetto del presente progetto esecutivo.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

2 ALLGEMEINE EINORDNUNG

2.1 DAS BAULOS "EISACKUNTERQUERUNG"

Die Lage der durch die Arbeiten betroffenen Bereiche sowie die Baulosabgrenzungen können den Projektplänen entnommen werden, auf die hiermit verwiesen wird.

Zur Standortermittlung wird festgehalten, dass die in den Planungsunterlagen verwendete Haupttunnelkilometrierung mit der der Gesamtwerke übereinstimmt, wobei für den Ost-Tunnel (Gleis 1) der Innsbrucker Bahnhof maßgebend ist, während sich die Verbindungstunnelkilometrierungen auf die jeweiligen Entzweigungspunkte der Verbindungstunneltrassen der Haupttunnel beziehen.

2.1.1 BAUWERKE ZUM SUB-BAULOS "VORBEREITUNGS-MAßNAHMEN EISACKUNTERQUERUNG"

Die Bauwerke des Sub-Bauloses "Vorbereitende Bauwerke Eisackunterquerung", die kein Bestandteil des betreffenden Ausführungsprojektes sind, umfassen im Wesentlichen:

- Variante zur Brenner Staatsstraße Nr. 12 von km 490 + 500 bis km 491 + 500, einschl. einer neuen Brücke über dem Weißenbach, wobei die überschrittenen Unterdienststellen verlegt und eine Zufahrt zum Baustellenbereich fertiggestellt werden müssen
- Eisackbrücke
- Brenner Eisenbahnunterquerung bei km 200 + 400
- Verkehrswege innerhalb der Baustelle

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 IL LOTTO DI COSTRUZIONE "SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"

L'ubicazione delle aree interessate dai lavori ed i limiti del lotto di costruzione sono rilevabili negli elaborati progettuali ai quali si rimanda.

Ai fini della localizzazione delle opere, si stabilisce che la progressivazione delle gallerie principali utilizzata nei documenti delle progettazioni è quella generale dell'Opera, riferita per la galleria Est (binario dispari) alla stazione di Innsbruck, mentre la progressivazione delle interconnessioni sono riferite al loro punto di sfioro dei tracciati delle interconnessioni da quelle delle gallerie principali.

2.1.1 OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PROPEDEUTICHE SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"

Le opere del sublotto "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco", le quali non fanno parte del progetto esecutivo in oggetto, consistono essenzialmente in:

- Variante alla S.S.12 del Brennero dal km 490 + 500 al km 491 + 500, compreso un nuovo ponte sul Rio Bianco, con spostamento dei sottoservizi interferiti e realizzazione di un accesso all'area di cantiere;
- Ponte sull'Isarco;
- Sottopasso alla linea ferroviaria del Brennero, al km 200 + 400;
- Viabilità interna di cantiere.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

2.2 BAUWERKE DES SUB-BAULOSSES "HAUPTBAUWERKE EISACKUNTERQUERUNG"

Die Arbeiten zum Sub-Baulos "Hauptbauwerke Eisackunterquerung", welche zum Einreichprojekt gehören, bestehen im Wesentlichen aus:

Haupttunnel:

1. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise) von km 54+015.00 (Los-Anfang) bis km 54+600.67 wovon:
 - von km 54+015.00 bis km 54+465.00 in zweigleisiger bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
 - von km 54+465.00 bis km 54+600.67 in zweigleisigem Abzweigtunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- West-Haupttunnel – Gleis 2 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise) von km 54+042.00 (Los-Anfang) bis km 54+598.85 wovon:
 - von km 54+042.00 bis km 54+440.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
 - von km 54+440.00 bis km 54+598.85 im zweigleisigen Abzweigtunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

2. Abschnitt (Eisackunterquerung)

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)
von km 54+600.67 bis km 54+700.77 (einschl. Tunnelzutrittschächte) im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- West-Haupttunnel– Gleis 2 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)
von km 54+598.85 bis km 54+711.07 (einschl. Tunnelzutrittschächte) im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

3. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)
von km 54+700.77 bis km 54+968.00 im

2.2 OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"

Le opere del sublotto "Opere principali Sottoattraversamento Isarco", che fanno parte del progetto esecutivo, consistono essenzialmente in:

Gallerie principali

1° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale) da pk 54+015.00 (inizio lotto) a pk 54+600.67 di cui:
 - da pk 54+015.00 a pk 54+465.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 54+465.00 a pk 54+600.67 in galleria naturale di diramazione a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)
- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale) da pk 54+042.00 (inizio lotto) a pk 54+598.85 di cui:
 - da pk 54+042.00 a pk 54+440.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 54+440.00 a pk 54+598.85 in galleria naturale di diramazione a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

2° tratto (Attraversamento Fiume Isarco)

- Galleria principale est – binario dispari – (tratto galleria naturale)
da pk 54+600.67 a pk 54+700.77 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- Galleria principale ovest – binario pari – (tratto galleria naturale)
da pk 54+598.85 a pk 54+711.07 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)

3° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale)
da pk 54+700.77 a pk 54+968.00 in galleria

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

- West-Haupttunnel- Gleis 2 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)

von km 54+711.07 bis km 54+916.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)

- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria naturale)

da pk 54+711.07 a pk 54+916.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)

4. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in offener Bauweise)

von km 54+968.00 bis km 55+060.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)

- West-Haupttunnel- Gleis 2 – (Abschnitt in offener Bauweise)

von km 54+916.00 bis km 55+018.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)

4° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria artificiale)

da pk 54+968.00 a pk 55+060.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)

- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria artificiale)

da pk 54+916.00 a pk 55+018.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)

5. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)

von km 55+060.00 bis km 56+100.00 (Los-Ende) wovon:

- von km 55+060.00 bis km 55+485.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- von km 55+485.00 bis km 56+100.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

5° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale)

da pk 55+060.00 a pk 56+100.00 (fine lotto) di cui:

- da pk 55+060.00 a pk 55+485.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- da pk 55+485.00 a pk 56+100.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

Hinweis: Der Tunnelvortrieb endet im Fels. Portalbauwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.

Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.

- West-Haupttunnel – Gleis 2 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)

von km 55+018.00 bis km 56+190.00 (Los-Ende), davon:

- von km 55+018.00 bis km 55+549.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- von km 55+549.00 bis km 56+190.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale)

da pk 55+018.00 a pk 56+190.00 (fine lotto) di cui:

- da pk 55+018.00 a pk 55+549.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- da pk 55+549.00 a pk 56+190.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Hinweis: Der Tunnelvortrieb endet im Fels. Die Portalbauwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.

Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.

Verbindungstunnel

- Verbindungstunnel Ost – Gleis 1
- “Abzweigabschnitt vom Haupttunnel zum Los-Ende”
- von km 1+971.44 (km 54+600.67 Ost-Haupttunnel – Gleis 1) bis km 2+683.62 wovon:
 - von km 1+971.44 bis km 2+069.97 (einschl. Tunnelzutrittschächte) in bergmännischer Bauweise eingleisige Eisackunterquerung (Vortrieb und Innenschale)
 - von km 2+069.97 bis km 2+270.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)
 - von km 2+270.00 bis km 2+525.00 Eingleisiger Bahnkörper in Wannenbauwerk (Vortrieb und Bauarbeiten)
 - von km 2+525.00 bis km 2+683.62 Bahnkörper in Dammlage / im Einschnitt (Vortrieb und Bauarbeiten)
- West-Verbindungstunnel – Gleis 2
- “Abzweigabschnitt vom Haupttunnel zum Los-Ende”
- von km 1+693.13 (km 54+598.85 West-Haupttunnel– Gleis 2) bis km 2+550.00 wovon:
 - von km 1+693.13 bis km 1+795.86 (einschl. Tunnelzutrittschächte) in bergmännischer Bauweise eingleisige Eisackunterquerung (Vortrieb und Innenschale)
 - von km 1+795.86 bis km 2+550.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

Hinweis: Der Tunnelvortrieb endet im Fels. Die Portalwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.

Verlagerung der historischen FS-Eisenbahntrasse

- von km 199+935 ca. bis km 200+900 ca. (Gleis 2) der vorhandenen Eisenbahntrasse Verona Brenner über eine Länge von m 965 ca. (Fertigstellung der neuen Fahrbahnbreite und Rüstung, Inbetriebnahme).

Klein- und Nebenbauwerke

Dieses Baulos umfaßt die folgenden Kleinbauwerke:

Interconnessioni

- Interconnessione est – binario dispari
- “tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto”
- da pk 1+971.44 (pk 54+600.67 Galleria principale est – binario dispari) a pk 2+683.62 di cui:
 - da pk 1+971.44 a pk 2+069.97 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 2+069.97a pk 2+270.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)
 - da pk 2+270.00 a pk 2+525.00 Corpo stradale ferroviario a binario singolo con scavo “a vascone” (scavo e opere civili)
 - da pk 2+525.00 a pk 2+683.62 Corpo stradale ferroviario in rilevato/trincea (scavo e opere civili)
- Interconnessione ovest – binario pari
- “tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto”
- da pk 1+693.13 (pk 54+598.85 Galleria principale ovest – binario pari) a pk 2+550.00 di cui:
 - da pk 1+693.13 a pk 1+795.86 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in gallerianaturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 1+795.86 a pk 2+550.00 in galleria naturale a binario singolo (scavo e rivestimento definitivo)

Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.

Spostamento linea storica FS

- da pk 199+935 ca. a pk 200+900 ca. (binario pari) della linea ferroviaria esistente Verona Brennero, per una lunghezza di m 965 ca. (realizzazione della nuova sede ferroviaria e attrezzaggio, messa in esercizio).

Opere minori e accessorie

Sono comprese nel lotto di costruzione le seguenti opere minori:

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

- Schächte und Notausgänge (Vortrieb und Innenschale).
- Querverbindungsgänge (Vortrieb und Innenschale)
- zusätzliche Bauwerke am Abschnitt der verlagerten FS-Eisenbahnstrecke
- Sicherheitsmaßnahmen gegen Steinschlag über der historischen Eisenbahntrasse von ca. km 199+000 bis ca. km 200+265
- Umwelt-Instandsetzungsmaßnahmen und endgültige Bereinigung des Eisack-Flusses sowie der durch die Arbeiten betroffenen Bereiche.
- Zufahrtsstraßen zum Erste-Hilfe-Bereich beim Verbindungsportal 2 bis km 0+275 ca.
- pozzi e uscite di emergenza (scavo e rivestimento definitivo)
- cunicoli trasversali di collegamento (scavo e rivestimento definitivo)
- opere complementari in corrispondenza del tratto di linea FS spostata
- interventi di messa in sicurezza contro la caduta massi sopra la linea storica da ca. km 199+000 a ca. km 200+265
- interventi di ripristino ambientale e sistemazione finale del fiume Isarco e delle aree interessate dai lavori
- viabilità di accesso alla zona di soccorso presso il portale interconnessione pari fino alla pk 0+275 ca.

Weiterer Bestandteil des Sub-Bauprojektes ist die Fertigstellung aller Nebenarbeiten bzw. solcher von kleinem Umfang, welche im betreffenden Bereich der Maßnahmen liegen, deren Ausführung sich zur vollständigen Werkfertigstellung als erforderlich und/oder zweckmäßig erweist.

Costituiscono inoltre parte integrante del progetto del sublotto di costruzione, la realizzazione di tutte le opere accessorie e di piccole dimensioni che ricadono nel tratto oggetto dell'intervento, la cui realizzazione risulta necessaria e/o funzionale alla compiuta esecuzione delle opere.

2.3 BAUWERKE DES SUB-BAULOSES "HAUPTBAUWERKE EISACKUNTERQUERUNG", DIE NICHT BESTANDTEIL DER PLANUNG SIND

2.3 OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE

Die folgenden Bauwerke und Anlagen sind in vorliegender Planung nicht enthalten:

Le seguenti opere ed impianti sono escluse dalla presente progettazione:

- **Bahnanlagen** zur Versorgung der Haupttunnel und der Verbindungstunnel, im Wesentlichen bestehend aus:
 - Fahrbahn
 - Erschütterungsschutzmaßnahmen
 - Anlagen für das Bahnstromsystem und die Energieversorgung
 - Fernmelde- und Überwachungssysteme
 - Steuerungs- und Sicherungssysteme
 - Maschinentechnische Anlagen (wie im Einreichprojekt 2008 angegeben)
 - Anlage zur Überwachung der Baustelle und der Positionierung der Personen.
- **Portalbauwerke der beiden Haupttunnel Ost und West** (Gleis 1 und 2) und die ersten
- **Impianti ferroviari** a servizio delle gallerie principali e delle interconnessioni costituiti essenzialmente da:
 - sovrastruttura
 - interventi per la mitigazione dalle vibrazioni
 - impianti di trazione elettrica e approvvigionamento energetico
 - sistemi di telecomunicazione e sorveglianza
 - sistemi di comando/controllo
 - impianti meccanici (come definiti nel progetto definitivo 2008)
 - impianto di sorveglianza cantiere e localizzazione delle persone.
- **Opere di portale delle due gallerie principali est ed ovest** (binari dispari e pari) e i tratti

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: **Relazione sulle barriere paramassi**

Strecken dieser Tunnel laut den zuvor festgelegten Los-Begrenzungen.

- **Portalbauwerke des Verbindungstunnels Gleis 1** und der erste Abschnitt dieses Tunnels laut zuvor festgelegter Los-Begrenzung.
- **Bauwerke am Verbindungsportal Gleis 1** und die zugehörigen Zufahrtsstraßen von km 0+275 ca. bis km 0+400 ca. und am Rückhaltebecken Holer Graben.
- Bauwerke in bezug auf den **Bahnhofsbereich von Franzensfeste**.
- **Rückhaltebecken Holer Graben und Hohewand** mit zugehörigen Zufahrtsstraßen.
- **Opere di portale della galleria d'interconnessione pari** ed il tratto iniziale della medesima galleria, secondo il limite di lotto precedentemente definito.
- **Opere presso il portale d'interconnessione pari** e la relativa viabilità di accesso dalla pk 0+275 ca. alla pk 0+400 ca. ed al Bacino di ritenuta Holer Graben.
- Opere riferite all'ambito della **stazione di Fortezza**.
- **Bacini di ritenuta Holer Graben e Hohewand** e la relativa viabilità di accesso.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

3 ANALYSEN UND PRÜFUNGEN DER STEINSCHLAGBARRIEREN

3.1 EINLEITUNG

Der vorliegende Bericht bezieht sich auf die Arbeiten zum Steinschlagschutz für das Sub-Baulos „Hauptbauwerke Eisackunterquerung - Abschnitt 08“ Verlegung der historischen Trasse - Brennerbasistunnel - Ausführungsprojekt. Im Rahmen des endgültigen Projekts ist die Installation von Felsbarrieren mit verschiedenen Eigenschaften der Beständigkeit vorgesehen, die auf Grundlage der Wahrscheinlichkeitsanalysen von Steinschlag dimensioniert werden.

Nachstehend werden die vorgesehenen Schutzeingriffe untersucht, im Hinblick auf:

- die Verwendung von Felsbarrieren, die sich im Einklang mit den Richtlinien ETAG 027 (Richtlinien für die Erteilung der europäischen technischen Zulassung für den Steinschlagschutz, 2008) bewährt haben und die über die europäische technische Zulassung (ETA) und die CE-Kennzeichnung gemäß der Norm ETAG 027 und der Direktive 89/106/EWG des Europarats vom 21.12.1988 für Bauprodukte (Direktive für Bauprodukte -CPD) verfügen,
- die Optimierung der Wahl der Steinschlagbarrieren auf Grundlage des vorgeschlagenen Projektansatzes gemäß des Standards UNI 11211-4:2012.

Zu diesem Zweck werden die Tätigkeiten in nachstehender Reihenfolge ausgeführt:

- Untersuchungen, um die morphologischen Eigenschaften des Abhangs und der Kalibrierung der Steinschlaganalyse zu kennen.
- Die Wahrscheinlichkeitsanalyse von Steinschlag in 11 repräsentativen Abschnitten der Abhänge oberhalb des betreffenden Bauloses, unter Verwendung des gewerblichen Berechnungsgrundsatzes (Folie 5). E wurden die „Aktionen“ (Geschwindigkeit und Fallhöhe

3 ANALISI E VERIFICHE BARRIERE PARAMASSI

3.1 PREMESSA

La presente relazione riguarda le opere di protezione da caduta massi per il sublotto di costruzione opere principali sottoattraversamento Isarco - Settore 08- “Spostamento linea storica” - “Galleria di base del Brennero – progetto esecutivo. Allo scopo il progetto definitivo prevedeva d’installare delle barriere paramassi con diverse caratteristiche di resistenza, dimensionate sulla base di analisi probabilistiche di caduta massi.

Di seguito si riesaminano gli interventi di difesa previsti, nell’ottica di:

- utilizzare barriere paramassi provate in accordo alle linee guida ETAG 027 (Linee Guida per l’ottenimento del Benestare Tecnico Europeo per kit di protezione dalla caduta massi, 2008) e in possesso di Benestare tecnico Europeo (ETA) e di marcatura CE in conformità alla normativa ETAG 027 e alla Direttiva 89/106/CEE del Consiglio della Comunità Europea del 21/12/1988 concernente i prodotti da Costruzione (Direttiva Prodotti da Costruzione - CPD),
- ottimizzare la scelta delle barriere paramassi sulla base dell’approccio progettuale suggerito dagli standard UNI 11211-4:2012.

Con questo scopo sono stati eseguiti nell’ordine:

- Sopralluoghi per il riscontro delle caratteristiche morfologiche del pendio e la taratura delle analisi di caduta massi.
- Analisi probabilistica di caduta massi su 11 sezioni rappresentative dei pendii che sovrastano il lotto in questione, utilizzando un codice di calcolo commerciale (Slide 5). Sono state così definite le “azioni” (velocità e altezza di caduta del masso) agenti contro le opere

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

von Steinen), die an den Schutzanlagen agieren definiert.

- Die Auswahl des Typs der gewerblichen Barriere ist fallabhängig. Daher wurden die „Widerstände“ definiert (Energiekapazität, Resthöhe und Verformung), die die vorausgewählten Strukturen charakterisieren.
- Prüfung der Steinschlagbarrieren unter Anwendung geeigneter Verstärkungskoeffizienten für die „Aktionen“ und Reduzierung für die „Widerstände“. Die Prüfungen werden gemäß der Kriterien von UNI 11211:2012 durchgeführt.
- Vorab-Prüfung der Fundamentarbeiten der Steinschlagbarrieren (Fundamente der Stützen, Verstrebungen der Stütze und der Seiten), gemäß der von der Struktur entwickelten Kräfte und den Eigenschaften des Bodens vor Ort.

di difesa.

- Scelta delle tipologia di barriera commerciale rispondente alle necessità del caso. Sono state in questo modo definite le “resistenze” (capacità energetica, altezza residua e deformazione) che caratterizzano le strutture prescelte.
- Verifica delle strutture paramassi applicando opportuni coefficienti di amplificazione per le “azioni” e di riduzione per le “resistenze”. Le verifiche sono state eseguite secondo i criteri di UNI 11211:2012.
- Verifica preliminare delle opere di fondazione delle barriere paramassi (fondazioni del montante, controventi di monte e laterali), in accordo alle forze sviluppate dalla struttura e alle caratteristiche dei terreni in sito.

3.2 GEOMETRIE

In vorliegendem Projekt sind vier verschiedenen Arten von Steinschlagbarrieren vorgesehen:

- Barriere mit einer Absorptionsenergie von 500 kJ, Mindesthöhe 3,00 m und Länge L=142,00 m, auf dem neuen Gipfel der „Eisenbahntrassenwand“ unterhalb der künftigen Notfallzufahrtsstraße der gleichen Verbindung (Achse A1);
- 4 Steinschlagbarrieren am Hang (Gelände mittelmäßig verdickt) vor dem Hang Rio Vallaga, mit einer Absorptionsenergie von 1.500 kJ, Mindesthöhe 3,50 m und variable Länge zwischen 60,00 und 70,00 m;
- 16 Steinschlagbarrieren am Hang (Gelände mittelmäßig verdickt) vor der künftigen Notfallzufahrtsstraße der gleichen Verbindung (Achse A1), mit einer Absorptionsenergie von 2.000 kJ, einer Mindesthöhe von 5,00 m und einer variablen Länge zwischen 30,00 und 70,00 m;

3.2 GEOMETRIA

Nel presente progetto sono previste quattro diverse tipologie di barriere paramassi:

- Barriera con un'energia di assorbimento pari a 500 kJ, altezza minima di 3,00 m e lunghezza L=142,00 m, disposta in sommità al nuovo “Muro ferrovia” situato a valle della futura strada di accesso all'area di soccorso dell'interconnessione pari (asse A.1);
- 4 barriere paramassi disposte sul versante (terreno mediamente addensato) a monte del versante Rio Vallaga, aventi energia di assorbimento di 1.500 kJ, altezza minima 3,50 m e lunghezza variabile tra 60,00-70,00 m;
- 16 barriere paramassi disposte sul versante (terreno mediamente addensato) a monte della futura strada di accesso all'area di soccorso dell'interconnessione pari (asse A.1), aventi energia di assorbimento di 2.000 kJ, altezza minima 5,00 m e lunghezza variabile tra 30,00-70,00 m;

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

- 7 Steinschlagbarrieren am Hang (Gelände verdickt) vor der künftigen Notfallzufahrtsstraße der gleichen Verbindung (Achse A1), mit einer Absorptionsenergie von 3.000 kJ, einer Mindesthöhe von 6,00 m und einer variablen Länge zwischen 30,00 und 70,00 m;

- 7 barriere paramassi disposte sul versante (terreno addensato) a monte della futura strada di accesso all'area di soccorso dell'interconnessione pari (asse A.1), aventi energia di assorbimento di 3.000 kJ, altezza minima 6,00 m e lunghezza variabile tra 30,00-70,00 m.

Es wird auf den Lageplan des Projekts für die Detailansicht der jeweiligen Anordnung verwiesen.

Si rimanda alla planimetria di progetto per la visione dettagliata della loro disposizione.

3.3 EIGENSCHAFTEN DER ABHÄNGE

Die Abhänge haben folgende Eigenschaften:

- Die mittlere Steigung liegt bei etwa 40-45°C. Es gibt regelmäßige Felspartien, die subvertikale Schritte mit allgemeinen Mächtigkeit bilden.
- Die Waldfläche ist praktisch durchgängig und besteht aus Tannen, deren Durchmesser häufig zwischen 0,2 und 0,6 m liegt. Der Wald fängt Steinschlag ab und verlangsamt diesen, ist aber keine Sicherheitsgarantie, insbesondere nicht im Falle von Steinschlag in großen Dimensionen oder bei mehreren Abgängen (mehrere Felsbrocken gleichzeitig).
- Der Unterboden ist mäßig rau und praktisch immer trocken, insbesondere in den steilsten Abschnitten. Entlang der Strecken mit geringer Steigung häufen sich bisweilen Felsbrocken, die die Flächen sehr unregelmäßig machen.
- Die Felsbrocken haben sehr häufig Durchmesser von weniger als 0,6 m, selten beobachtet man Felsbrocken mit einem Durchmesser zwischen 0,6 und 1,2 m und sehr selten mit einem Durchmesser zwischen 1,2 und 2 m (oder mehr). Ihre Form ist eher klobig, bisweilen mit rautenförmigen Abschnitten.
- Unter Berücksichtigung der Unterteilung der Aufschlüsse und Ansammlungen von Geröll zu ihren Füßen, hält man es für möglich, dass mehrere Erdbeben auftreten können (mehrere Blöcke).

3.3 CARATTERISTICHE DEI PENDII

I pendii hanno le seguenti caratteristiche:

- L'inclinazione media è circa 40-45°. Vi sono frequenti affioramenti rocciosi che formano gradini subverticali con sviluppo generalmente plurimetrico.
- La copertura boscosa è praticamente continua, ed è costituita da abeti di diametro molto frequentemente compreso tra 0.2 e 0.6 m. Il bosco intercetta e rallenta la caduta nei massi, ma non è garanzia di sicurezza soprattutto nel caso di massi di grande dimensione o di cadute multiple (più massi contemporaneamente).
- Il sottofondo è moderatamente rugoso e quasi sempre duro, soprattutto sui tratti di maggiore acclività. Lungo i tratti a minore pendenza, vi sono talvolta accumuli di massi che rendono la superficie molto irregolare.
- I massi hanno diametro molto frequentemente inferiore a 0.6 m; poco frequentemente si osservano massi con diametro compreso tra 0.6 e 1.2 m, e raramente con diametro tra 1.2 e 2 m (o maggiore). La loro forma è piuttosto tozza, talvolta a sezione vagamente romboidale.
- In considerazione dello stato di suddivisione degli affioramenti e degli accumuli detritici ai loro piedi, si ritiene possibile che avvengano scoscendimenti multipli (sciame di blocchi).

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

- Leider wurden keine Spuren von Auswirkungen auf die Stämme von Pflanzen festgestellt, die mit Sicherheit die maximale Höhe angeben könnten, die die Steinschlagspur erreicht.
- Sobald der Grund des Tals erreicht wird neigen die Felsbrocken dazu, sich zu verlangsamen und kommen innerhalb von ein paar Dutzend Meter zum Stillstand.
- Sfortunatamente non sono state rilevate tracce d'impatti sui fusti delle piante che potessero indicare con certezza la massima altezza raggiunta dalle traiettorie di caduta.
- Una volta raggiunto il fondovalle, i massi tendono a rallentare, e in poche decine di metri ad arrestarsi.

Auf Grundlage dieser Eigenschaften wird angenommen, dass die Masse des Projekts 2m^3 erreicht (eine Kubikseite entspricht dabei 1,26 m). Das Gewicht pro Volumeneinheit beträgt etwa 2650 kg/m^3 (Granit von Brixen). Dieses Volumen, auch wenn es vorsorglich erscheint hinsichtlich dessen, was im endgültigen Projekt (1m^3) angegeben ist, ermöglicht, Ereignisse mit mehreren Einflüssen zu berücksichtigen, die komplexe Volumen, auch über 2m^3 erreichen können.

In base a queste caratteristiche si assume che il masso di progetto abbia dimensione di 2m^3 , (cubo equivalente di lato 1.26 m). Il peso per unità di volume di circa 2650 kg/m^3 (granito di Bressanone). Tale volume, sebbene appaia cautelativo rispetto quello assunto nel progetto definitivo (1m^3), consente di considerare eventi con impatti multipli che possono raggiungere volumi complessivi anche molto maggiori di 2m^3 .

In der Modellerstellung wurden die Restitutions- und die Reibungskoeffizienten (Parameter, die für die Beschreibung der Bewegung notwendig sind) unter Berücksichtigung der ungefähren Verteilung der Haltepunkte im Fallabschnitt S1 kalkuliert.

Nella modellazione i coefficienti di restituzione e attrito (parametri necessari alla descrizione del moto) sono stati tarati considerando la distribuzione approssimativa dei punti di arresto nella sezione di caduta S1.

3.4 STEINSCHLAGANALYSEN

Die Steinschlaganalyse wurde mit einem gewerblichen Kalkulationsprogramm durchgeführt, das es ermöglicht, die Wahrscheinlichkeit der dynamischen Eigenschaften der Strecken zu schätzen und die Schutzkonstruktionen (Software Rocfall Version 5.05 von Rocscience Inc.) an einem zweidimensionalen Hang zu dimensionieren.

3.4 ANALISI DI CADUTA MASSI

L'analisi di caduta massi è stata eseguita con un programma di calcolo commerciale che ha consentito di apprezzare in modo probabilistico le caratteristiche dinamiche delle traiettorie e di dimensionare le opere di difesa (software Rocfall v.5.05 della Rocscience Inc.) su un pendio bidimensionale.

In der Berechnung wurde eine feste Masse (keine punktförmige Masse) in Rautenform aufgenommen, deren Strecke von den Eigenschaften des Hangs (Restitutionskoeffizienten, dynamische Reibung, Rollbewegung und Rauheit) beeinflusst wird, hinsichtlich der Form der Masse ist eine unterschiedliche Rotationsenergie bezüglich der Geometrie des Aufpralls anzunehmen. Alle Berechnungsparameter einschließlich der Topographie werden als wahrscheinlich behandelt, wie in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst. Die Restitutionskoeffizienten stabilisieren den Geschwindigkeitsverlust in Folge des Aufpralls mit den folgenden allgemeinen Gleichungen:

Nel calcolo è stata adottata una massa solida (massa non puntiforme) di forma romboidale, la cui traiettoria è influenzata tanto dalle caratteristiche del pendio (coefficienti di restituzione, attrito dinamico, rotolamento e rugosità), quanto dalla forma del masso che può assumere energia rotazionale differente in ragione della geometria di impatto. Tutti i parametri di calcolo, inclusa la topografia, sono trattati in modo probabilistico secondo quanto riepilogato nella tabella 1 seguente. I coefficienti di restituzione stabiliscono la perdita di velocità a seguito degli impatti con le seguenti equazioni generali:

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

$$V_{NB} = R_N V_{NA}$$

$$V_{TB} = R_T V_{TA}$$

wobei:

V_{NB} , V_{TB} , V_{NA} , V_{TA} = Komponenten der Normalgeschwindigkeit (N) und der Tangentialgeschwindigkeit (T) vor dem Aufprall (A) und nach dem Aufprall (B)

R_N = Normaler Restitutionskoeffizient

R_T = Tangenzieller Restitutionskoeffizient

Für die Beschreibung der Bewegung der Körper, die eher komplex ist, wird auf das Handbuch der Software (www.rocscience.com) und den Text von Rocfall Engineering von Duncan Wyllie, CRC press, 2014 verwiesen.

Angehts der vielen Variablen wurden, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten, 1000 Strecken für Steinschlagabschnitt analysiert. Die Ablösungszone wird in die kritischen Bereiche der Steigung verlegt, um eine gute Fallstudie zu erhalten.

wobei:

V_{NB} , V_{TB} , V_{NA} , V_{TA} = Komponenten der Normalgeschwindigkeit (N) und der Tangentialgeschwindigkeit (T) vor dem Aufprall (A) und nach dem Aufprall (B)

R_N = Normaler Restitutionskoeffizient

R_T = Tangenzieller Restitutionskoeffizient

Für die Beschreibung der Bewegung der Körper, die eher komplex ist, wird auf das Handbuch der Software (www.rocscience.com) und den Text von Rocfall Engineering von Duncan Wyllie, CRC press, 2014 verwiesen.

Angehts der vielen Variablen wurden, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten, 1000 Strecken für Steinschlagabschnitt analysiert. Die Ablösungszone wird in die kritischen Bereiche der Steigung verlegt, um eine gute Fallstudie zu erhalten.

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Material / Materiale	Parameter	Stat type	Value	Variance	Min	Max
Fels ohne Vegetation / Roccia senza vegetazione	Normal Restitution	Normal	0.32	0.03	0.09	0.09
	Tangential Restitution	Normal	0.82	0.03	0.09	0.09
	Dynamic Friction	Normal	0.45	0.05	0.15	0.15
	Rolling Resistance	Normal	0.40	0.01	0.03	0.03
	Slope Roughness Spacing	Normal	5.00	0.50	1.50	1.50
	Slope Roughness Amplitude	Normal	0.05	0.01	0.03	0.03
Fels mit Vegetation / Roccia con vegetazione	Normal Restitution	Gamma	0.32	0.03	0.09	0.01
	Tangential Restitution	Gamma	0.69	0.03	0.09	0.01
	Dynamic Friction	Gamma	0.50	0.05	0.15	0.01
	Rolling Resistance	Gamma	0.40	0.05	0.15	0.01
	Slope Roughness Spacing	Normal	6.00	0.50	1.50	1.50
	Slope Roughness Amplitude	Normal	0.10	0.02	0.06	0.06
Felssturzlagerung mit grossen Blöcken mit Vegetation / Detrito di frana a grossi blocchi con vegetazione	Normal Restitution	Normal	0.32	0.02	0.06	0.06
	Tangential Restitution	Normal	0.65	0.02	0.06	0.06
	Dynamic Friction	Normal	0.58	0.02	0.06	0.06
	Rolling Resistance	Normal	0.60	0.05	0.15	0.15
	Slope Roughness Spacing	Normal	1.00	0.20	0.60	0.60
	Slope Roughness Amplitude	Normal	-	0.10	0.30	0.30
Hangablagerungen ohne Vegetation / Depositi di versante senza vegetazione	Normal Restitution	Normal	0.30	0.02	0.06	0.06
	Tangential Restitution	Normal	0.75	0.02	0.06	0.06
	Dynamic Friction	Normal	0.58	0.05	0.15	0.15
	Rolling Resistance	Normal	0.55	0.02	0.06	0.06
	Slope Roughness Spacing	Normal	4.00	0.20	0.60	0.60
	Slope Roughness Amplitude	Normal	0.10	0.05	0.15	0.15
Hangablagerungen mit Vegetation / Depositi di versante con vegetazione	Normal Restitution	Gamma	0.30	0.03	0.09	0.09
	Tangential Restitution	Gamma	0.75	0.03	0.09	0.09
	Dynamic Friction	Gamma	0.58	0.05	0.15	0.15
	Rolling Resistance	Gamma	0.55	0.02	0.06	0.06
	Slope Roughness Spacing	Normal	4.00	0.05	0.15	0.15
	Slope Roughness Amplitude	Normal	0.10	0.05	0.15	0.15
T alablagerungen/ Depositi di fondovalle	Normal Restitution	Normal	0.30	0.02	0.06	0.06
	Tangential Restitution	Normal	0.68	0.02	0.06	0.06
	Dynamic Friction	Normal	0.58	0.02	0.06	0.06
	Rolling Resistance	Normal	0.60	0.05	0.15	0.15
	Slope Roughness Spacing	Normal	5.00	0.20	0.60	0.60
	Slope Roughness Amplitude	Normal	0.10	0.05	0.15	0.15

Die Ergebnisse der Simulationen sind in den folgenden Grafiken zusammengefasst:

- Hang mit Fallstrecken
- Häufigkeit der Haltepunkte der Fallstrecken entlang des Abhangs.
- Hülle der Höhen der Strecken zu 97mo Perzentile der Bevölkerung
- Hülle der Geschwindigkeit der Strecken zu 97mo Perzentile der Bevölkerung.
- Abhang mit Fallstrecken mit eingesetzten

I risultati delle simulazioni sono stati riepilogati nei seguenti grafici:

- Pendio con le traiettorie di caduta
- Frequenza dei punti d'arresto delle traiettorie di caduta lungo il pendio.
- Involuppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile della popolazione
- Involuppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile della popolazione.
- Pendio con le traiettorie di caduta con inserita la

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Steinschlagbarrieren

- Details der am Hang eingesetzten Barriere
- Kumulative Häufigkeit der Fallgeschwindigkeit, die durch die Steinschlagbarrieren abgefangen wird. Auch die Geschwindigkeit bei 97° Perzentile wird angegeben.
- Kumulative Häufigkeit der Fallhöhe, die durch die Steinschlagbarrieren abgefangen wird. Auch die Höhe bei 97° Perzentile wird angegeben. Es ist zu beachten, dass die Höhe auf Ebene der Barriere gilt und nicht auf der vertikalen.

barriera paramassi

- Dettaglio della barriera inserita sul pendio
- Frequenza cumulativa delle velocità di caduta intercettate dalla barriera paramassi. È indicata anche la velocità al 97° percentile.
- Frequenza cumulativa delle altezze di caduta intercettate dalla barriera paramassi. È indicata anche l'altezza al 97° percentile. Si noti che l'altezza è misurata sul piano della barriera e non sulla verticale.

Die Grafiken lassen zu, folgende allgemeine Eigenschaften zu schätzen:

- In den Abschnitten 1, 2, 3, 4 und 8-9 liegt die Fallgeschwindigkeit bei 97° Perzentile praktisch immer um 18 - 21 m/s, wohingegen die Strecken in diesem Zusammenhang um 2,7-3,2 m liegen.
- In den Abschnitten 5, 6 und 7 liegt die Fallgeschwindigkeit bei 97° Perzentile etwa zwischen 23 und 25 m/s, wohingegen die entsprechenden Fallhöhen zwischen 4,1 und 5,2 m liegen.
- In den Abschnitten 10 und 11 liegt die Geschwindigkeit und die Höhe bei 97° Perzentile bei etwa 16 - 19 m/s bzw. 2,8 - 3,1 m.

I grafici consentono di apprezzare i seguenti caratteri generali:

- Sulle sezioni 1, 2, 3, 4 e 8-9 le velocità di caduta al 97° percentile sono quasi sempre attorno a 18 - 21 m/s, mentre le altezze delle traiettorie ad esse correlate si attestano attorno a 2.7-3.2 m.
- Sulle sezioni 5, 6 e 7, le velocità di caduta al 97° percentile si attestano tra 23 e 25 m/s, mentre le relative altezze di caduta sono comprese tra 4.1 e 5.2 m.
- Sulle sezioni 10 e 11, le velocità e le altezze al 97° percentile sono rispettivamente attorno a 16 - 19 m/s e 2.8 - 3.1 m.

3.5 DIMENSIONIERUNG DER STEINSCHLAGBARRIEREN

Die Prüfungen der Barrieren werden unter Berücksichtigung der Aktionen, die sich aus den Steinschlaganalysen und den vorausgewählten Widerständen der Barrieren ergeben, durchgeführt. Gemäß dem Standard UNI 11211-4 „Schutzkonstruktionen gegen Steinschlag - Teil 4: Endgültiges und Ausführungsprojekt“, sind die Widerstände reduziert wohingegen die Aktionen mittels Koeffizienten vergrößert wurden.

Bei der Konstruktion wurde das maximale Energieniveau (MEL) der Barriere entsprechend der Etag 027-Richtlinien definiert.

3.5 DIMENSIONAMENTO DELLE BARRIERE PARAMASSI

Le verifiche delle barriere sono state eseguite considerando le "azioni" risultati delle analisi caduta massi, e le "resistenze" delle barriere prescelte. In accordo allo standard UNI 11211-4 "Opere di Difesa Dalla Caduta massi - Parte 4: Progetto definitivo ed Esecutivo", le resistenze sono state ridotte mentre le azioni sono state amplificate per mezzo di coefficienti.

Nella progettazione si è tenuto conto del massimo livello energetico (MEL) della barriera definito secondo le linee guida Etag 027.

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Die Energiebelastung des Projekts ist wie folgt definiert:

$$E_{Sd} = 1/2 M_d V_d^2$$

wobei

$V_d = V_t \gamma_{Dp} \gamma_{tr}$ = die Blockgeschwindigkeit des Projekts

$M_d = Vol_b \gamma \gamma_{VolF1} \gamma_\gamma$ = die Masse des Blocks des Projekts

V_t = Geschwindigkeit am Punkt des Aufpralls auf das Werk entsprechend des Fraktils von 95% der Geschwindigkeit, die bei den Streckenanalysen berechnet wurden (m/S)

Vol_b = das Volumen des Blocks des Projekts (m^3)

γ = Masse pro Volumeneinheit des Felsens vor Ort (kg/m^3)

und die teilweisen Sicherheitskoeffizienten sind folgende:

γ_{Dp} = Koeffizient, der die Qualität der topografischen Diskretisierung des Abhangs berücksichtigt; sein Wert liegt zwischen 1,01 (Abhänge mit topographischer Erfassung mit hoher Präzision in Bezug auf die Eigenschaften vor Ort) und 1,10 (für Abhänge, die mit mittlerer bis geringer Präzision diskretisiert sind);

γ_{tr} = Koeffizient der Zuverlässigkeit der Berechnung der Strecken; sein Wert liegt zwischen 1,02 (für Fallsimulationen, die auf den aus der Rückhaltungsanalyse erhaltenen Restitutionskoeffizienten berechnet wurden) und 1,10 (für Fallsimulationen, die auf den Restitutionskoeffizienten basieren, die allein aus bibliographischen Informationen abgeleitet wurden);

γ_{VolF1} = Koeffizient in Zusammenhang mit der Präzision der Erfassung des Blockvolumens; sein Wert liegt zwischen 1,02 (für exakte Erfassungen der Wände) und 1,10 (bei mangelnder fertiggestellter Projekterfassung);

γ_γ = Koeffizient in Zusammenhang mit der Auswertung der Masse pro Volumeneinheit des Felsens, dieser kann im Allgemeinen bei 1,00 angenommen werden.

Im Fall eines hohen Risikos für Menschenleben (beispielsweise im Falle von Schulen, Straßen und Eisenbahnschienen mit hohem Verkehrsaufkommen,

L'energia sollecitante di progetto è definita come:

$$E_{Sd} = 1/2 M_d V_d^2$$

dove

$V_d = V_t \gamma_{Dp} \gamma_{tr}$ = velocità del blocco di progetto

$M_d = Vol_b \gamma \gamma_{VolF1} \gamma_\gamma$ = massa del blocco di progetto

V_t = velocità in corrispondenza del punto di impatto con l'opera corrispondente al frattile del 95% delle velocità calcolate nelle analisi delle traiettorie (m/s)

Vol_b = volume del blocco di progetto (m^3)

γ = massa per unità di volume della roccia in posto (kg/m^3)

e i coefficienti di sicurezza parziali sono i seguenti:

γ_{Dp} = coefficiente che tiene conto della qualità della discretizzazione topografica del pendio; il suo valore è compreso tra 1,01 (pendii discretizzati con rilievo topografico di buona precisione in rapporto alle caratteristiche del sito) e 1,10 (per pendii discretizzati con precisione medio-bassa);

γ_{tr} = coefficiente di affidabilità di calcolo delle traiettorie; il suo valore è compreso tra 1,02 (per simulazioni di caduta basate su coefficienti di restituzione ottenuti da analisi a ritroso) e 1,10 (per simulazioni di caduta basate su coefficienti di restituzione derivate da sole informazioni bibliografiche);

γ_{VolF1} = coefficiente legato alla precisione del rilievo del volume del blocco; il suo valore è compreso tra 1,02 (per rilievi accurati della parete) e 1,10 (in assenza di rilievi finalizzati al progetto);

γ_γ = coefficiente legato alla valutazione della massa per unità di volume della roccia, che può essere generalmente assunto pari a 1,00.

Nel caso di elevato rischio per la vita umana (per esempio nel caso di scuole, strade e ferrovie ad alta percorrenza, ospedali, ecc.) all'energia sollecitante di

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Krankenhäuser etc.) kann bei einer Belastungsenergie des Projekts E_{Sd} ein weiterer Umgebungskoeffizient für variablen Schutz von 1,00 bis 1,20 abhängig vom bewerteten Risikograd auf Grundlage möglicher wirtschaftlicher Schäden und Verluste angewendet werden.

progetto E_{Sd} può essere applicato un ulteriore coefficiente amplificativo di protezione variabile da 1,00 a 1,20 in funzione del grado di rischio valutato in base alle possibili conseguenze economiche, danni e perdite.

Die Projektkapazität der Barriere (E_{RDU} oder E_{Rds} wenn ein Projekt im äußersten Grenzzustand oder im Zustand des eingeschränkten Dienstes wiederholt wird) wird wie folgt definiert:

La capacità di progetto della barriera (E_{Rdu} o E_{Rds} se viene eseguito ripetitivamente un progetto allo stato limite ultimo o allo stato limite di servizio) è definita come:

$$E_{\text{Barriere}}/\gamma_E$$

$$E_{\text{barriera}}/\gamma_E$$

wobei:

dove:

E_{Barriere} = Der energetische Wert MEL oder SEL (wenn ein Projekt im äußersten Grenzzustand oder im Zustand des eingeschränkten Dienstes wiederholt wird), den die Barriere in der Lage ist aufzunehmen.

E_{barriera} = il valore energetico MEL o SEL (se viene eseguito ripetitivamente un progetto allo stato limite ultimo o allo stato limite di servizio) che è in grado di assorbire la barriera.

γ_E = Teilweiser Sicherheitsfaktor, der auf die energetischen Werte MEL oder SEL anzuwenden ist, dieser entspricht 1,20 im Falle des Ansatzes des energetischen Niveaus MEL und 1,00 im Fall des Ansatzes des energetischen Niveaus SEL

γ_E = fattore di sicurezza parziale da applicare ai valori energetici MEL o SEL, che è uguale a 1,20 nel caso di approccio al livello energetico MEL e uguale a 1,00 nel caso di approccio al livello energetico SEL

Für bestimmte Fälle von Projekten mit MEL, in denen aus morphologischen Gründen die Notwendigkeit besteht, Steinschlagbarrieren mit nur 1 oder 2 Spannweiten zu installieren, ist es notwendig, eine der beiden folgenden Lösungen einzusetzen:

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:

- es ist in jedem Fall ein teilweiser Sicherheitsfaktor anzuwenden $\gamma_E = 1.2$ und auf zwei parallele Konstruktionen zurückzugreifen;
- den teilweisen Sicherheitsfaktor anwenden $\gamma_E = 2.0$.
- applicare comunque un fattore di sicurezza parziale $\gamma_E = 1.2$ e ricorrere a due stendimenti paralleli;
- applicare il fattore di sicurezza parziale $\gamma_E = 2.0$.

Die Prüfung der Kapazität der Barriere ist ausreichend, wenn

La verifica della capacità della barriera è soddisfatta se

$$(E_{Sd} - E_{\text{Barriere}}/\gamma_E) \leq 0$$

$$(E_{Sd} - E_{\text{barriera}}/\gamma_E) \leq 0$$

Die Prüfung der Höhe der Barriere (H_{tot}) ist ausreichend, wenn

La verifica dell'altezza della barriera (H_{tot}) è soddisfatta se

$$(H_d - H) \leq 0$$

$$(H_d - H) \leq 0$$

wobei H_d die Streckenhöhe des Projekts ist, mit

dove H_d è l'altezza delle traiettorie di progetto, con

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

$H_d = H_t \gamma_{tt} \gamma_{tr} + \text{Radius des Felsblocks} =$

$H_d = H_t \gamma_{tt} \gamma_{tr} + \text{raggio del masso} =$

$H_t = \cos(\alpha - \beta) H_v$ = die Höhe der Strecke bei 95% Perzentile, gemessen auf der Ebene der Barriere

$H_t = \cos(\alpha - \beta) H_v$ = altezza delle traiettorie al 95% percentile, misurate su piano della barriera

H_v = die Höhe der Strecke bei 95% Perzentile, gemessen an der Vertikalen

H_v = altezza delle traiettorie al 95% percentile, misurate sulla verticale

$\alpha - \beta$ = Steigung des Abhangs, Toleranz für die Neigung der Barriere

$\alpha - \beta$ = inclinazione del pendio, tolleranza per l'inclinazione della barriera

und

e

$H = H_b - F_b$ = die Höhe der Barriere mit

$H = H_b - F_b$ = altezza della barriera con

H_b = Nominale Höhe der Barriere

H_b = altezza nominale della barriera

F_b = die Höhe der freien Kante oben an der Barriere, die im Falle eines Steinschlags nicht vom Zentrum der Masse betroffen werden darf

F_b = altezza del bordo libero superiore della barriera che non può essere impattato dal centro di massa del masso in caduta

Außerdem muss die Position der Barriere so erfolgen, dass die folgende Prüfung erfüllt wird

Inoltre la posizione della barriera deve essere tale da soddisfare la seguente verifica

$$(D_{\text{Barriere}} \gamma_D - D_A) \leq 0$$

$$(D_{\text{barriera}} \gamma_D - D_A) \leq 0$$

wobei

dove

D_{Barriere} = maximale Dehnung (Verformung) der Barriere, gemessen während der Aufprallprüfung MEL im reellen Maßstab

D_{barriera} = massimo allungamento (deformazione) della barriera, misurata durante il crash-test MEL in scala reale

γ_D = teilweiser Sicherheitskoeffizient gleich

γ_D = coefficiente di sicurezza parziale pari a

= 1,30, wenn das Projekt auf Grundlage des Ansatzes MEL entwickelt werden, wobei die Spannweiten der Enden im Bereich des Möglichen enthalten sind oder die Barriere mindestens 3 Funktionsmodi hat, nimmt man an, dass $\gamma_D = 1,50$;

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

= 1,00, wenn das Projekt auf Grundlage des Ansatzes SEL entwickelt wird.

= 1,00 se il progetto è sviluppato in base all'approccio SEL.

D_A = Abstand zwischen der zu schützenden Infrastruktur und der Barriere

D_A = distanza tra l'infrastruttura da proteggere e la barriera

Die Entwicklung der Berechnungen und die Ergebnisse der Prüfungen sind in den Tabellen im Anhang angegeben.

Lo sviluppo dei calcoli e i risultati delle verifiche sono riportati nelle tabelle in allegato.

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Fallabschnitte Sezioni di caduta	Barrirestreck en Tratte di barriere	Energie der Barriere Energia nominale	Höhe der Barriere Altezza barriera	nteil der Barriere Quota orientativa	Vmax Aufprall Vmax impatto	VEL Aufprall bei 97mo Perzentile Vel impatto al 97mo percentile	Hmax Aufprall Hmax impatto	97mo Perzentile H impatto al 97mo	Referenzzahle n Figure di riferimento
		[kJ]	[kJ]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
1	1-2-3-4	1500	3,50	798.0	19.5	17.2	3.60	2.7	1,1 - 1,4
2	5-6-7-8	2000	5,00	793.0	20.7	26.1	5,00	3.9	2.1 - 2.4
3	9-10-11-12	2000	5,00	790.5	28.2	21.5	5,00	3.9	3.1 - 3.4
4	13-14-15	2000	5,00	782.0	23.5	17.6	5,00	3.2	4,1 - 4,4
5	16	3000	6,00	784.0	29.4	23.3	5,50	4.1	5.1 - 5.4
6	17	3000	6,00	797.0	29.8	24.4	5.80	4.4	6.1 - 6.4
7	18-19	3000	6,00	809.0	31.2	25.6	6,00	5.2	7.1 - 7.4
8	20	2000	5,00	813.0	22.4	17.8	4.70	3.4	8.1 - 8.4
9	21-22	2000	5,00	820.5	19.9	17.4	5,00	3.7	9.1 - 9.4
10	23-24	2000	5,00	808.0	15.6	19.2	4,40	2.8	10.1 - 10.4
11	25 -26-27	3000	6,00	774.5	21.2	16.6	5,20	3.1	11.1 - 11.4

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

VERGLEICHSTABELLE ZWISCHEN DEN BARRIEREN DES ENDGÜLTIGEN UND DES AUSFÜHRUNGSPROJEKTS

QUADRO DI RAFFRONTO TRA LE BARRIERE DEI PROGETTI DEFINITIVO ED ESECUTIVO

Position Posizione	Energie energia	ENDGÜLTIGES PROJEKT PROGETTO DEFINITIVO		AUSFÜHRUNGSPROJEKT PROGETTO ESECUTIVO	
		Länge lunghezza	Höhe altezza	Länge lunghezza	Höhe altezza
	[Kj]	[m]	[m]	[m]	[m]
S1	1500	70.0	4.0	70.0	3.5
S2	1500	70.0	4.0	70.0	3.5
S3	1500	70.0	4.0	70.0	3.5
S4	1500	60.0	4.0	60.0	3.5
S5	2000	70.0	5.0	70.0	5.0
S6	2000	40.0	5.0	40.0	5.0
S7	2000	40.0	5.0	40.0	5.0
S8	2000	70.0	5.0	70.0	5.0
S9	2000	70.0	5.0	70.0	5.0
S10	2000	60.0	5.0	60.0	5.0
S11	2000	40.0	5.0	40.0	5.0
S12	2000	60.0	5.0	60.0	5.0
S13	2000	40.0	5.0	40.0	5.0
S14	2000	30.0	5.0	30.0	5.0
S15	2000	50.0	5.0	50.0	5.0
S16	3000	70.0	6.0	70.0	5.0
S17	3000	70.0	6.0	70.0	5.0
S18	3000	60.0	6.0	60.0	5.0
S19	3000	60.0	6.0	60.0	5.0
S20	2000	40.0	5.0	40.0	5.0
S21	2000	70.0	5.0	70.0	5.0
S22	2000	70.0	5.0	70.0	5.0
S23	2000	70.0	5.0	70.0	5.0
S24	2000	60.0	5.0	70.0	5.0
S25	3000	70.0	6.0	70.0	6.0
S26	3000	70.0	6.0	60.0	6.0
S27	3000	30.0	6.0	30.0	6.0

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

4 FUNDAMENTE DER STEINSCHLABARRIEREN

4.1 EINLEITUNG

Der vorliegende Bericht prüft das System der Fundamente und der Verankerung der Steinschlagbarrieren bei erhöhter Energieaufnahme, wie diese für die Baustelle „Brennerbasistunnel - endgültige Ausführung Sub-Baulos Hauptbauwerke Eisackunterquerung - Abschnitt 08 - Verlegung der historischen Trasse“ geplant sind.

Das untersuchte Projekt sieht die Installation von Steinschlagbarrieren mit einer nominalen energetischen Kapazität von 1500, 2000 und 3000 kJ vor, platziert auf verschiedenen Höhen entlang des überquerten Abgangs am Fuße der betroffenen Eisenbahntrasse. Die Positionierung dieser Barrieren ist in der Ausarbeitung 02-H71-AF-002-08-01-053.00-B0115-00260-1A6-00 angegeben.

4.2 BEZUGSNORMEN

Für die Dimensionierung der Widerstandselemente wird auf folgende Normen Bezug genommen:

- Ministerialdekret (D.M.) vom 14.01.2008 „Technische Standards für Konstruktionen“
- Rundschreiben vom 2. Februar 2009, Nr. 617 - Anweisungen für die Anwendungen der „Neuen technischen Normen für Konstruktionen“ des Ministerialdekrets vom 14. Januar 2008

Außerdem wurden die folgenden Angaben einhalten, die von Fachtexten vorgegeben werden, wie beispielsweise:

- A.I.C.A.P. - Verankerungen in Böden und Gestein: Empfehlungen 2012
- O.P.C.M. Nr. 3274 vom 20.30.2003: Erste Elemente hinsichtlich der allgemeinen Kriterien für die seismische Klassifizierung von nationalen Territorien und technische Standards für Konstruktionen in seismischen Bereichen.
- O.P.C.M. Nr. 3316 vom 02.10.2003: „Änderungen und Integrationen zur Verordnung

4 FONDAZIONI BARRIERE PARAMASSI

4.1 INTRODUZIONE

La presente relazione verifica il sistema di fondazione e di ancoraggio delle barriere paramassi ad elevato assorbimento di energia progettate per il cantiere « Galleria di base del Brennero – progetto esecutivo sublotto di costruzione opere principali sottoattraversamento Isarco – Settore 08-Spostamento linea storica».

L'intervento in esame prevede l'installazione di barriere paramassi con capacità energetica nominale di 1500, 2000 e 3000 kJ, collocate a diverse quote lungo il pendio attraversato al piede dalla tratta ferroviaria in questione. La collocazione delle barriere è riportata nell'elaborato 02-H71-AF-002-08-01-053.00-B0115-00260-1A6-00.

4.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il dimensionamento degli elementi resistenti si fa riferimento alla seguente normativa:

- D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare 2 febbraio 2009 , n. 617 – “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»

Si sono inoltre seguite le indicazioni fornite da testi specializzati quali:

- A.I.C.A.P. - Ancoraggi nei terreni e nelle rocce: raccomandazioni, 2012
- O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- O.P.C.M. n° 3316 del 02/10/2003: “Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

- des Präsidenten des Ministerrates Nr. 3274 vom 20. März 2003, bezüglich „Erste Elemente hinsichtlich der allgemeinen Kriterien für die seismische Klassifizierung von nationalen Territorien und technische Standards für Konstruktionen in seismischen Bereichen“.
- O.P .C.M.Nr. 3431 vom 10.05.2005; „Weitere Änderungen und Integrationen zur Verordnung des Präsidenten des Ministerrates Nr. 3274 vom 20. März 2003, bezüglich „Erste Elemente hinsichtlich der allgemeinen Kriterien für die Seismik von nationalen Territorien und technische Standards für Konstruktionen.“
 - Gesetz Nr. 1086 vom 5. November 1971: „Normen für die Regelung von Arbeiten mit Stahlbetonbindemitteln, in normaler und vorkompromierter Form und metallischer Struktur“.
 - Ministerialdekret (D.M.) vom 11. März 1988: Technische Normen für Boden- und Gesteinsuntersuchungen, Untersuchung der Stabilität von natürlichen Abhängen und Böschungen, die allgemeinen Kriterien und die Vorschriften für die Planung, Ausführung und Abnahme von Erdstützbauten und Fundamenten“.
 - Anweisungen CNR-UNI 10016.
 - Dekret des Präsidenten der autonomen Provinz Bozen „Vorschriften für erdbebensichere Bauten“ vom 21. Juli 2009, Nr. 33.
 - UNI EN 1992-1-1:2005 Eurocode 2 - Planung von Betontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Regeln und Regeln für Gebäude.
 - Eurocode 7 - Geotechnische Planung:
 - UNI ENV 1997-1;1997 Teil 1: Allgemeine Regelungen
 - UNI ENV 1997-2;2002 Teil 2: Von Laborprüfungen unterstützte Planung
 - UNI ENV 1997-3, 2002 Teil 3: Durch Vor-Ort-Prüfungen unterstützte Planung.
- Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»”.
- O.P .C.M. n° 3431 del 10/05/2005: Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio del 20 marzo 2003, recante “Primi elementi in materia di criteri generali per sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni”
 - Legge 5 novembre 1971 n.1086: “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
 - D.M. 11 marzo 1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
 - Istruzioni CNR-UNI 10016.
 - Decreto del Presidente della Provincia Autonoma di Bolzano “Disposizioni per le opere edili antisismiche” del 21 luglio 2009, n.33.
 - UNI EN 1992-1-1:2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica:
 - UNI ENV 1997-1;1997 Parte 1: Regole Generali
 - UNI ENV 1997-2;2002 Parte 2: Progettazione assistita da prove di laboratorio
 - UNI ENV 1997-3;2002 Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Die Berechnung und die Prüfung der Bauelemente wurden gemäß den üblichen Methoden der Bauwissenschaft durchgeführt. Angesichts der Leistungseigenschaften der Strukturen der Steinschlagbarrieren wurden die Prüfungen im äußersten Grenzzustand durchgeführt

Il calcolo e la verifica degli elementi costruttivi sono stati condotti secondo gli usuali metodi della Scienza delle Costruzioni. Tenuto conto delle caratteristiche prestazionali delle strutture delle barriere paramassi, le verifiche sono eseguite allo stato limite ultimo.

4.3 WIDERSTANDSEIGENSCHAFTEN DES PROJEKTS

4.3.1 FUNDAMENTBÖDEN

4.3 RESISTENZE CARATTERISTICHE E DI PROGETTO

4.3.1 TERRENI DI FONDAZIONE

Per quanto riguarda la determinazione delle tensioni di connessione dei terreni interessati e per i valori utilizzati nel procedimento di calcolo degli elementi di fondazione profonda si fa riferimento a quanto definito e considerato nel documento D0753-08-01-011.01-CL-00 del progetto definitivo ("Relazione di calcolo delle opere di fondazioni delle barriere paramassi"). In accordo a tale relazione e ai rilievi preliminari effettuati, emerge che le barriere saranno fondate su terreni di natura differente che vanno dalla roccia più o meno degradata (granito di Bressanone) a terreni sciolti (strati di spessore vario costituiti da depositi alluvionali e di debris flow, coltri colluviali e detritiche) il cui reale spessore e consistenza potranno essere determinati solo mediante le perforazioni in sede esecutiva. Pertanto allo stato attuale si assumono parametri caratteristici rappresentativi delle condizioni più sfavorevoli riscontrate per ciascuna tipologia di barriera validi nel caso di terreno a matrice omogenea costanti lungo tutto il tratto di fondazione.

A favore di sicurezza si è adottato come valore di riferimento della tensione limite di aderenza tra malta cementizia e terreno il valore di 0.22 MPa. Esso è fornito dall' abaco di Bustamante (Bustamante M. & Doix B. 1985 – Une méthode pour le calcul des tirants es des micropieux injectés – Bulletin Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, No. 140, nov-déc., ref. 3047) per la definizione della tensione di aderenza per sabbie e ghiaie che rappresentano i terreni in sito con i parametri geotecnici peggiori. Quindi il dimensionamento delle opere di fondazione delle barriere da 1500kj, 2000 kj e 3000 kj si esegue considerando una tensione di aderenza tra malta e terreno pari a 0.22 MPa.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Per quanto riguarda la fondazione della barriera da 500 kj che sarà installata in testa al muro in C.A a monte della linea ferroviaria storica, viene considerata una tensione di calcolo di aderenza tra malta e getto in cls pari a 2.69 MPa, come indicato nel paragrafo 4.3.2.

4.3.2 ZEMENTEINSPRITZUNG (FÜR DIE BARRIEREN 1500, 2000, 3000 KJ)

Die Einpritzmischung für die Umsetzung der Kraftübertragungselement auf den Boden, die in die Höhenstruktur eingebracht werden, muss vom Typ Zement sein. Dies ist gemäß dem globalen Einspritzverfahren und mit einem Druck umzusetzen (Modell IGU: Einzigartige globale Einspritzung) und verfügt über einen Rck-Wert nicht unter 300 daN/cm². In der Berechnung werden die IGU-Bedingungen mit einem Pfahlmantelreibungskoeffizienten (α) von 1,1 berücksichtigt, gemäß der Definition in m genannten Kalkulationsbericht der Fundamentarbeiten der Steinschlagbarrieren im endgültigen Projekt.

Zementmischung für Injektionen Rck 30 MPa (Klasse C25/30)

mit Zement Typ 325 oder höher konfektioniert, mit Antischrumpf-Zusatz, Injektionsverfahren IGU

Kubikwiderstand bei charakteristischer Komprimierung
Resistenza cubica a compressione caratteristica
Monoachsialer Widerstand für kurzfristige Lasten
Resistenza monoassiale per carichi di breve durata
Sicherheitskoeffizient
Coefficiente di sicurezza
Sicherheitskoeffizient für langfristige Lasten
Coefficiente di sicurezza per carico per lunga durata
Berechnungswiderstand gegen Kompression
Resistenza di calcolo a compressione
Charakteristischer Adhäsionskoeffizient
Resistenza caratteristica di aderenza
Berechnungsadhäsionskoeffizient
Resistenza di calcolo di aderenza

Die verwendeten Materialien müssen alle physikalischen-mechanischen Eigenschaften erfüllen, die von geltenden Normen vorgeschrieben und im vorherigen Absatz als Referenz angegeben sind.

4.3.2 INIEZIONI CEMENTIZIE (PER LE BARRIERE 500, 1500, 2000, 3000 KJ)

La miscela d'iniezione per la realizzazione degli elementi di trasmissione al terreno degli sforzi indotti nella struttura in elevazione, deve essere di tipo cementizio. Essa sarà posta in opera secondo il processo di iniezione di tipo globale e messa in pressione unica (modello IGU: Iniezione Globale Unica) ed abbia un Rck non inferiore a 300 daN/cm². Nel calcolo si considerano condizioni di IGU con un coefficiente di sbulbamento (α) pari a 1,1, in accordo a quanto definito anche nella suddetta relazione di calcolo delle opere di fondazione delle barriere paramassi in sede di progetto definitivo.

Miscela cementizia per iniezioni Rck 30 MPa (Classe C25/30)

confezionata con cemento tipo 325 o sup, utilizzo di additivo antiritiro, metodo iniezione IGU

$R_{ck} = 300,0 \text{ daN/cm}^2$
$R_{ck} = 300,0 \text{ daN/cm}^2$
$f_{ck} = 249,0 \text{ daN/cm}^2 = 0,83 \times R_{ck}$
$f_{ck} = 249,0 \text{ daN/cm}^2 = 0,83 \times R_{ck}$
$\gamma_m = 1,50$
$\gamma_m = 1,50$
$\alpha_{cc} = 0,85$
$\alpha_{cc} = 0,85$
$f_{cd} = 141,1 \text{ daN/cm}^2$
$f_{cd} = 141,1 \text{ daN/cm}^2$
$f_{bk} = 40,3 \text{ daN/cm}^2$
$f_{bk} = 40,3 \text{ daN/cm}^2$
$f_{bd} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$
$f_{bd} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$

I materiali utilizzati devono soddisfare alle caratteristiche fisico-meccaniche impartite dalle normative vigenti ed indicate nei riferimenti del paragrafo precedente.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

**4.3.3 PROFILATI TUBOLARI PER BARRIERE
500 kJ, 1500 KJ, 2000 KJ, 3000 KJ**

**Stahl für Profile, Platten vom Typ S275 EN 10025
und Rohre vom Typ S275 EN 10219**

Charakteristische Zugfestigkeit von Stahl
Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio
Charakteristische Ermüdungsfestigkeit von Stahl
Tensione caratteristica a snervamento dell'acciaio
Sicherheitskoeffizient
coefficiente di sicurezza
Berechnungswiderstand von Stahl $= f_{yka}/\gamma_M =$
resistenza di calcolo dell'acciaio $= f_{yka}/\gamma_M =$
Berechnungsquerwiderstand von Stahl $= f_{yka}/\sqrt{3} \gamma_M =$
resistenza di calcolo di taglio acciaio $= f_{yka}/\sqrt{3} \gamma_M =$
E-Modul von Stahl
modulo elastico dell'acciaio

**4.3.3 PROFILATI TUBOLARI PER BARRIERE
500 kJ, 1500 KJ, 2000 KJ, 3000 KJ**

**Acciaio per profilati, piastre del tipo S275 EN 10025
e tubi del tipo S275 EN 10219**

$f_{tka} = 4300 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{tka} = 4300 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{yka} = 2750 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{yka} = 2750 \text{ daN/cm}^2$
 $\gamma_m = 1,05$
 $\gamma_M = 1,05$
 $f_{yda} = 2619 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{yda} = 2619 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{vda} = 1512 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{vda} = 1512 \text{ daN/cm}^2$
 $E = 2,06 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$
 $E = 2,06 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$

4.3.4

**Stahl für Spiralseile (Klasse 1570 N/mm² –
Konstruktion 1 x 37 - UNI EN 12385-10)**

Carico rottura minimo per diametro nominale $\Phi 16$
Coefficiente di sicurezza

4.3.5

Carico rottura minimo per diametro nominale $\Phi 20$
Coefficiente di sicurezza

4.3.6

Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio
Tensione caratteristica a snervamento dell'acciaio
coefficiente di sicurezza
resistenza di calcolo dell'acciaio $= f_{yk} / \gamma_s =$
resistenza di calcolo di taglio acciaio $= f_{yks}/\sqrt{3} \gamma_s =$
modulo elastico dell'acciaio

4.3.4

**ACCIAIO PER ANCORAGGI IN FUNE
SPIROIDALE PER BARRIERE 500 kJ**

**Acciaio per funi spiroidale (classe 1570 N/mm² –
costruzione 1 x 19 - UNI EN 12385-10)**

$T_{\Phi 20} = 211,0 \text{ kN}$
 $\gamma_s = 1,25$

4.3.5

**ACCIAIO PER ANCORAGGI IN FUNE
SPIROIDALE PER BARRIERE 1500, 2000
e 3000 kJ**

**Acciaio per funi spiroidale (classe 1570 N/mm² –
costruzione 1 x 37 - UNI EN 12385-10)**

$T_{\Phi 20} = 322,0 \text{ kN}$
 $\gamma_s = 1,25$

4.3.6

**ACCIAIO IN BARRA PER ANCORAGGI
BARRIERE 500 KJ**

Acciaio per barre tipo GEWI (cl. 500/550)

$f_{tks} = 5500 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{yks} = 5000 \text{ daN/cm}^2$
 $\gamma_s = 1,15$
 $f_{yds} = 4347 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{vds} = 2509 \text{ daN/cm}^2$
 $E = 2,06 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

4.3.7

Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio
Tensione caratteristica a snervamento dell'acciaio
coefficiente di sicurezza
resistenza di calcolo dell'acciaio $= f_{yk} / \gamma_s =$
resistenza di calcolo di taglio acciaio $= f_{yks} / \sqrt{3} \gamma_s =$
modulo elastico dell'acciaio

4.3.7 ACCIAIO IN BARRA PER ANCORAGGI BARRIERE 1500 KJ

Acciaio per barre tipo DYWIDAG (cl. 835/1030)

$f_{tks} = 10300 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{yks} = 8350 \text{ daN/cm}^2$
 $\gamma_s = 1,15$
 $f_{yds} = 6391 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{vds} = 3690 \text{ daN/cm}^2$
 $E = 2,06 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$

4.3.8

Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio
Tensione caratteristica a snervamento dell'acciaio
coefficiente di sicurezza
resistenza di calcolo dell'acciaio $= f_{yk} / \gamma_s =$
resistenza di calcolo di taglio acciaio $= f_{yks} / \sqrt{3} \gamma_M =$
modulo elastico dell'acciaio

4.3.8 ACCIAIO IN BARRA PER ANCORAGGI BARRIERE 2000 KJ, 3000 KJ

Acciaio per barre B450C

$f_{tks} = 5400 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{yks} = 4385 \text{ daN/cm}^2$
 $\gamma_s = 1,15$
 $f_{yds} = 3813 \text{ daN/cm}^2$
 $f_{vds} = 2201 \text{ daN/cm}^2$
 $E = 2,06 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$

4.4 BERECHNUNGSANSATZ

Wie von den technischen Normen des D.M. vom 14.01.2008 (Art. 6.6 ff) vorgesehen, werden die Sicherheitsprüfungen im äußersten Grenzzustand unter Verwendung von Ansatz 2 in den Berechnungen mit dem Teilkoeffizienten-Satz (A1+M1+R3) durchgeführt. In dieser Kombination liegt der Korrelationsfaktor für den charakteristischen Widerstand von Abrutschen ξ_a (R3) bei 1,80 und der Teilkoeffizient des Widerstands der dauerhaften Verankerungen beträgt $\gamma_{Ra,p} = 1,20$, somit liegt der Sicherheitskoeffizient für das Abrutschen der Verankerung bei 2,16.

Was hingegen die Sicherheitsprüfung der Pfosten gemäß der technischen Normen D.M. vom 14.01.2008 (Art. 6.4.3 ff) betrifft, wird der Ansatz 1 verwendet - Kombination 2, mit dem Satz an Teilkoeffizienten (A2+M2+R2). In dieser Kombination wird der Teilkoeffizient für den Widerstand der Pfosten γ_R als 1,60 (Bohrpfosten) angenommen und der Korrelationsfaktor für den charakteristischen Widerstand ξ_a als 1,70, somit liegt der Sicherheitskoeffizient der Pfosten bei 2,72.

Daher werden im Laufe der Berechnung die Sicherheitskoeffizienten ermittelt, die mit denen

4.4 APPROCCIO DI CALCOLO

Secondo quanto previsto dalle Norme tecniche D.M. 14/01/2008 (art. 6.6 e seguenti) la verifica di sicurezza agli stati limite ultimi degli ancoraggi sono stati condotti utilizzando nel calcolo l'Approccio 2, con il set di coefficienti parziali (A1+M1+R3). In tale combinazione, il fattore di correlazione per la resistenza caratteristica a sfilamento ξ_a (R3) vale 1,80 e il coefficiente parziale per la resistenza di ancoraggi di tipo permanente vale $\gamma_{Ra,p} = 1,20$, dunque il coefficiente di sicurezza per lo sfilamento dell'ancoraggio è pari a 2,16.

Per quanto riguarda invece la verifica di sicurezza dei pali, secondo le Norme tecniche D.M. 14/01/2008 (art. 6.4.3 e seguenti), si utilizzerà l'Approccio 1 - Combinazione 2, con il set di coefficienti parziali (A2+M2+R2). In tale combinazione, il coefficiente parziale per la resistenza dei pali γ_R viene assunto pari a 1,60 (pali trivellati) e il fattore di correlazione per la resistenza caratteristica ξ_a pari a 1,70, dunque il coefficiente di sicurezza dei pali è pari a 2,72.

Nel corso del calcolo, pertanto, saranno determinati dei coefficienti di sicurezza che andranno confrontati con

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

verglichen werden, die von den genannten Ansätzen vorgesehen sind.

quelli previsti dai suddetti approcci.

4.5 ANALYSE DER LASTEN DES PROJEKTS

4.5 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

4.5.1

4.5.1 BARRIERA DA 500 KJ

Si considera la barriera commerciale con marcatura CE, avente capacità energetica nominale pari a 500 kJ, caratterizzata dai requisiti prestazionali minimi di deformata massima non superiore a 3.5 m e altezza residua molto maggiore del 50%.

La determinazione dei carichi di progetto avviene considerando i risultati ottenuti durante la prova d'urto a scala reale (Crash Test) di tipo MEL (Maximum Energy Level) eseguita sulla barriera RMC 050 ICAT/2, in cui vengono individuati gli sforzi massimi agenti sulle funi convergenti agli laterali e alla base dei montanti, come indicato nello schema riportato in Fig. 1.

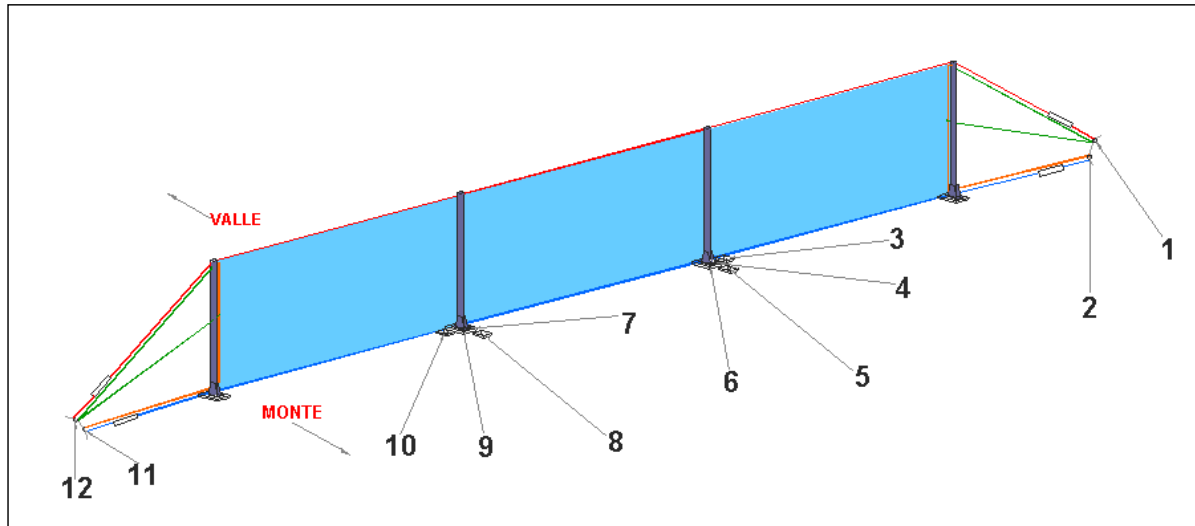


Fig. 1 – Disposizione delle celle di carico per l'analisi degli sforzi sulle funi durante il crash test

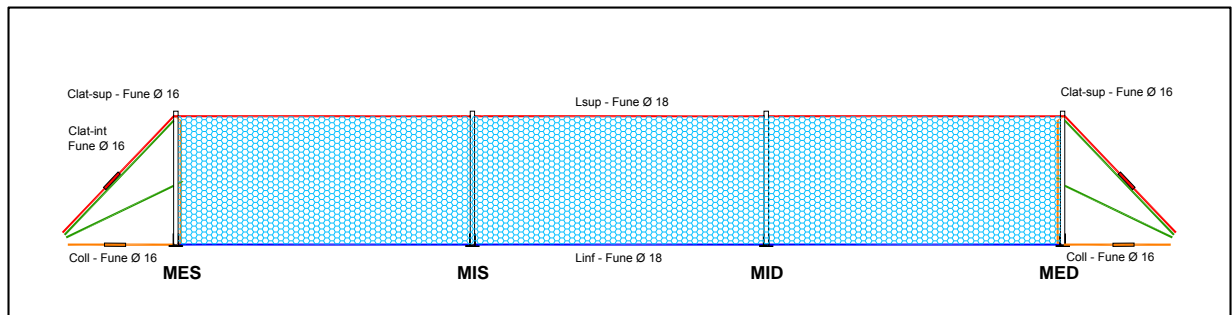


Fig. 2 – Disposizione delle celle di carico per l'analisi degli sforzi sulle funi durante il crash test

Tenuto conto delle forze di picco registrate dalle celle di carico durante il sopramenzionato crash test, della disposizione delle celle di carico, della conformazione geometrica della barriera, è possibile determinare i carichi massimi (nella peggiore combinazione di carico) agenti sui montanti e sugli ancoraggi laterali.

In particolare il massimo carico sull'ancoraggio laterale è pari a 176,90 kN.

Mentre le misurazioni degli sforzi sugli ancoraggi e le sollecitazioni di taglio alla base del montante vengono effettuati in modo diretto, attraverso la misurazione dei carichi agenti con celle di carico, la misurazione del momento flettente alla base del montante e conseguentemente i carichi sugli elementi di fondazione dello stesso avviene per via indiretta attraverso la lettura

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

delle celle di carico posizionate su ciascuno dei due ancoraggi lato monte. A tal fine, tenuto conto della presenza di nervature di rinforzo, secondo le indicazioni di Ballio-Mazzolani (Strutture in acciaio ed. 1987), la sezione è considerata reagente solo a compressione e si può ammettere una distribuzione lineare degli sforzi.

Posto $e = M / N$ l'eccentricità della risultante dei carichi, è ragionevole ritenere che $e > a / 6$ e pertanto che la sezione si parzializzi. In tal caso la sezione viene trattata come una sezione pressoinflessa in cemento armato.

Dalla figura seguente

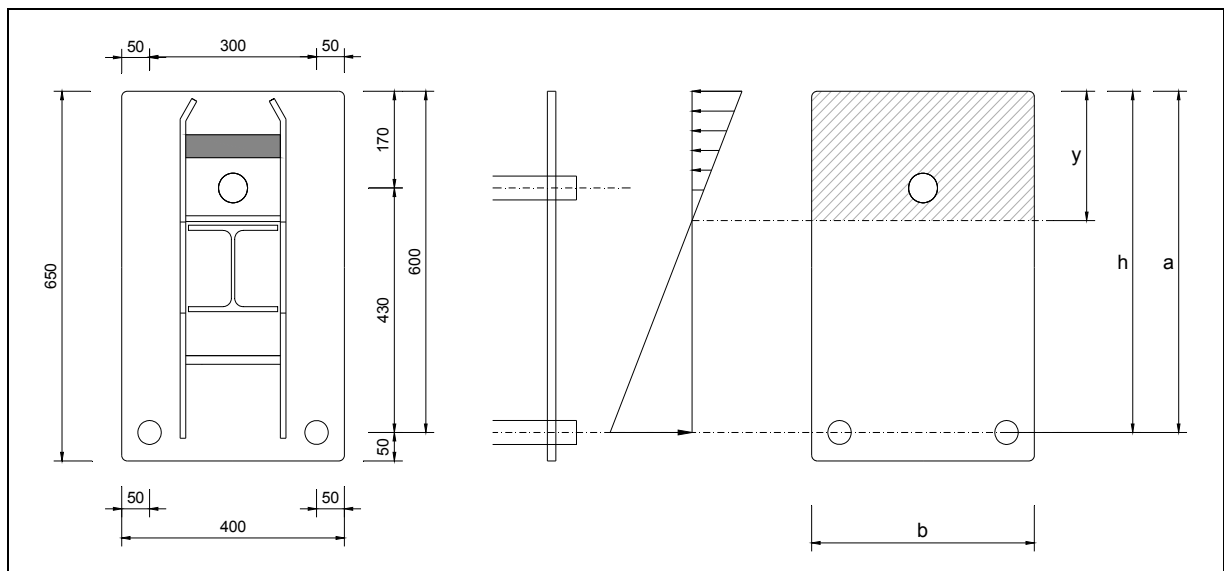


Fig. 3 – Vista in pianta della piastra di base della barriera RMC 050 ICAT/2 e distribuzione degli sforzi

e assunto:

- $b \times a$ le dimensioni della piastra
- y la distanza dell'asse neutro dal bordo compresso
- $d = e - a/2$ la distanza tra il centro di pressione e il bordo compresso
- $A = n A_{res}$ l'area complessiva delle n sezioni resistenti dei tirafondi
- $\xi = E_a / E_c$ il rapporto tra i moduli elastici dell'acciaio e del cls = 15,00

Tenuto conto, per semplicità che la sezione venga ritenuta semplicemente armata con barre in acciaio $\Phi 28$ mm, l'equazione che determina la posizione dell'asse neutro è:

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

$$\frac{b}{6}y^3 + \frac{b \cdot d}{2}y^2 + \xi \cdot A \cdot (d + h) \cdot y - \xi \cdot A \cdot h \cdot (d + h) = 0$$

$$F = A_{res} \sigma_a$$

Posto un momento flettente agente in alla base del montante pari a $M = 180 \text{ kN m}$, sostituendo i seguenti valori numerici e risolvendo si ha:

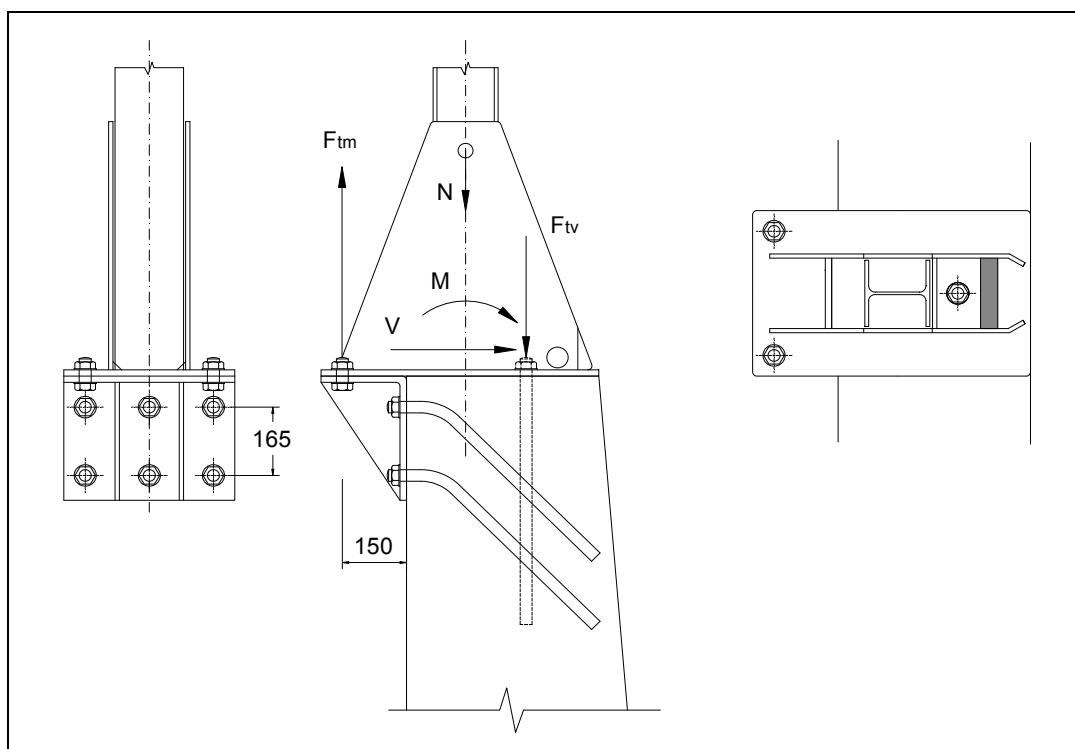
a [cm]	b [cm]	h [cm]	c [cm]	i [cm]	M [kN m]	N [kN]	e [cm]	d [cm]
65,00	40,00	60,00	17,00	43,00	180,00	0,50	36000,00	35967,50

n	Φ [mm]	A_{res} [cm ²]	A [cm ²]	ξ	y [cm]	σ_c [daN/cm ²]	σ_a [daN/cm ²]	F [kN]
2,00	28,00	6,16	12,32	15	19,38	86,79	2728,05	168,00

Valori che risultano coerenti con le prove di crash test ove per il tirafondo di monte maggiormente sollecitato $F_{ct} = 169,6 \text{ kN}$.

Quindi, in definitiva, come indicato nel a figura seguente ed arrotondando adeguatamente si può affermare che in caso di urto alla base del montante agiscono le seguenti sollecitazioni:

$$N = 50 \text{ kN} \quad M = 180 \text{ kN m} \quad V = 35 \text{ kN}$$



Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Fig. 4 – Sezioni schematiche e vista in pianta della piastra di base della barriera RMC 050 ICAT/2 installata in testa al muro in c.a. e sforzi agenti

Nell'ipotesi di posare la piastra di base della barriera sulla testa di un muro in c.a. e utilizzare dei tirafondi posizionati come indicato in figura 4 (n. 2 lato monte e n.1 lato valle), arrotondando adeguatamente, si possono assumere le seguenti sollecitazioni:

$F_{tm} = 170$ kN la forza di trazione agente per ciascuno dei due tirafondi/bulloni di monte

$F_{tv} = 20$ kN la forza di compressione agente per il tirafondo/bullone di valle

Si precisa che nell'ipotesi illustrata, si dovrà tenere conto anche della tensione di compressione sulla testa del muro che, al lembo maggiormente sollecitato è pari a $\sigma_c = 86,79$ daN/cm²

Poiché l'ordine di bulloni posti a monte sono disassati di $p = 15$ cm rispetto l'intradosso interno del muro, si svilupperà un momento flettente M_2 e un taglio V_2 sulla piastra di collegamento e di conseguenza sui bulloni di ancoraggio i cui valori complessivi sono:

$$M_2 = 2 F_{tm} \times p = 5100 \text{ kN cm}$$

$$V_2 = 2 F_{tm} = 340 \text{ kN}$$

4.5.2

4.5.2 BARRIERA DA 1500 KJ

Si considera la barriera commerciale con marcatura CE, avente capacità energetica nominale pari a 1500 kJ, caratterizzata dai requisiti prestazionali minimi di deformata massima non superiore a 6.0 m e altezza residua molto maggiore del 50%.

La determinazione dei carichi di progetto avviene considerando i risultati ottenuti durante la prova d'urto a scala reale (Crash Test) di tipo MEL (Maximum Energy Level) eseguita sulla barriera RB 1500, in cui vengono individuati gli sforzi massimi agenti sulle funi convergenti agli ancoraggi di monte e laterali, come indicato nello schema riportato in Fig. 5.

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

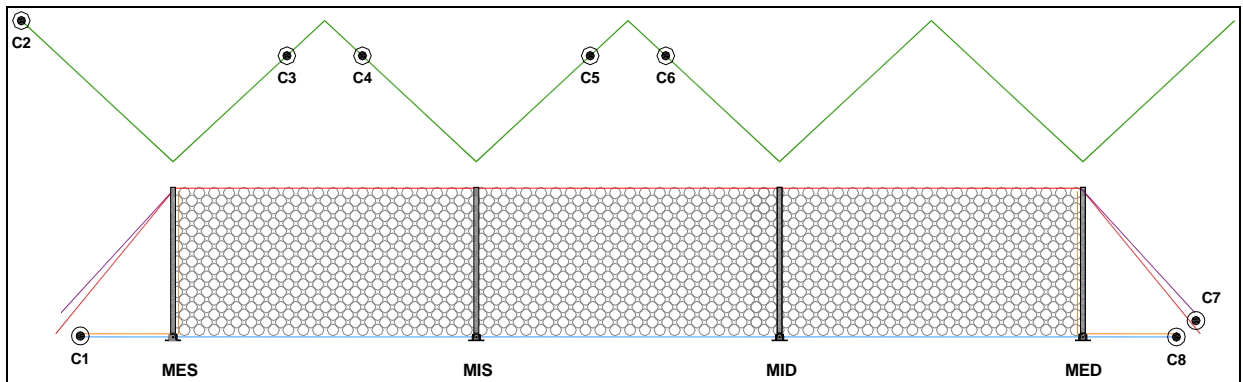


Fig. 5 – Disposizione delle celle di carico per l'analisi degli sforzi sulle funi durante il crash test

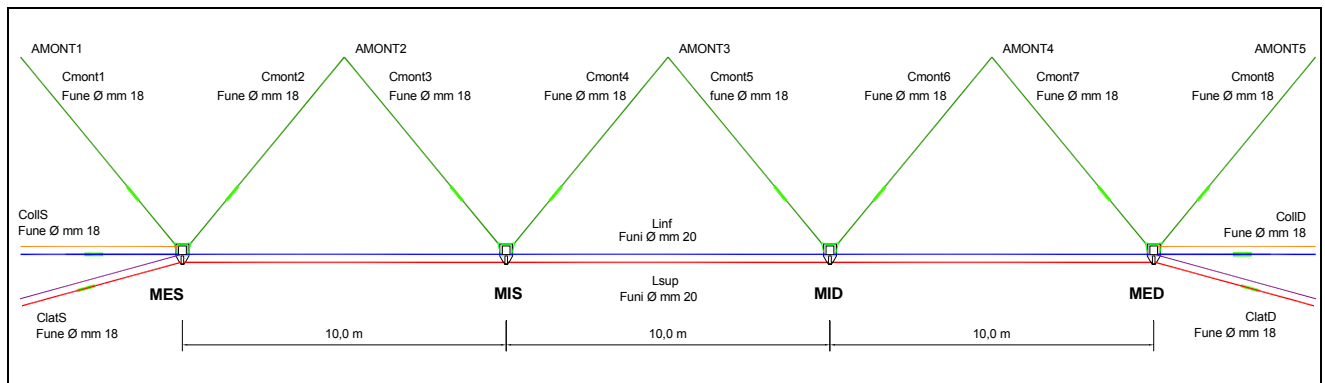


Fig. 6 – Caratteristiche geometriche della barriera RB 1500

Tenuto conto delle forze di picco registrate dalle celle di carico durante il sopramenzionato crash test, della disposizione delle celle di carico, della conformazione geometrica della barriera, è possibile determinare i carichi massimi (nella peggiore combinazione di carico) agenti sui montanti, sugli ancoraggi laterali e sugli ancoraggi di monte, che vengono riportati nella tabella qui di seguito.

- $T_L = 252,60$ kN = massimo carico su ancoraggi laterali
 $T_M = 163,10$ kN = massimo carico su ancoraggi di monte
 $N = 226,26$ kN = massimo carico di compressione alla base del montante
 $V = 157,36$ kN = massimo carico di taglio alla base del montante

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

4.5.3

4.5.3 BARRIERA DA 2000 KJ

Si considera la barriera commerciale con marcatura CE, avente capacità energetica nominale pari a 2000 kJ, caratterizzata dai requisiti prestazionali minimi di deformata massima non superiore a 5.5 m e altezza residua maggiore del 70%.

La determinazione dei carichi di progetto avviene considerando i risultati ottenuti durante la prova d'urto a scala reale (Crash Test) di tipo MEL (Maximum Energy Level) eseguita sulla barriera RMC 200/A, in cui vengono individuati gli sforzi massimi agenti sulle funi convergenti agli ancoraggi di monte e laterali, come indicato nello schema riportato in Fig. 7.

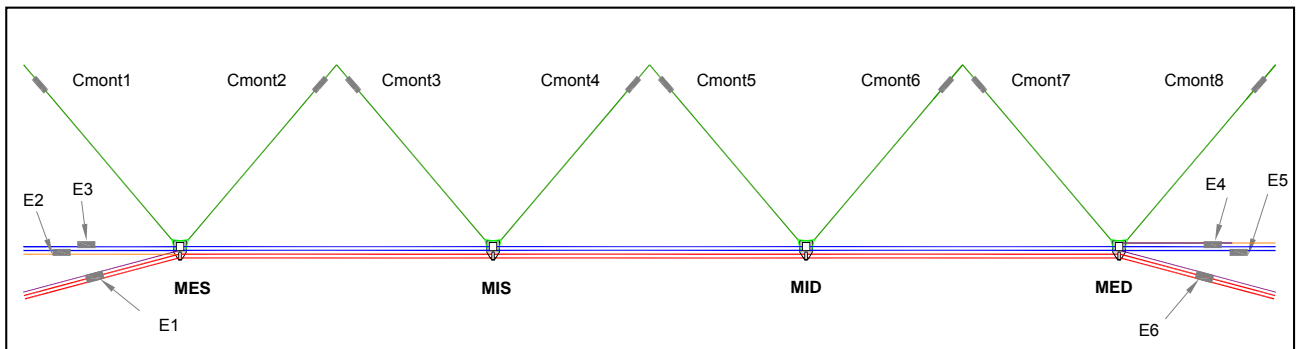


Fig. 7 – Disposizione delle celle di carico per l'analisi degli sforzi sulle funi durante il crash test

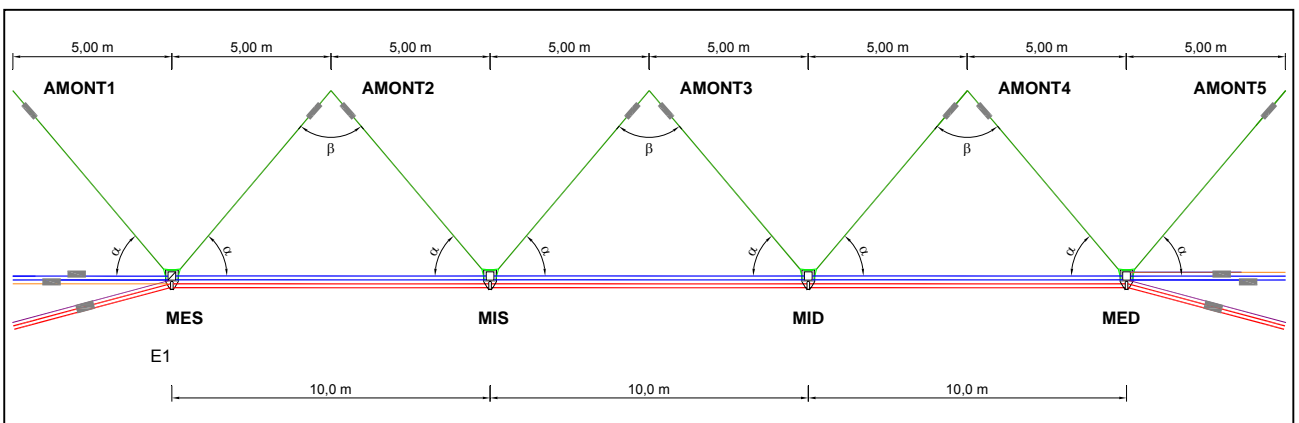


Fig. 8 – Caratteristiche geometriche della barriera RMC 200/A

Tenuto conto delle forze di picco registrate dalle celle di carico durante il sopramenzionato crash test, della disposizione delle celle di carico, della conformazione geometrica della barriera, è possibile determinare i carichi massimi (nella peggiore combinazione di carico) agenti sui montanti, sugli ancoraggi laterali e sugli ancoraggi di monte, che vengono riportati nella tabella

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

qui di seguito.

- $T_L = 237,20$ kN = massimo carico su ancoraggi laterali
- $T_M = 150,05$ kN = massimo carico su ancoraggi di monte
- $N = 195,95$ kN = massimo carico di compressione alla base del montante
- $V = 166,85$ kN = massimo carico di taglio alla base del montante

4.5.4

4.5.4 BARRIERA DA 3000 KJ

Si considera la barriera commerciale con marcatura CE, avente capacità energetica nominale pari a 3000 kJ, caratterizzata dai requisiti prestazionali minimi di deformata massima non superiore a 6.5 m e altezza residua maggiore del 70%.

La determinazione dei carichi di progetto avviene considerando i risultati ottenuti durante la prova d'urto a scala reale (Crash Test) di tipo MEL (Maximum Energy Level) eseguita sulla barriera RMC 300/A, in cui vengono individuati gli sforzi massimi agenti sulle funi convergenti agli ancoraggi di monte e laterali, come indicato nello schema riportato in Fig. 9.

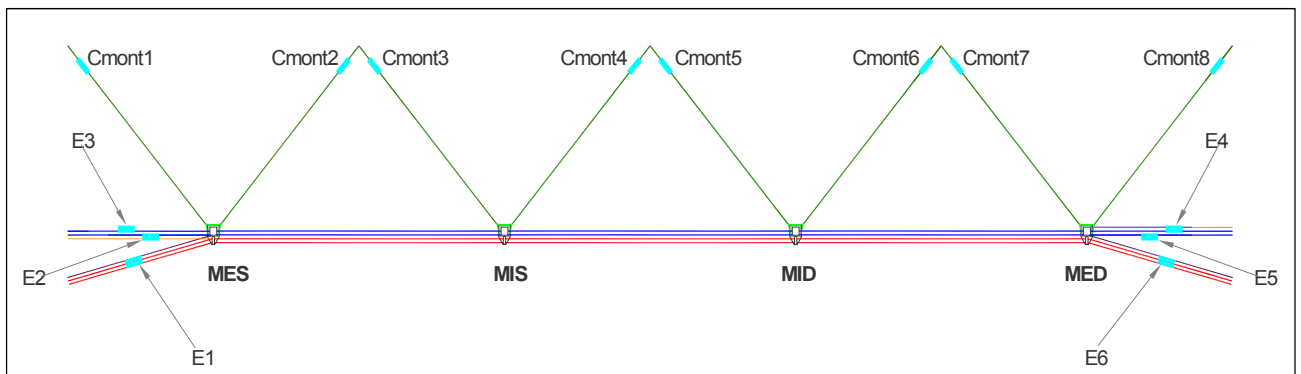


Fig. 9 – Disposizione delle celle di carico per l'analisi degli sforzi sulle funi durante il crash test

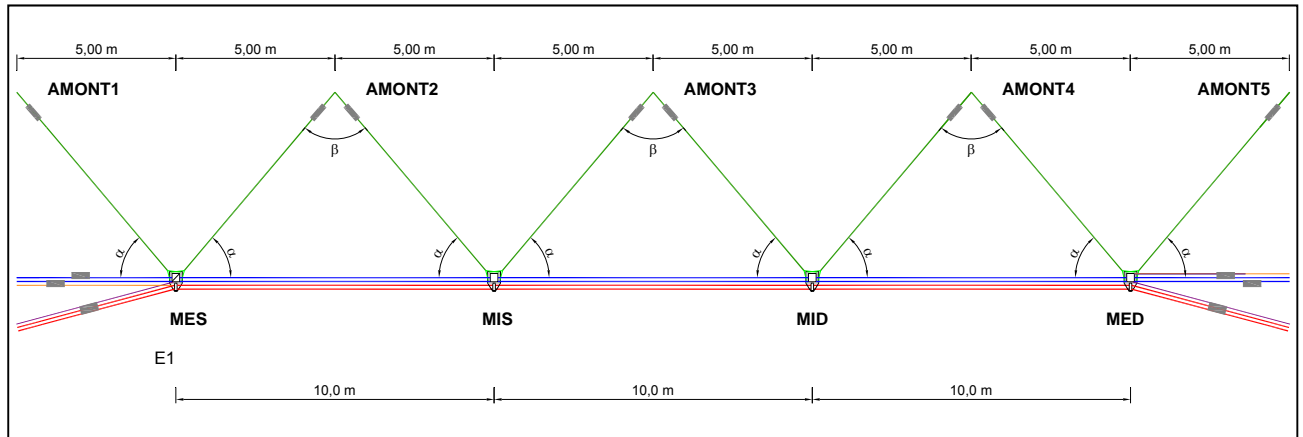


Fig. 10 – Caratteristiche geometriche della barriera RMC 300/A

Tenuto conto delle forze di picco registrate dalle celle di carico durante il sopramenzionato crash test, della disposizione delle celle di carico, della conformazione geometrica della barriera, è possibile determinare i carichi massimi (nella peggiore combinazione di carico) agenti sui montanti, sugli ancoraggi laterali e sugli ancoraggi di monte, che vengono riportati nella tabella qui di seguito.

T_L	=	300,00	kN	= massimo carico su ancoraggi laterali
T_M	=	243,37	kN	= massimo carico su ancoraggi di monte
N	=	275,55	kN	= massimo carico di compressione alla base del montante
V	=	207,63	kN	= massimo carico di taglio alla base del montante

4.6

4.6.1

4.6 VERIFICHE

4.6.1 BARRIERA DA 500 KJ

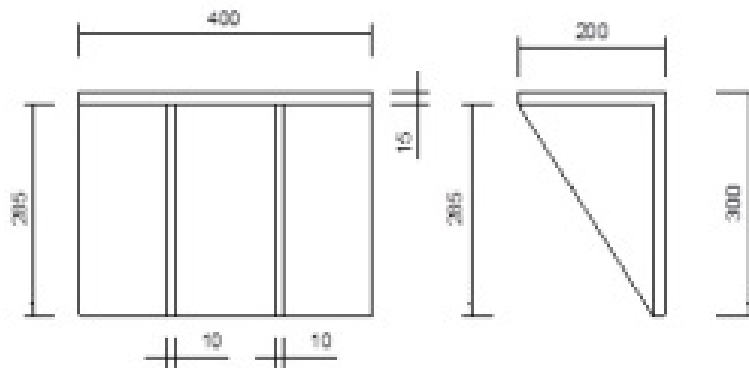
Verifica piastra di collegamento

Oggetto del presente paragrafo è la verifica della piastra di collegamento tra la piastra di base della barriera paramassi e il muro in c.a.

Qui di seguito si riportano le sezioni della suddetta piastra di collegamento, le caratteristiche geometriche e meccaniche del profilato di acciaio, e le tensioni agenti.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi



$$\begin{aligned} A &= 117,0 \text{ cm}^2 \\ A_v &= 60,0 \text{ cm}^2 \\ J_x &= 10446 \text{ cm}^4 \\ W_{xi} &= 476,11 \text{ cm}^3 \quad W_{xs} = 1296,03 \text{ cm}^3 \\ M &= 5100 \text{ kN cm} \quad V = 340 \text{ kN} \\ \sigma_a &= M / W_{xi} = 1071,43 \text{ daN/cm}^2 \\ \tau_a &= V / A_v = 566,7 \text{ daN/cm}^2 \\ \sigma_{id} &= 1453,04 \text{ daN/cm}^2 \end{aligned}$$

Poiché le tensioni di progetto sono inferiori alle tensioni limite dell'acciaio S275 UNI EN 10025 la sezione risulta verificata.

Verifica dei bulloni per la piastra di collegamento

Oggetto del presente paragrafo è la verifica dei bulloni per la connessione della piastra di collegamento e la piastra di base della barriera RMC 050 ICAT/2.

Posto:

γ_{M2} = coefficiente di sicurezza per la verifica delle unioni. NTC 2008 - Tabella 4.2. XII

d [mm] = diametro bulloni di collegamento

Φ, d_o [mm] = diametro del foro di alloggiamento del bullone

n_{bulloni} = numero bulloni sollecitati

A_{res} [mm²] = sezione resistente del singolo bullone

A_{sez} [mm²] = sezione resistente dell'elemento in acciaio

f_{tk} [N/mm²] = tensione di rottura dell'acciaio della piastra o degli elementi da collegare

f_{yd} [N/mm²] = tensione di snervamento dell'acciaio della piastra o degli elementi da collegare

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

f_{tb} [N/mm²] = tensione di rottura dei bulloni

La resistenza di calcolo a trazione dei bulloni (NTC 2008 - art. 4.2.8.1) è verificata quando:

$$F_{t,Rd} = \frac{0,90 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

La resistenza a punzonamento del piatto collegato è verificata quando:

$$B_{p,Rd} [\text{daN}] = \frac{0,60 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}}$$

La resistenza a taglio dei bulloni singoli classe 8.8 (NTC 2008 – art. 4.2.8.1.1) è verificata quando:

$$F_{v,Rd} [\text{daN}] = \frac{0,60 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

Si prevede l'utilizzo di 2 bulloni M27 di classe 8.8.

Si suppone che ciascun bullone sia sollecitato dalla forza di trazione massima $F_{tm} = 170$ kN.

Sostituendo i valori numerici si ha:

d [mm]	A_{res} [mm ²]	γ_{M2}	f_{tb} [N/mm ²]	$F_{t,Rd}$ [daN]	F_{tm} [daN]	n_{bulloni}	N_b [daN]	Verifica
27,00	459,00	1,25	800,00	26438,40	17000,00	1,00	17000,00	SI'

d [mm]	t_p [mm]	f_{tk} [N/mm ²]	γ_{M2}	$B_{p,Rd}$ [daN]	F_{tm} [daN]	Verifica	θ
27,00	15,00	430,00	1,25	26261,2	17000,00	SI'	1,54

d [mm]	A_{res} [mm ²]	γ_{M2}	f_{tb} [N/mm ²]	$F_{v,Rd}$ [daN]	n_{bulloni}	$F_{b, vres}$ [daN]	F_{tm} [daN]	Verifica
27,00	459,00	1,25	800,00	17625,60	1,00	17625,60	35,00	SI'

Verifica delle barre di ancoraggio a tergo del muro in c.a.

Oggetto del presente paragrafo è la verifica delle barre di ancoraggio della piastra di collegamento al muro in c.a.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Si ipotizza che l'ancoraggio al muro avvenga mediante barre filettate in acciaio tipo 500/550 GEWI.

Si prevede in particolare l'utilizzo di $n = 6$ barre $\Phi 28$ inserite nel getto del muro per una lunghezza minima di 0,50 m, filettate per il collegamento con la piastra aggiuntiva.

Ciascuna barra di ancoraggio del sistema così composto è sollecitato da:

$$V = 2 F_{tm} / n = 5666,7 \text{ daN}$$

$$N = 2 M_2 / n b_r = \pm 10303 \text{ daN}$$

La resistenza allo scorrimento fra acciaio e calcestruzzo è dovuta alle tensioni di aderenza, all'attrito all'interfaccia acciaio-calcestruzzo. Nell'ambito del metodo di verifica agli stati limiti si può assumere una tensione tangenziale di progetto dovuta all'aderenza ed all'attrito:

$$f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2, \text{ per sezioni con acciaio nervato}$$

$$\tau_{aderenza} = N_b / A_{aderenza} = 10303 / (2,8 \times \pi \times L) = 23,44 \text{ daN/cm}^2 < f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Si ipotizza, ora, che la piastra di base sia bloccata mediante 6 tirafondi in barre d'acciaio tipo GEWI $\Phi = 28$ mm e che il taglio venga assorbito esclusivamente dalle barre d'acciaio. Per ogni barra si avrà uno sforzo di taglio pari a :

$$V_b = V_{max} / n = 5666,7 \text{ daN}$$

Posto $A_{res} = 3 / 4 A_s = 4,62 \text{ cm}^2$, la massima tensione tagliante per ogni barra vale:

$$\tau_{max} = V_b / A_{res} = 1227,12 \text{ daN / cm}^2 < f_{vds} = 2509 \text{ daN/cm}^2 \text{ (coeff. sicurezza } \theta = 2,04)$$

Noto il valore di tensione dovuta al carico verticale $\sigma_s = 10303,0 / A_s = 1673,4 \text{ daN/cm}^2$ la tensione ideale vale:

$$\sigma_{id} = \sqrt{(\sigma_s^2 + 3 \tau_{max}^2)} = 2705,3 \text{ daN/cm}^2 < f_{yds} = 4347 \text{ daN/cm}^2 \text{ (coeff. sicurezza } \theta = 1,61)$$

Verifica della barre di ancoraggio di valle

Si ipotizza che l'ancoraggio della piastra di base sul lato di valle avvenga mediante n. 1 barra filettata in acciaio tipo 500/550 GEWI.

Si prevede in particolare l'utilizzo di $n = 1$ barra $\Phi 28$ inserita nel getto del muro per una lunghezza minima di 0,50 m, filettata per il collegamento con la piastra

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

aggiuntiva.

La barra di ancoraggio di valle è soggetta ad una compressione pari a $F_{tv} = 20$ kN.

La resistenza allo scorrimento fra acciaio e calcestruzzo è dovuta alle tensioni di aderenza, all'attrito all'interfaccia acciaio-calcestruzzo. Nell'ambito del metodo di verifica agli stati limiti si può assumere una tensione tangenziale di progetto dovuta all'aderenza ed all'attrito:

$f_{bdc} = 26,9$ daN/cm², per sezioni con acciaio nervato

$\tau_{aderenza} = N_b / A_{aderenza} = 2000 / (2,8 \times \pi \times L) = 4,55$ daN/cm² < $f_{bdc} = 26,9$ daN/cm²

Si precisa che possono essere adottate anche soluzioni diverse per inghisare la piastra aggiuntiva nel getto del muro (mediante zanche, prolungamenti della piastra ecc..) oppure le barre di ancoraggio possono essere dotate di ganci, barre trasversali ecc. per ridurre la lunghezza di ancoraggio delle stesse nel getto.

Si fa presente, infine che occorre prendere gli opportuni accorgimenti in merito all'armatura della testa del muro ove vengono appoggiate le piastre dei montanti della barriera RMC 050 ICAT/2 affinché non si abbia la rottura della testa del calcestruzzo ed inoltre dovranno essere verificate le conseguenze che il carico derivante dall'urto possa avere in merito alla stabilità del muro.

Verifica ancoraggio laterale

Noto il carico $T = T_L = 179,6$ kN, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi laterali verranno realizzati con dei cavallotti in fune d'acciaio $\Phi 16$ inseriti con lunghezza $L = 2,00$ m, inseriti all'interno della cassaforma per il getto del calcestruzzo.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$\tau = T / (\mu \delta A_{lat}) = 17960 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 1,60 \times 200) = 12,36$ daN/cm² < $f_{bd} = 26,9$ daN/cm²

Per cui il coefficiente di sicurezza $\alpha = 2,18$, avendo indicato con

μ = coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

superfici posto nel presente caso = 0,85

δ = coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a 0,85 (caso di due trefoli)

A_{lat} = area laterale dei due trefoli pari a $2 \pi \Phi L$

4.6.2

4.6.2 BARRIERA DA 1500 KJ

Fondazioni del montante

A favore di sicurezza si considera che tutte le fondazioni dei montanti siano sollecitate con il massimo carico $N = 226,26$ kN. Si rileva, inoltre, che la base del montante è soggetta anche ad una forza di taglio, che vale $V = 157,36$ kN.

Le fondazioni del montante verranno realizzate mediante $n_b = 2$ barre in acciaio tipo DYWIDAG aventi diametro $\Phi 32$ inserite in perforazioni di diametro minimo $D = 90$ mm ciascuno, in modo da formare 2 micropali di lunghezza pari a 4,00 m.

Si determina la portata limite mediante la formula (BUSTAMANTE-DOIX, 1985).

$$P_L = k \pi \alpha D \sum_i (L_i q_{si})$$

Dove:

K = coefficiente di maggiorazione che tiene conto nel calcolo della resistenza a compressione del contributo della resistenza di punta pari a 1,15

α = coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione e che vale, per il caso in esame, 1,20

I = indice che identifica la stratigrafia e assunto nel caso in esame pari ad 1 (un solo strato)

D = diametro di perforazione pari a 9,0 cm

L_1 = lunghezza utile di aderenza del micropalo pari a 400 cm per lo strato omogeneo

q_{s1} = tensione limite di aderenza che dipende oltre che dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio e fissato nel caso in esame pari a 2,20 daN/cm² per lo strato oggetto di studio.

I valori di α e q_s sono ricavati da BUSTAMANTE-DOIX, considerando che la resistenza d'attrito all'estrazione esistente tra il calcestruzzo del plinto e la miscela dell'iniezione.

Strato	L_i [cm]	q_{si} [daN/cm ²]	$q_{si} L_{-si}$ [daN/cm]
1	400,00	2,20	880,00
	$L_{tot} = 400,00$	$\Sigma (L_{-si} \times q_{si})$	880,00

Dalla Tabella e dai coefficienti indicati si ottiene:

$$P_L = R_k = 31475 \text{ daN}$$

$$R_d = N_b = N / n_b = 11313 \text{ daN}$$

$$\gamma = R_k / R_d = 2,78 > 2,72$$

Nell'ipotesi di affidare la resistenza a compressione alla sola armatura in acciaio si ha:

$$\sigma_f = N_b / A = 11313 / 8,04 = 1407,1 \text{ daN/cm}^2 < f_{yds} = 6391 \text{ daN/cm}^2 \text{ (coeff. sic. } \theta = 4,54)$$

Si calcola successivamente il valore di tensione nel palo, nell'ipotesi che contribuisca al trasferimento del carico negli strati profondi anche la sezione in calcestruzzo.

La resistenza plastica della sezione composta acciaio calcestruzzo a sforzo normale può essere valutata, nell'ipotesi di completa aderenza tra i materiali, secondo la formula:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_a f_{yk}}{\gamma_a} + \frac{A_c \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} + \frac{A_s f_{sk}}{\gamma_s}$$

dove $A_a = 0,0 \text{ cm}^2$, $A_c = 32,32 \text{ cm}^2$, $A_s = 6,16 \text{ cm}^2$ sono, rispettivamente, le aree del profilo in acciaio, della parte in calcestruzzo e delle barre d'armatura, mentre $\gamma_a = 1,05$, $\gamma_c = 1,50$, $\gamma_s = 1,15$ sono i coefficienti di sicurezza.

$$N_{pl,Rd} = 66203,4 \text{ daN} > 11313,0 \text{ daN} \text{ con coeff. sic. } \theta = 5,85$$

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

La resistenza allo scorrimento fra acciaio e calcestruzzo è dovuta alle tensioni di aderenza, all'attrito all'interfaccia acciaio-calcestruzzo. Nell'ambito del metodo di verifica agli stati limiti si può assumere una tensione tangenziale di progetto dovuta all'aderenza ed all'attrito:

$$f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2, \text{ per sezioni con acciaio nervato}$$

$$\tau_{aderenza} = N_b / A_{aderenza} = 11313 / (3,2 \times \pi \times L) = 2,81 \text{ daN/cm}^2 < f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Si effettua infine la verifica di stabilità dell'elemento compresso. Il momento d'inerzia risulta:

$$J_i = \pi \Phi^4/64 + \pi/64 [(d_{perf}^4 - \Phi^4)/n] = 26,26 \text{ cm}^4$$

Essendo il modulo di reazione β per unità di spostamento laterale e per unità di lunghezza pari a:

$$\beta = W \times D \quad \text{con:}$$

W modulo di Winkler (pari a $15,00 \text{ daN/cm}^3$ [Pozzati]),

D = diametro di perforazione = 9,0 cm

Il valore di carico critico per l'instabilità risulta

$$P_K = 2 \times \sqrt{(\beta \times E \times J)} = 170919 \text{ daN}$$

Il coefficiente per instabilità risulta:

$$\eta = P_K / (N/n_b) = 15,11 > 10 = \text{valore min. accettabile del coeff. per aste a coefficiente euleriano.}$$

Verifica sollecitazione delle barre

Si suppone ora che il montante sia soggetto, oltre che ad una forza di compressione, anche alla forza di taglio, che si assume $T_o = V = 157,36 \text{ kN}$.

Si ipotizza, ora, che la piastra di base sia bloccata a terra unicamente mediante 2 tirafondi in barre d'acciaio tipo DIWIDAG avente $\Phi = 32 \text{ mm}$ e che il taglio venga assorbito esclusivamente dalle barre d'acciaio. Per ogni barra si avrà uno sforzo di taglio massimo pari a:

$$T_B = T_o / 2 = 7868,0 \text{ daN}$$

Posto $A_{res} = \pi \Phi^2 / 4 = 8,04 \text{ cm}^2$, la massima tensione tagliante per ogni barra vale:

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

$$\tau_{\max} = 4 T_B / 3 A_{\text{res}} = 1305,1 \text{ daN/cm}^2 < f_{\text{vds}} = 3690 \text{ daN/cm}^2 \text{ (coeff. sicurezza } \theta = 2,82)$$

Nota il valore di tensione dovuta al carico verticale $\sigma_f = 1407,1 \text{ daN/cm}^2$ la tensione ideale vale:

$$\sigma_{\text{id}} = \sqrt{(\sigma_f^2 + 3 \tau_{\max}^2)} = 2662,7 \text{ daN/cm}^2 < f_{\text{yds}} = 6391 \text{ daN/cm}^2 \text{ (coeff. sicurezza } \theta = 2,40)$$

Verifica ancoraggio di monte

Nota il carico $T = T_M = 163,10 \text{ kN}$, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi di monte verranno realizzati con dei cavallotti in fune d'acciaio spiroidale $\Phi 20$ inseriti in perforazioni del diametro trasversale minimo pari a $D = 11,4 \text{ cm}$ e lunghezza $L = 5,00 \text{ m}$.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu \delta A_{\text{lat}}) = 16310 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 2,00 \times 500) = 3,59 \text{ daN/cm}^2 < f_{\text{bd}} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui si ha un coefficiente di sicurezza $\alpha = 7,48$, avendo indicato con

μ = coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso = 0,85

δ = coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a 0,85 (caso di due trefoli)

A_{lat} = area laterale dei due trefoli pari a $2 \pi \Phi L$

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

I valori di aderenza tra il nucleo iniettato e il terreno considerandone la stratigrafia ipotizzata vale:

$$\tau = T / (\pi D L) = 16310 / (\pi \times 11,4 \times 500) = 0,90 \text{ daN/cm}^2 < \tau_{\text{ds}} = 2,20 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui si ottiene un coefficiente di sicurezza $\theta = \tau_{\text{ds}} / \tau = 2,44 > 2,16$

Verifica resistenza fune

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

$Q = 322,0 \text{ kN} = \text{Carico di rottura fune d'acciaio spiroidale singola } \Phi 20$

$Q_c = 512,0 \text{ kN} = \text{Carico di rottura cavallotto fune d'acciaio spiroidale } \Phi 20$

$T = 163,1 \text{ kN} = \text{Carico massimo applicato all'ancoraggio}$

$\eta = 3,14 = \text{coefficiente di sicurezza}$

Verifica ancoraggio laterale

Noto il carico $T = T_L = 252,6 \text{ kN}$, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi laterali verranno realizzati con dei cavallotti in fune d'acciaio spiroidale $\Phi 20$ inseriti in perforazioni del diametro trasversale minimo pari a $D = 11,40\text{cm}$ e lunghezza $L = 7,00 \text{ m}$.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu \delta A_{\text{lat}}) = 25260 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 2,00 \times 600) = 4,64 \text{ daN/cm}^2 < f_{\text{bd}} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui il coefficiente di sicurezza $\alpha = 5,80$, avendo indicato con

$\mu = \text{coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso} = 0,85$

$\delta = \text{coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a } 0,85 \text{ (caso di due trefoli)}$

$A_{\text{lat}} = \text{area laterale dei due trefoli pari a } 2 \pi \Phi L$

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

I valori di aderenza tra il nucleo iniettato e il terreno considerandone la stratigrafia ipotizzata vale:

$$\tau = T / (\pi D L) = 25260 / (\pi \times 11,4 \times 700) = 1,01 \text{ daN/cm}^2 < \tau_{\text{dS}} = 2,20 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui si ottiene un coefficiente di sicurezza $\theta = \tau_{\text{dS}} / \tau = 2,18 > 2,16$

Verifica resistenza fune

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

$Q = 322,0 \text{ kN} =$ Carico di rottura fune d'acciaio
spiroidale singola $\Phi 20$

$Q_c = 512,0 \text{ kN} =$ Carico di rottura cavallotto fune
d'acciaio spiroidale $\Phi 20$

$T = 252,6 \text{ kN} =$ Carico massimo applicato all'ancoraggio

$\eta = 2,03 =$ coefficiente di sicurezza

Si fa presente che comunque, nell'eventualità di ricoprimenti di terreno avente caratteristiche diverse da quelle di progetto la lunghezza di infissione dovrà essere convenientemente aumentata in modo da mantenere la stessa superficie laterale di ancoraggio immersa nello strato di terreno aventi le caratteristiche ipotizzate. Dovrà comunque essere in ogni caso verificata l'aderenza delle presenti ipotesi progettuali alle effettive caratteristiche del terreno rinvenuto in sito.

4.6.3

4.6.3 BARRIERA DA 2000 KJ

Fondazioni del montante

A favore di sicurezza si considera che tutte le fondazioni dei montanti siano sollecitate con il massimo carico $N = 195,95 \text{ kN}$. Si assume, inoltre, che la base del montante sia soggetta anche ad una forza di taglio, che vale $V = 166,85 \text{ kN}$.

Le fondazioni del montante verranno realizzate mediante $n_b = 4$ barre in acciaio tipo B450C aventi diametro $\Phi 24$ inserite in perforazioni di diametro minimo $D = 60 \text{ mm}$ ciascuno, in modo da formare 4 micropali di lunghezza pari a 3,50 m.

Si determina la portata limite mediante la formula (BUSTAMANTE-DOIX, 1985).

$$P_L = k \pi \alpha D \sum_i (L_i q_{si})$$

Dove:

$K =$ coefficiente di maggiorazione che tiene conto nel calcolo della resistenza a compressione del contributo della resistenza di punta pari a 1,15

$\alpha =$ coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione e che vale, per il caso in esame, 1,20

I = indice che identifica la stratigrafia e assunto nel caso in esame pari ad 1 (un solo strato)

D = diametro di perforazione pari a 6,0 cm

L_1 = lunghezza utile di aderenza del micropalo pari a 350 cm per lo strato omogeneo

q_{s1} = tensione limite di aderenza che dipende oltre che dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio e fissato nel caso in esame pari a 2,20 daN/cm² per lo strato oggetto di studio.

I valori di α e q_s sono ricavati da BUSTAMANTE-DOIX, considerando che la resistenza d'attrito all'estrazione esistente tra il calcestruzzo del plinto e la miscela dell'iniezione.

Strato	L_i [cm]	q_{si} [daN/cm ²]	$q_{si} L_{si}$ [daN/cm]
1	350,00	2,20	770,00
	$L_{tot} = 350,00$	$\Sigma (L_{si} \times q_{si})$	770,00

Dalla Tabella e dai coefficienti indicati si ottiene:

$$P_L = R_k = 20028 \text{ daN}$$

$$R_d = N_b = N / n_b = 4898,8 \text{ daN}$$

$$\gamma = R_k / R_d = 4,09 > 2,72$$

Nell'ipotesi di affidare la resistenza a compressione alla sola armatura in acciaio si ha:

$$\sigma_f = N_b / A = 19595 / (4 \times 4,52) = 1083,8 \text{ daN/cm}^2 < f_{yds} = 3813 \text{ daN/cm}^2 \text{ (coeff. sic. } \theta = 3,52)$$

Si calcola successivamente il valore di tensione nel palo, nell'ipotesi che contribuisca al trasferimento del carico negli strati profondi anche la sezione in calcestruzzo.

La resistenza plastica della sezione composta acciaio calcestruzzo a sforzo normale può essere valutata, nell'ipotesi di completa aderenza tra i materiali, secondo

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

la formula:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_a f_{yk}}{\gamma_a} + \frac{A_c \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} + \frac{A_s f_{sk}}{\gamma_s}$$

dove $A_a = 0,0 \text{ cm}^2$, $A_c = 23,75 \text{ cm}^2$, $A_s = 4,52 \text{ cm}^2$ sono, rispettivamente, le aree del profilo in acciaio, della parte in calcestruzzo e delle barre d'armatura, mentre $\gamma_a = 1,05$, $\gamma_c = 1,50$, $\gamma_s = 1,15$ sono i coefficienti di sicurezza.

$$N_{pl,Rd} = 20586 \text{ daN} > 4898,8 \text{ daN} \quad \text{con coeff. sic. } \theta = 4,20$$

La resistenza allo scorrimento fra acciaio e calcestruzzo è dovuta alle tensioni di aderenza, all'attrito all'interfaccia acciaio-calcestruzzo. Nell'ambito del metodo di verifica agli stati limiti si può assumere una tensione tangenziale di progetto dovuta all'aderenza ed all'attrito:

$$f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2, \text{ per sezioni con acciaio nervato}$$

$$\tau_{aderenza} = N_b / A_{aderenza} = 19595 / (4 \times 2,4 \times \pi \times L) = 1,86 \text{ daN/cm}^2 < f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Si effettua infine la verifica di stabilità dell'elemento compresso. Il momento d'inerzia risulta:

$$J_i = \pi \Phi^4 / 64 + \pi / 64 [(d_{perf}^4 - \Phi^4) / \eta] = 5,76 \text{ cm}^4$$

Essendo il modulo di reazione β per unità di spostamento laterale e per unità di lunghezza pari a:

$$\beta = W \times D \quad \text{con:}$$

$$W \text{ modulo di Winkler (pari a } 15,00 \text{ daN/cm}^3 \text{ [Pozzati]),}$$

$$D = \text{diametro di perforazione} = 6,0 \text{ cm}$$

Il valore di carico critico per l'instabilità risulta

$$P_K = 2 \times \sqrt{(\beta \times E \times J)} = 65358 \text{ daN}$$

Il coefficiente per instabilità risulta:

$$\eta = P_K / (N / n_b) = 13,34 > 10 = \text{valore min. accettabile del coeff. per aste a coefficiente euleriano.}$$

Verifica sollecitazione delle barre

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Si suppone ora che il montante sia soggetto, oltre che ad una forza di compressione, anche alla forza di taglio, che si assume $T_o = V = 166,85 \text{ kN}$.

Si ipotizza, ora, che la piastra di base sia bloccata a terra unicamente mediante 4 tirafondi in barre d'acciaio tipo B450C avente $\Phi = 24 \text{ mm}$ e che il taglio venga assorbito esclusivamente dalle barre d'acciaio. Per ogni barra si avrà uno sforzo di taglio pari a:

$$T_B = T_o / 2 = 4171,25 \text{ daN}$$

Posto $A_{res} = \pi \Phi^2 / 4 = 4,52 \text{ cm}^2$, la massima tensione tagliante per ogni barra vale:

$$\tau_{max} = 4 T_B / 3 A_{res} = 1230,5 \text{ daN} / \text{cm}^2 < f_{vds} = 2201 \text{ daN/cm}^2 \text{ (coeff. sicurezza } \theta = 1,79)$$

Noto il valore di tensione dovuta al carico verticale $\sigma_f = 1407,1 \text{ daN/cm}^2$ la tensione ideale vale:

$$\sigma_{id} = \sqrt{(\sigma_f^2 + 3 \tau_{max}^2)} = 2391 \text{ daN/cm}^2 < f_{yds} = 3813 \text{ daN/cm}^2 \text{ (coeff. sicurezza } \theta = 1,60)$$

Verifica ancoraggio di monte

Noto il carico $T = T_M = 150,05 \text{ kN}$, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi di monte verranno realizzati con dei cavallotti in fune d'acciaio spiroidale $\Phi 20$ inseriti in perforazioni del diametro trasversale minimo pari a $D = 10 \text{ cm}$ e lunghezza $L = 5,00 \text{ m}$.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu \delta A_{lat}) = 15005 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 2,00 \times 500) = 3,31 \text{ daN/cm}^2 < f_{bd} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui si ha un coefficiente di sicurezza $\alpha = 8,14$, avendo indicato con

μ = coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso = 0,85

δ = coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a 0,85 (caso di due trefoli)

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

$A_{lat} =$ area laterale dei due trefoli pari a $2 \pi \Phi L$

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

I valori di aderenza tra il nucleo iniettato e il terreno considerandone la stratigrafia ipotizzata vale:

$$\tau = T / (\pi D L) = 15005 / (\pi \times 10,0 \times 500) = 0,96 \text{ daN/cm}^2 \\ < \tau_{ds} = 2,20 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui si ottiene un coefficiente di sicurezza $\theta = \tau_{ds} / \tau = 2,29 > 2,16$

Verifica resistenza fune

$Q = 322,0 \text{ kN} =$ Carico di rottura fune d'acciaio spiroidale singola $\Phi 20$

$Q_c = 512,0 \text{ kN} =$ Carico di rottura cavallotto fune d'acciaio spiroidale $\Phi 20$

$T = 150,05 \text{ kN} =$ Carico massimo applicato all'a coraggio

$\eta = 3,41 =$ coefficiente di sicurezza

Verifica ancoraggio laterale

Noto il carico $T = T_L = 237,2 \text{ kN}$, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi laterali verranno realizzati con dei cavallotti in fune d'acciaio spiroidale $\Phi 20$ inseriti in perforazioni del diametro trasversale minimo pari a $D = 11,4 \text{ cm}$ e lunghezza $L = 6,50 \text{ m}$.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu \delta A_{lat}) = 23720 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 2,00 \times 650) = 4,01 \text{ daN/cm}^2 < f_{bd} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui il coefficiente di sicurezza $\alpha = 6,18$, avendo indicato con

$\mu =$ coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso $= 0,85$

$\delta =$ coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

0,85 (caso di due trefoli)

A_{lat} = area laterale dei due trefoli pari a $2 \pi \Phi L$

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

I valori di aderenza tra il nucleo iniettato e il terreno considerandone la stratigrafia ipotizzata vale:

$$\tau = T / (\pi D L) = 23720 / (\pi \times 11,4 \times 650) = 1,01 \text{ daN/cm}^2 < \tau_{dS} = 2,20 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui si ottiene un coefficiente di sicurezza $\theta = \tau_{dS} / \tau = 2,18 > 2,16$

Verifica resistenza fune

$Q = 322,0 \text{ kN}$ = Carico di rottura fune d'acciaio spiroidale singola $\Phi 20$

$Q_c = 512,0 \text{ kN}$ = Carico di rottura cavallotto fune d'acciaio spiroidale $\Phi 20$

$T = 237,2 \text{ kN}$ = Carico massimo applicato all'ancoraggio

$\eta = 2,16$ = coefficiente di sicurezza

Si fa presente che comunque, nell'eventualità di ricoprimenti di terreno avente caratteristiche diverse da quelle di progetto la lunghezza di infissione dovrà essere convenientemente aumentata in modo da mantenere la stessa superficie laterale di ancoraggio immersa nello strato di terreno aventi le caratteristiche ipotizzate. Dovrà comunque essere in ogni caso verificata l'aderenza delle presenti ipotesi progettuali alle effettive caratteristiche del terreno rinvenuto in sito.

4.6.4

4.6.4 BARRIERA DA 3000 KJ

Fondazioni del montante

A favore di sicurezza si considera che tutte le fondazioni dei montanti siano sollecitate con il massimo carico $N = 275,55 \text{ kN}$. Si assume, inoltre, che la base del montante sia soggetta anche ad una forza di taglio, che vale $V = 207,63 \text{ kN}$

Le fondazioni del montante verranno realizzate mediante $n_b = 4$ barre in acciaio tipo B450C aventi

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

diametro $\Phi 28$ inserite in perforazioni di diametro minimo $D = 65$ mm ciascuno, in modo da formare 4 micropali di lunghezza pari a 4,00 m.

Si determina la portata limite mediante la formula (BUSTAMANTE-DOIX, 1985).

$$P_L = k \pi \alpha D \sum_i (L_i q_{si})$$

Dove:

K = coefficiente di maggiorazione che tiene conto nel calcolo della resistenza a compressione del contributo della resistenza di punta pari a 1,15

α = coefficiente di maggiorazione funzione della qualità del terreno e che tiene conto del grado di penetrazione dell'iniezione nel terreno circostante alla perforazione e che vale, per il caso in esame, 1,20

I = indice che identifica la stratigrafia e assunto nel caso in esame pari ad 1 (un solo strato)

D = diametro di perforazione pari a 6,5 cm

L_1 = lunghezza utile di aderenza del micropalo pari a 400 cm per lo strato omogeneo

q_{s1} = tensione limite di aderenza che dipende oltre che dalla natura del suolo, dalla sua consistenza e dalla metodologia di lavoro utilizzata per realizzare l'ancoraggio e fissato nel caso in esame pari a 2,20 daN/cm² per lo strato oggetto di studio.

I valori di α e q_s sono ricavati da BUSTAMANTE-DOIX, considerando che la resistenza d'attrito all'estrazione esistente tra il calcestruzzo del plinto e la miscela dell'iniezione.

Strato	L_i [cm]	q_{si} [daN/cm ²]	$q_{si} L_{si}$ [daN/cm]
1	400,00	2,20	880,00
$L_{tot} = 400,00$		$\Sigma (L_{si} \times q_{si})$	880,00

Dalla Tabella e dai coefficienti indicati si ottiene:

$$P_L = R_k = 24798,5 \text{ daN}$$

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

$$R_d = N_b = N / n_b = 6888,7 \text{ daN}$$

$$\gamma = R_k / R_d = 3,59 > 2,72$$

Nell'ipotesi di affidare la resistenza a compressione alla sola armatura in acciaio si ha:

$$\sigma_f = N_b / A = 27555 / (4 \times 6,16) = 1118,7 \text{ daN/cm}^2 < f_{yds} = 3813 \text{ daN/cm}^2 \text{ (coeff. sic. } \theta = 3,41)$$

Si calcola successivamente il valore di tensione nel palo, nell'ipotesi che contribuisca al trasferimento del carico negli strati profondi anche la sezione in calcestruzzo.

La resistenza plastica della sezione composta acciaio calcestruzzo a sforzo normale può essere valutata, nell'ipotesi di completa aderenza tra i materiali, secondo la formula:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A_a f_{yk}}{\gamma_a} + \frac{A_c \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} + \frac{A_s f_{sk}}{\gamma_s}$$

dove $A_a = 0,0 \text{ cm}^2$, $A_c = 23,75 \text{ cm}^2$, $A_s = 4,52 \text{ cm}^2$ sono, rispettivamente, le aree del profilo in acciaio, della parte in calcestruzzo e delle barre d'armatura, mentre $\gamma_a = 1,05$, $\gamma_c = 1,50$, $\gamma_s = 1,15$ sono i coefficienti di sicurezza.

$$N_{pl,Rd} = 26608 \text{ daN} > 6888,7 \text{ daN} \text{ con coeff. sic. } \theta = 3,86$$

La resistenza allo scorrimento fra acciaio e calcestruzzo è dovuta alle tensioni di aderenza, all'attrito all'interfaccia acciaio-calcestruzzo. Nell'ambito del metodo di verifica agli stati limiti si può assumere una tensione tangenziale di progetto dovuta all'aderenza ed all'attrito:

$$f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2, \text{ per sezioni con acciaio nervato}$$

$$\tau_{aderenza} = N_b / A_{aderenza} = 27555 / (4 \times 2,8 \times \pi \times L) = 1,96 \text{ daN/cm}^2 < f_{bdc} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Si effettua infine la verifica di stabilità dell'elemento compresso. Il momento d'inerzia risulta:

$$J_i = \pi \Phi^4 / 64 + \pi / 64 [(d_{perf}^4 - \Phi^4) / \eta] = 8,65 \text{ cm}^4$$

Essendo il modulo di reazione β per unità di spostamento laterale e per unità di lunghezza pari a:

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

$$\beta = W \times D \quad \text{con:}$$

W modulo di Winkler (pari a 15,00 daN/cm³ [Pozzati]),

D = diametro di perforazione = 6,5 cm

Il valore di carico critico per l'instabilità risulta

$$P_K = 2 \times \sqrt{(\beta \times E \times J)} = 83399,9 \text{ daN}$$

Il coefficiente per instabilità risulta:

$\eta = P_K / (N/n_b) = 12,11 > 10 =$ valore min. accettabile del coeff. per aste a coefficiente euleriano.

Verifica sollecitazione delle barre

Si suppone ora che il montante sia soggetto, oltre che ad una forza di compressione, anche alla forza di taglio, che si assume $T_o = V = 207,63 \text{ kN}$.

Si ipotizza, ora, che la piastra di base sia bloccata a terra unicamente mediante 4 tirafondi in barre d'acciaio tipo B450C avente $\Phi = 28 \text{ mm}$ e che il taglio venga assorbito esclusivamente dalle barre d'acciaio. Per ogni barra si avrà uno sforzo di taglio pari a:

$$T_B = T_o / 2 = 5190,84 \text{ daN}$$

Posto $A_{res} = \pi \Phi^2 / 4 = 6,16 \text{ cm}^2$, la massima tensione tagliante per ogni barra vale:

$$\tau_{max} = 4 T_B / 3 A_{res} = 1123,54 \text{ daN} / \text{cm}^2 < f_{vds} = 2201 \text{ daN/cm}^2 \text{ (coeff. sicurezza } \theta = 1,96)$$

Noto il valore di tensione dovuta al carico verticale $\sigma_f = 1118,7 \text{ daN/cm}^2$ la tensione ideale vale:

$$\sigma_{id} = \sqrt{(\sigma_f^2 + 3 \tau_{max}^2)} = 2245,4 \text{ daN/cm}^2 < f_{yds} = 3813 \text{ daN/cm}^2 \text{ (coeff. sicurezza } \theta = 1,70)$$

Verifica ancoraggio di monte

Noto il carico $T = T_M = 243,37 \text{ kN}$, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi di monte verranno realizzati con dei cavallotti in fune d'acciaio spiroidale $\Phi 20$ inseriti in perforazioni del diametro trasversale minimo pari a $D =$

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

11,4 cm e lunghezza $L = 6,00$ m.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu \delta A_{lat}) = 24337 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 2,00 \times 600) = 4,45 \text{ daN/cm}^2 < f_{bd} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui si ha un coefficiente di sicurezza $\alpha = 6,04$, avendo indicato con

μ = coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso = 0,85

δ = coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a 0,85 (caso di due trefoli)

A_{lat} = area laterale dei due trefoli pari a $2 \pi \Phi L$

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

I valori di aderenza tra il nucleo iniettato e il terreno considerandone la stratigrafia ipotizzata vale:

$$\tau = T / (\pi D L) = 24337 / (\pi \times 1,15 \times 11,4 \times 600) = 0,98 \text{ daN/cm}^2 < \tau_{dS} = 2,20 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui si ottiene un coefficiente di sicurezza $\theta = \tau_{dS} / \tau = 2,25 > 2,16$

Verifica resistenza fune

$Q = 322,0$ kN = Carico di rottura fune d'acciaio spiroidale singola $\Phi 20$

$Q_c = 512,0$ kN = Carico di rottura cavallotto fune d'acciaio spiroidale $\Phi 20$

$T = 243,37$ kN = Carico massimo applicato all'ancoraggio

$\eta = 2,10$ = coefficiente di sicurezza

Verifica ancoraggio laterale

Noto il carico $T = T_L = 300,0$ kN, la disposizione delle funi, definita la stratigrafia del terreno, si determinano rispettivamente le tensioni tangenziali tra armatura e nucleo di iniezione e tra il nucleo di iniezione e terreno.

Gli ancoraggi laterali verranno realizzati con dei cavallotti in fune d'acciaio spiroidale $\Phi 20$ inseriti in

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

perforazioni del diametro trasversale minimo pari a $D = 12,00$ cm e lunghezza $L = 7,00$ m.

Verifica aderenza cavallotto fune – nucleo iniettato

$$\tau = T / (\mu \delta A_{lat}) = 30000 / (0,85 \times 0,85 \times 2 \times \pi \times 2,00 \times 700) = 4,71 \text{ daN/cm}^2 < f_{bd} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui il coefficiente di sicurezza $\alpha = 5,71$, avendo indicato con

μ = coefficiente di riduzione, funzione dello stato delle superfici posto nel presente caso = 0,85

δ = coefficiente di riduzione che dipende dal numero di trefoli inseriti in un foro posto nel caso in esame pari a 0,85 (caso di due trefoli)

A_{lat} = area laterale dei due trefoli pari a $2 \pi \Phi L$

Verifica aderenza nucleo iniettato - terreno

I valori di aderenza tra il nucleo iniettato e il terreno considerandone la stratigrafia ipotizzata vale:

$$\tau = T / (\pi D L) = 30000 / (\pi \times 1,15 \times 12,0 \times 700) = 0,99 \text{ daN/cm}^2 < \tau_{dS} = 2,20 \text{ daN/cm}^2$$

Per cui si ottiene un coefficiente di sicurezza $\theta = \tau_{dS} / \tau = 2,22 > 2,16$

Verifica resistenza fune

$Q = 322,0$ kN = Carico di rottura fune d'acciaio spiroidale singola $\Phi 20$

$Q_c = 512,0$ kN = Carico di rottura cavallotto fune d'acciaio spiroidale $\Phi 20$

$T = 237,2$ kN = Carico massimo applicato all'ancoraggio

$\eta = 1,71$ = coefficiente di sicurezza

Si fa presente che comunque, nell'eventualità di ricoprimenti di terreno avente caratteristiche diverse da quelle di progetto la lunghezza di infissione dovrà essere convenientemente aumentata in modo da mantenere la stessa superficie laterale di ancoraggio immersa nello strato di terreno aventi le caratteristiche ipotizzate. Dovrà comunque essere in ogni caso verificata l'aderenza delle presenti ipotesi progettuali

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

alle effettive caratteristiche del terreno rinvenuto in sito.

4.7

4.7 CONCLUSIONI

Nelle seguenti tabelle si riportano le tipologie di fondazione da utilizzare per la realizzazione della barriera con capacità nominale 1500, 2000, e 3000 kJ progettate nell'ambito dei lavori del sublotto di costruzione opere principali sottoattraversamento Isarco.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

BARRIERA RMC 050 ICAT/2		
FONDAZIONE	TIPO DI FONDAZIONE	DIMENSIONI
Tirafondo di valle	n. 1 barre in acciaio GEWI	Diametro = 28 mm Lunghezza = 0,50 m
Tirafondo di monte (a tergo del muro in c.a.)	n. 6 barre in acciaio GEWI	Diametro = 28 mm Lunghezza = 0,50 m
Ancoraggi laterali	Cavallotti in fune spiroidale	Diametro = 16 mm Lunghezza = 2,00 m

BARRIERA RB 1500			
FONDAZIONE	TIPO DI FONDAZIONE	DIMENSIONI	DIAMETRO DI PERFORAZIONE
Fondazioni dei montanti	n. 2 barre in acciaio DIWIDAG	Diametro = 32 mm Lunghezza = 4,00 m	Diametro minimo di perforazione = 90 mm
Ancoraggi laterali	Cavallotti in fune spiroidale	Diametro = 20 mm Lunghezza = 7,00 m	Diametro minimo di perforazione = 114 mm
Ancoraggi di monte	Cavallotti in fune spiroidale	Diametro = 20 mm Lunghezza = 5,00 m	Diametro minimo di perforazione = 114 mm

BARRIERA RMC 200/A			
FONDAZIONE	TIPO DI FONDAZIONE	DIMENSIONI	DIAMETRO DI PERFORAZIONE
Fondazioni dei montanti	n. 4 barre in acciaio B450C	Diametro = 24 mm Lunghezza = 3,50 m	Diametro minimo di perforazione = 60 mm
Ancoraggi laterali	Cavallotti in fune spiroidale	Diametro = 20 mm Lunghezza = 6,50 m	Diametro minimo di perforazione = 114 mm
Ancoraggi di monte	Cavallotti in fune spiroidale	Diametro = 20 mm Lunghezza = 5,00 m	Diametro minimo di perforazione = 100 mm

BARRIERA RMC 300/A			
FONDAZIONE	TIPO DI FONDAZIONE	DIMENSIONI	DIAMETRO DI PERFORAZIONE
Fondazioni dei montanti	n. 4 barre in acciaio B450C	Diametro = 28 mm Lunghezza = 4,00 m	Diametro minimo di perforazione = 65 mm
Ancoraggi laterali	Cavallotti in fune spiroidale	Diametro = 20 mm Lunghezza = 7,00 m	Diametro minimo di perforazione = 120 mm
Ancoraggi di monte	Cavallotti in fune spiroidale	Diametro = 20 mm Lunghezza = 6,00 m	Diametro minimo di perforazione = 114 mm

Bei der Auslegung und der Prüfung, die in vorliegendem Bericht durchgeführt wurden, wurden einige Projektannahmen definiert, vor allem unter sehr spezifischen Projektlasten, die sich aus der Aufprallprüfung in echtem Maßstab ergaben, außerdem wurden die entsprechenden Bodenparameter auf Grundlage des Berichts der Berechnung der Fundamentarbeiten von Steinschlagbarrieren (Ausarbeitung D0753-08-01-011.01-CL-00) definiert.

Nel dimensionamento e nella verifica effettuata nella presente relazione sono state definite alcune ipotesi progettuali, prima fra tutte l'assunzione di ben specifici carichi di progetto derivanti dalle prove d'urto a scala reale, inoltre i parametri relativi ai terreni sono stati definiti sulla base della "Relazione di calcolo delle opere di fondazioni delle barriere paramassi" del progetto definitivo (elaborato D0753-08-01-011.01-CL-00).

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

Die Entscheidung, auch die Lasten, die sich aus der Aufprallprüfung in echtem Maßstab ergaben zu berücksichtigen, anschließend basiert auf die Konfiguration des Aufpralls, definiert von den Richtlinien ETAG 027, ist von der Tatsache diktiert, dass es unmöglich ist, alle Konfigurationen der Aufprall-Geometrie der Barriere in der Realität zu definieren, daher ist die Projekthypothese sicherlich die geeignetste, um alle Kräfte, die mitwirken, zu verstehen.

Alle Veränderungen von Umgebungsbedingungen, die nicht den Vorschriften im Bericht entsprechen, ebenso wie mögliche Änderungen, die in den Annahmen nicht erscheinen, machen eine Prüfung der Gültigkeit der Ergebnisse notwendig, die aus diesem Bericht erhalten wurden.

Daher wird darauf hingewiesen, dass die Sicherheitsfaktoren, die in die Analyse einbezogen wurden (Werte zwischen 2 und 6) sehr sorgfältig sind hinsichtlich dessen, was zu berücksichtigen ist:

- 1) Mögliche Unsicherheiten bezüglich der Geländedaten;
- 2) verschiedene geometrische Konfigurationen zwischen der getesteten Barriere (ideale Situation) und der erstellten Barriere;
- 3) verschiedene Verteilung der Lasten, die auf die Verbindungselemente von der Barriere mit dem Boden wirken.

La scelta di prendere in considerazione i carichi derivanti dalle prove d'urto a scala reale, quindi basati sulla configurazione di impatto definite dalle Linee Guida ETAG 027, è dettato dal fatto che sarebbe impossibile andare a definire tutte le configurazioni di impatto-geometria della barriera che si avrebbero nella realtà; pertanto tale ipotesi progettuale è sicuramente la più adatta al fine di comprendere l'entità delle forze in gioco.

Tutte le variazioni alle condizioni al contorno, che non rispettassero quanto previsto in relazione, nonché tutte le eventuali variazioni non ipotizzate, comporteranno la necessità di procedere alla verifica della validità dei risultati ottenuti nella presente relazione.

Si precisa, comunque, che i fattori di sicurezza inseriti nell'analisi sono molto cautelativi (valori compresi tra 2 e 6) in quanto devono tener conto di:

- 1) possibile incertezza sui dati relativi al terreno;
- 2) differente configurazione geometrica tra barriera testata (situazione ideale) e barriera posta in opera;
- 3) differente distribuzione dei carichi agenti sugli elementi di connessione della barriera con il terreno.

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Spostamento linea storica

Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera

Contenuto documento: Relazione sulle barriere paramassi

ANLAGE
ANALYSE UND PRÜFUNGEN DER STEINSCHLAGBARRIEREN

ALLEGATO

“ANALISI E VERIFICHE BARRIERE PARAMASSI”

Elenco delle sezioni di caduta esaminate

Sezioni di caduta	Tratte di barriere	Energia nominale barriera	Altezza barriera	Quota orientativa barriera	Vmax impatto	Vel impatto al 97mo percentile	Hmax impatto	H impatto al 97mo percentile	Figure di riferimento
		[kJ]	[kJ]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m]	[m]	[m]
1	1-2-3-4	1500	3.50	798.0	19.5	17.2	3.60	2.7	1.1 - 1.4
2	5-6-7-8	2000	5.00	793.0	20.7	26.1	5.00	3.9	2.1 - 2.4
3	9-10-11-12	2000	5.00	790.5	28.2	21.5	5.00	3.9	3.1 - 3.4
4	13-14-15	2000	5.00	782.0	23.5	17.6	5.00	3.2	4.1 - 4.4
5	16	3000	6.00	784.0	29.4	23.3	5.50	4.1	5.1 - 5.4
6	17	3000	6.00	797.0	29.8	24.4	5.80	4.4	6.1 - 6.4
7	18-19	3000	6.00	809.0	31.2	25.6	6.00	5.2	7.1 - 7.4
8	20	2000	5.00	813.0	22.4	17.8	4.70	3.4	8.1 - 8.4
9	21-22	2000	5.00	820.5	19.9	17.4	5.00	3.7	9.1 - 9.4
10	23-24	2000	5.00	808.0	15.6	19.2	4.40	2.8	10.1 - 10.4
11	25- 26-27	3000	6.00	774.5	21.2	16.6	5.20	3.1	11.1 - 11.4

1

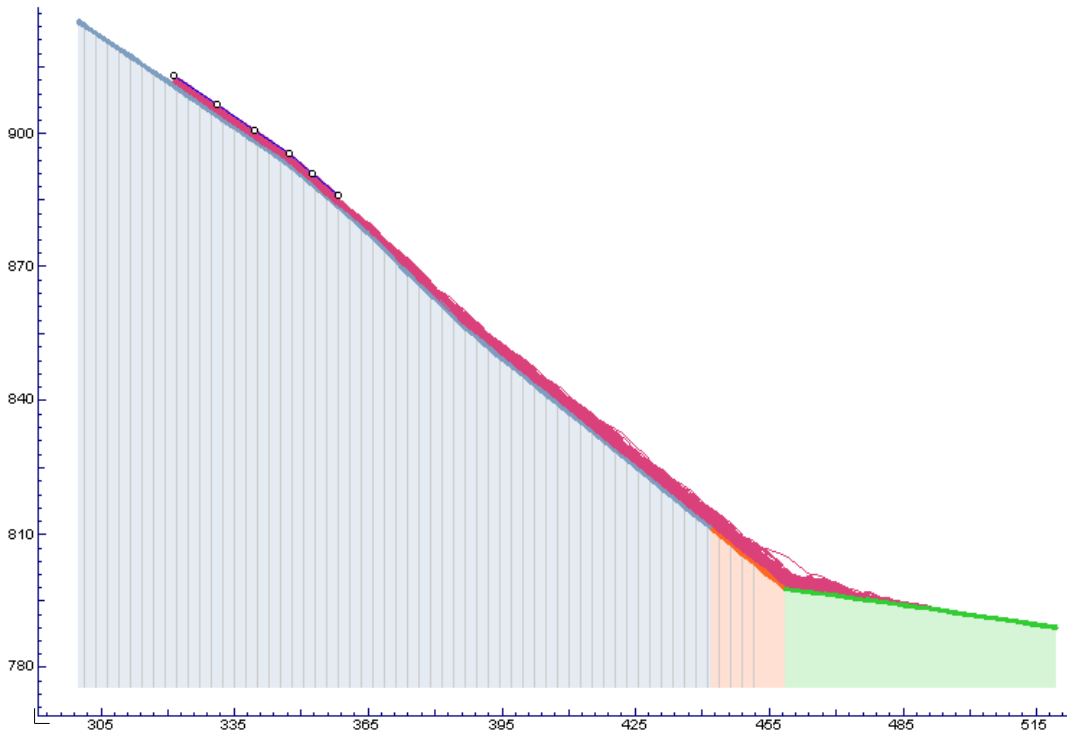


Fig. 1.1 – Sez. 1 – Pendio senza barriera

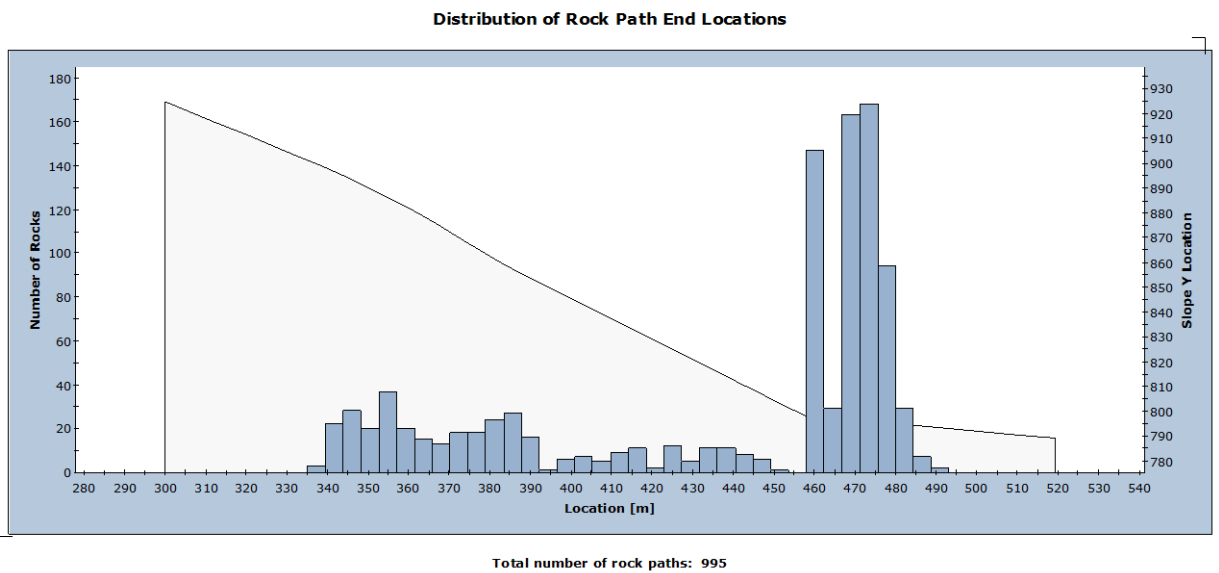
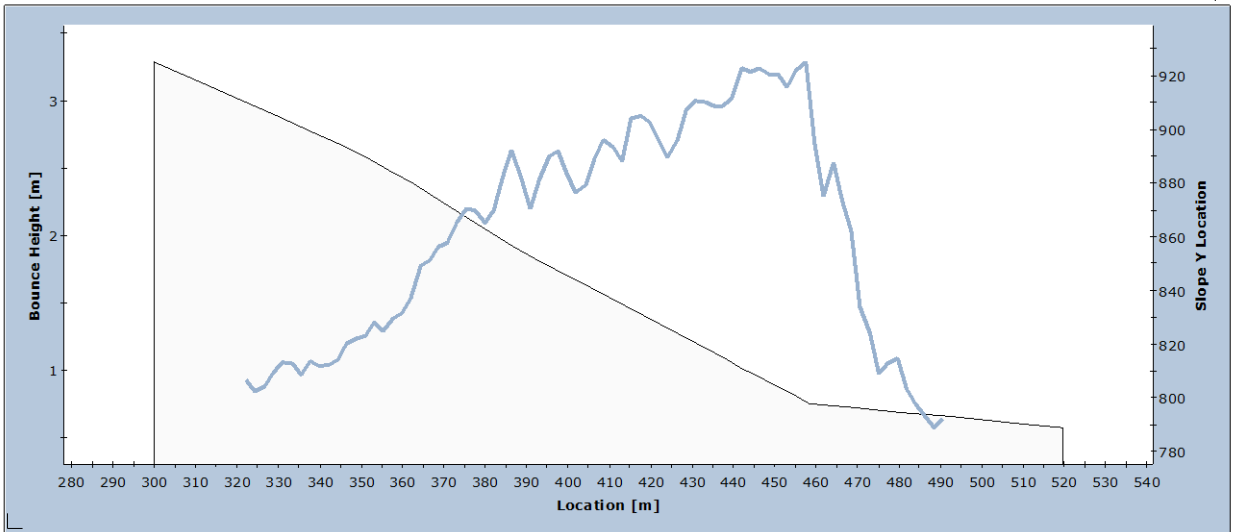


Fig. 1.2 – Sez. 1 – Frequenza dei punti d'arresto delle traiettorie

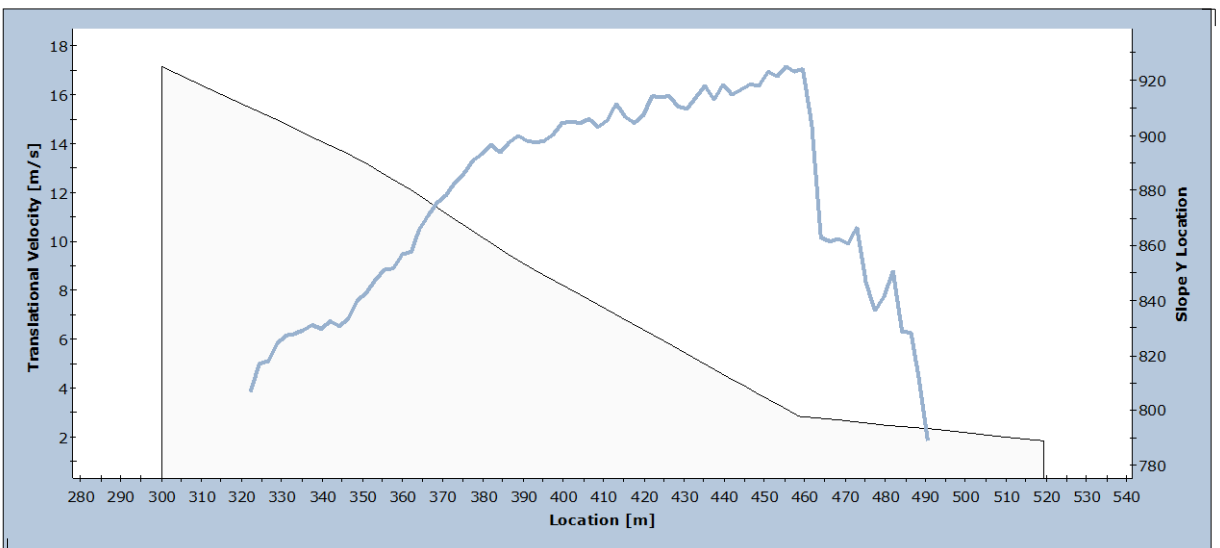
**Bounce Height on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 995

Fig. 1.3 – Sez. 1 – Inviluppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile

**Translational Velocity on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 995

Fig. 1.4 – Sez. 1 – Inviluppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile

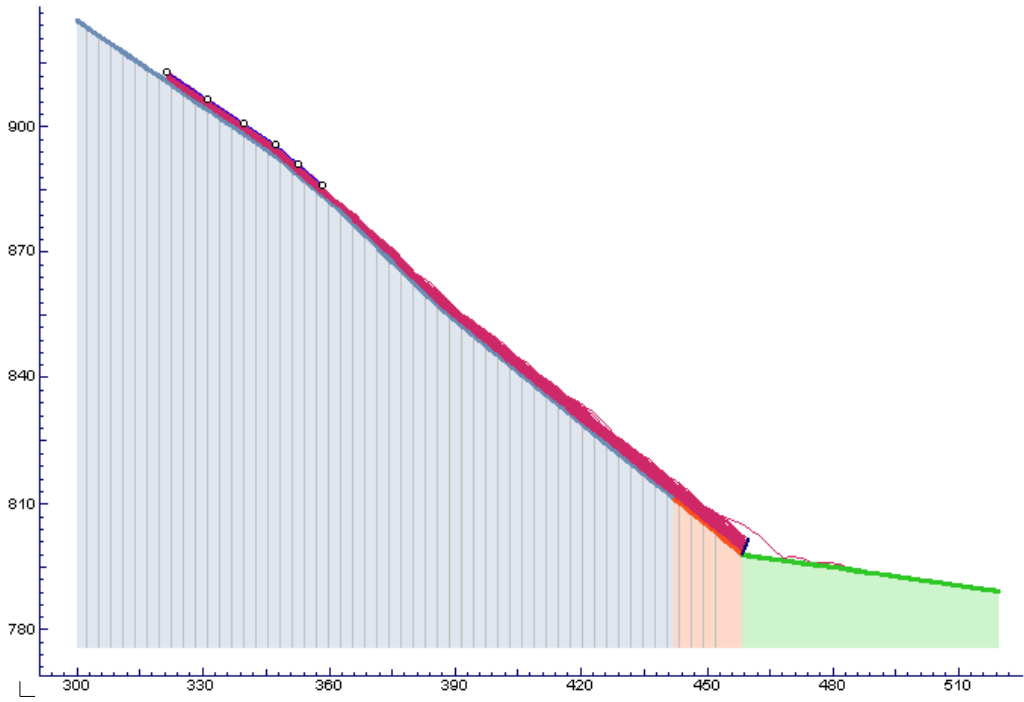


Fig. 1.5 – Sez. 1 – Pendio con barriera

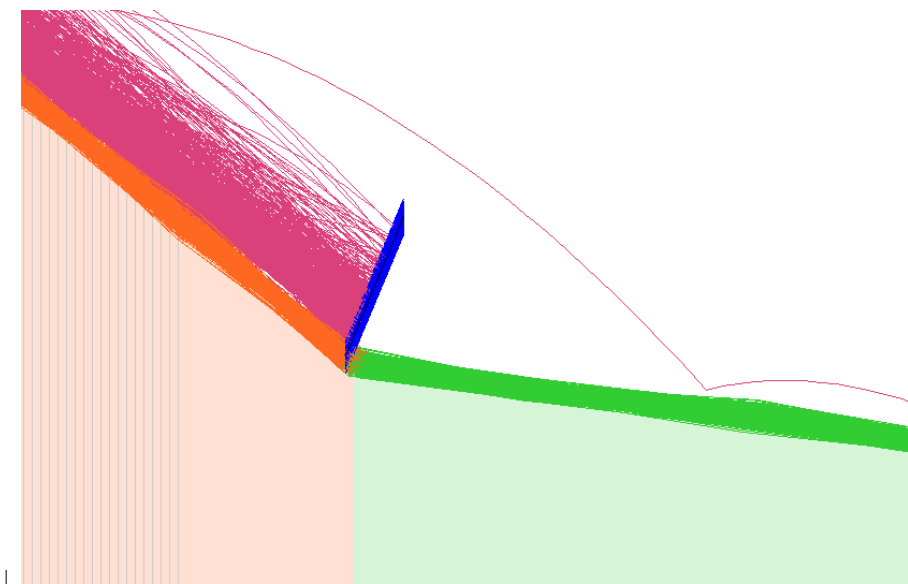
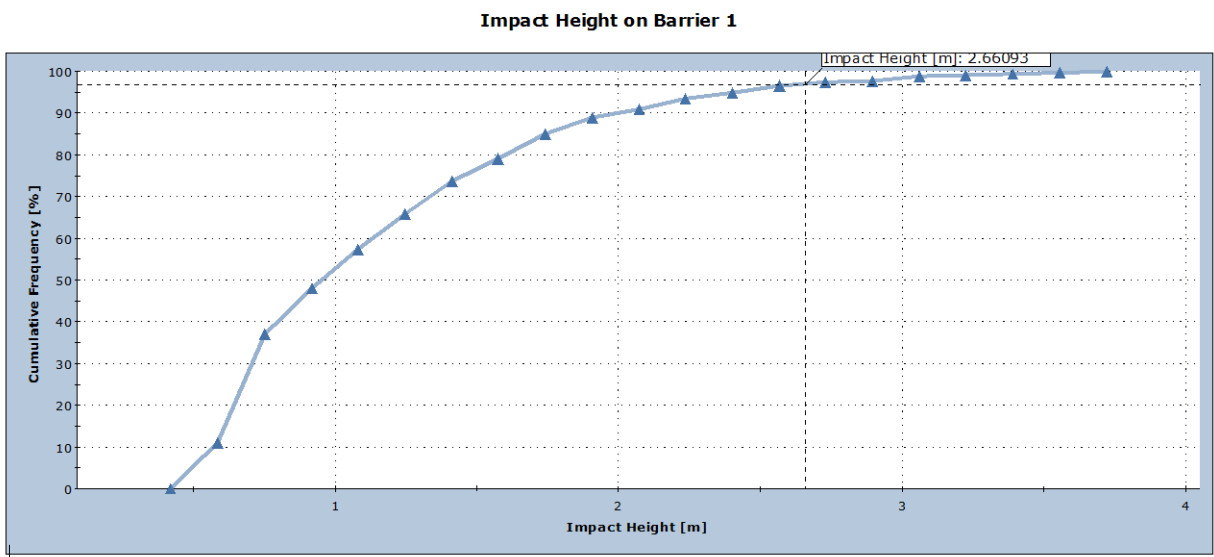
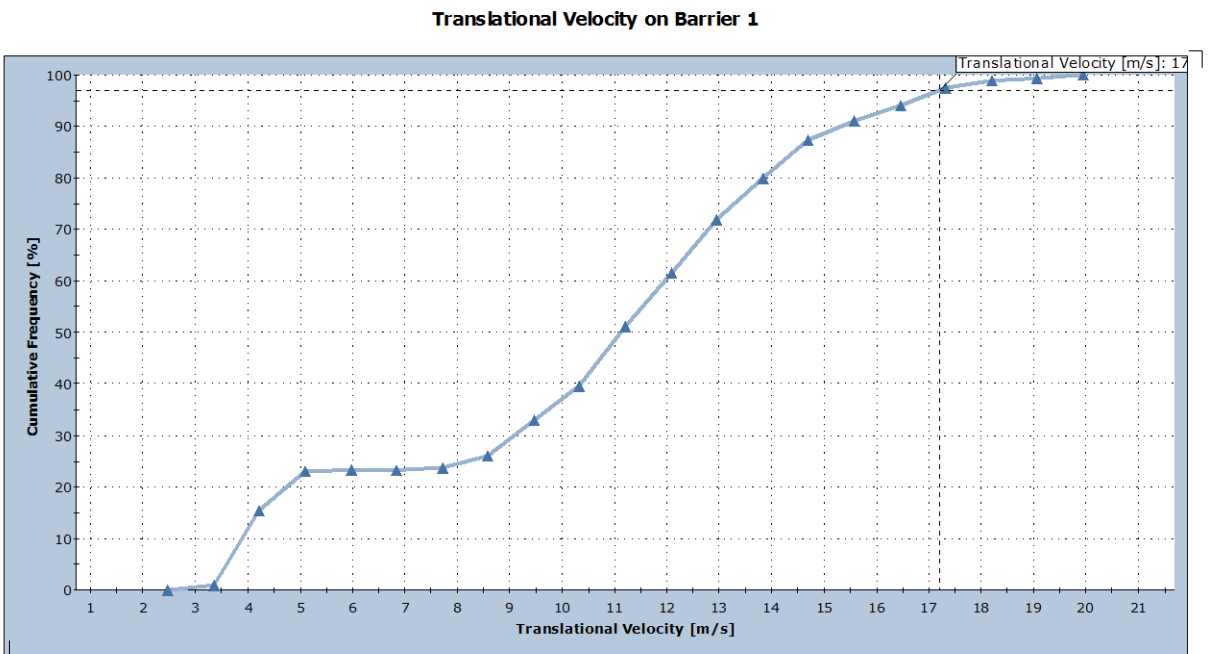


Fig. 1.6 – Sez. 1 – Barriera con traiettorie



Total number of rocks on Barrier 1: 638
 Impact Height: min = 0.503505, max = 3.6393

Fig. 1.7 – Sez. 1 – Frequenza cumulativa delle altezze di caduta sulla barriera (quota 798.0 m). Il 97mo percentile è a 2.66 m



Total number of rocks on Barrier 1: 638
 Translational Velocity: min = 2.91098, max = 19.505

Fig. 1.8 – Sez. 1 – Frequenza cumulativa delle velocità di caduta sulla barriera (quota 798.0 m). Il 97mo percentile è a 17.2 m/s

Sezione di caduta massi No.		1
Barriera paramassi No.		1-2-3-4
Modello Barriera		RB 1500
Massima energia nominale della barriera	MEL	1500 [kJ]
Massimo livello di energia effettivo della barriera		1637[kJ]
Dati		
Simulazione sviluppata con		1000traiettorie
Limite di confidenza dell'approccio statistico		97% della popolazione
Inclinazione media del pendio	[α]	20.00[°]
Tolleranza per l'inclinazione della barriera	[β]	10.00[°]
Altezza delle traiettorie sulla verticale per 97% dei casi	[Hv]	2.7[m]
Altezza della traiettorie sul piano della barriera [$\cos(\alpha - \beta) * Hv$]	[Ht]	2.70[m]
Distanza minima tra la barriera e l'infrastruttura	[Di]	10.00[m]
Velocità (traslazione) - limite di confidenza 97%	[Vt]	17.20[m/s]
Dimensione	[Vol]	2.00[m ³]
Forma del blocco	[shape]	cubo
Per per unità di volume della roccia	[γ]	2650.00[kg/m ³]
Coefficienti di sicurezza parziale		
Qualità delle indagini Topografiche	[γ_{dp}]	1.05
Qualità delle indagini Geomeccaniche - dimensione	[γ_{VolF}]	1.02
Qualità delle indagini Geomeccaniche - peso specifico	[$\gamma\gamma$]	1.00
Qualità della simulazione di caduta massi	[γ_{tr}]	1.05
Traiettoria di progetto		
Velocità di progetto [$Vt * \gamma_{tt} * \gamma_{dp}$]	[Vd]	18.96[m/s]
Massa di progetto [$Vol * \gamma_{VolF} * \gamma * \gamma\gamma$]	[Md]	5406.00[kg]
Altezza di progetto [$Ht * + \text{raggio masso} * 1.05$]	[Hd]	3.36[m]
Energia di progetto [$0.5 * Md * Vd^2$]	[Ed]	971.99[kJ]
Caratteristiche della barriera RMC		
Energia massima in accordo con ETAG 27	[MEL]	1637.00[kJ]
Livello energetico di servizio in accordo con ETAG 27	[SEL]	525.00[kJ]
Deformazione dinamica massima MEL	[Db]	5.80[m]
Altezza standard della barriera tra 4 m e 5 m		
Altezza nominale della barriera (Certificata)	[Hb]	4.0[m]
Altezza residua della barriera dopo il 1 ^o impatto	[Hres]	2.5[m]
Franco libero superiore della barriera	[Fmin]	0.5[m]
Metodo di progettazione		
Progettazione finalizzata a livello energetico (MEL or SEL)		MEL
Maximum Energy Level - livello energetico	[$E_{BARRIERA}$]	1637.00[kJ]
Fattore di amplificazione che considera il rischio esistente per :		
(1)_modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili	[i]	1.00
Numero di campate costituenti la barriera:		piu' di 3
Fattore di riduzione per la capacità della barriera	[γ_E]	1.2
Fattore di amplificazione per la deformazione della barriera	[γ_{DB}]	1.3
Prestazioni di progetto della barriera		
Energia di progetto [$Ed / (\gamma_E * i)$]	[Esd]	971.99[kJ]
Deformazione di progetto [$Db * \gamma_{DB}$]	[D]	7.54[m]
Altezza di progetto della barriera [$Hd + Fmin$]	[Htot]	3.9[m]
Verifica della barriera		
Verifica energetica [$(Esd - E_{barriera} / \gamma_E) \leq 0$]		-392.2 Soddisfatto
Verifica della deformazione [$(D - Di) \leq 0$]		-2.5 Soddisfatto
Altezza della barriera [$(Htot - Hb) \leq 0$]		-0.1 Soddisfatto

Tabella 1 – Verifica della barriera alla sezione 1 in accordo a UNI 11211:2012

2

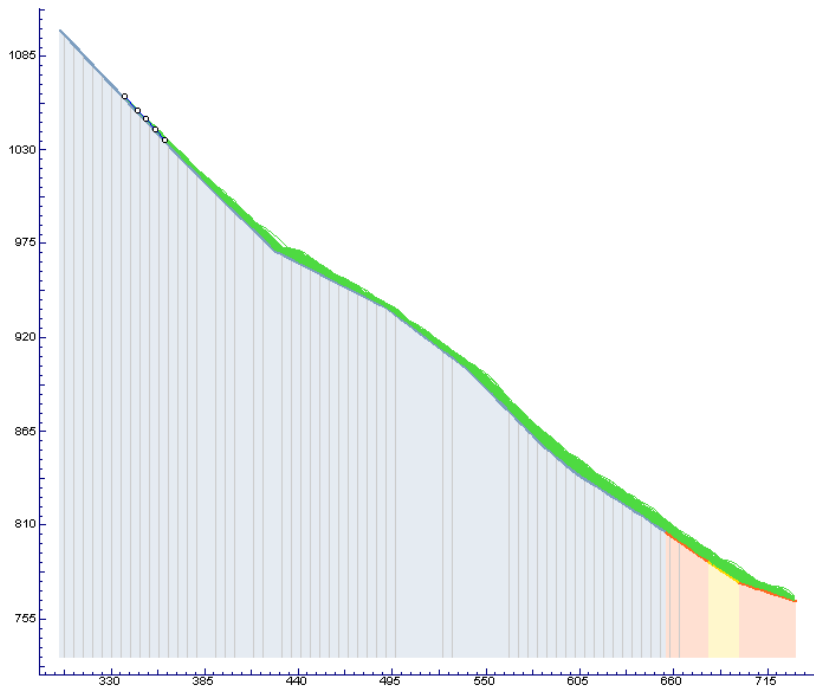


Fig. 2.1 – Sez. 2 – Pendio senza barriera

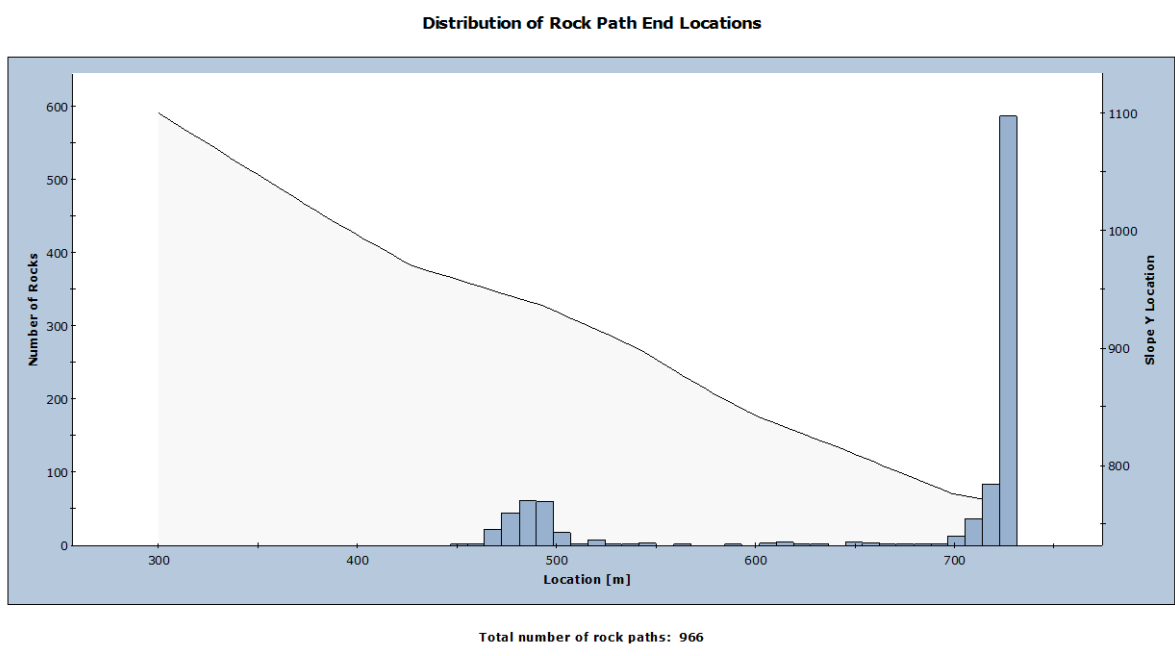
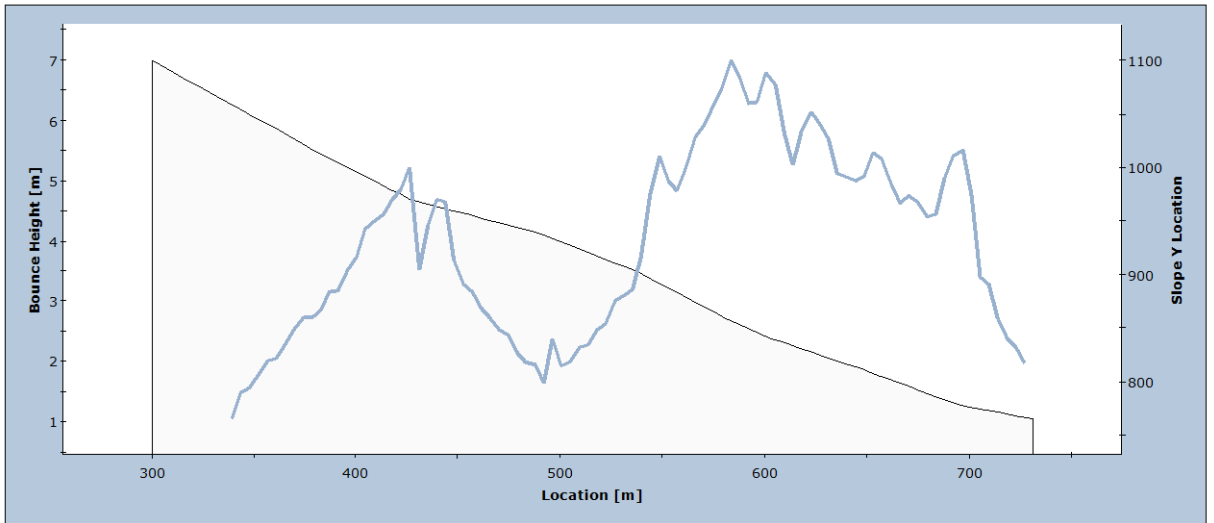


Fig. 2.2 – Sez. 2 – Frequenza dei punti d'arresto delle traiettorie

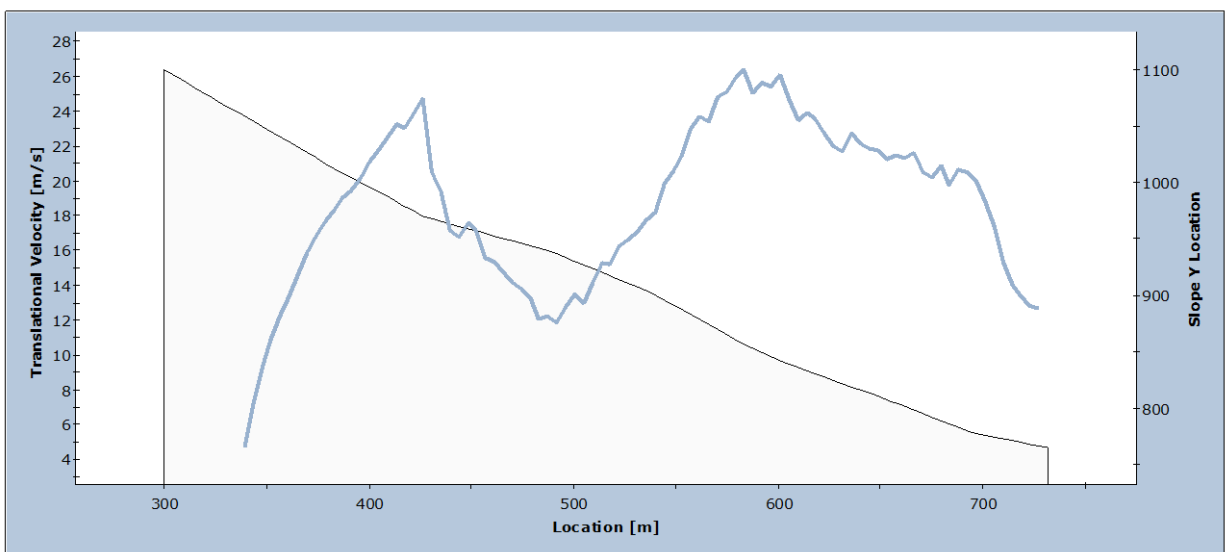
**Bounce Height on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 966

Fig. 2.3 – Sez. 2 – Inviluppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile

**Translational Velocity on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 966

Fig. 2.4 – Sez. 2 – Inviluppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile

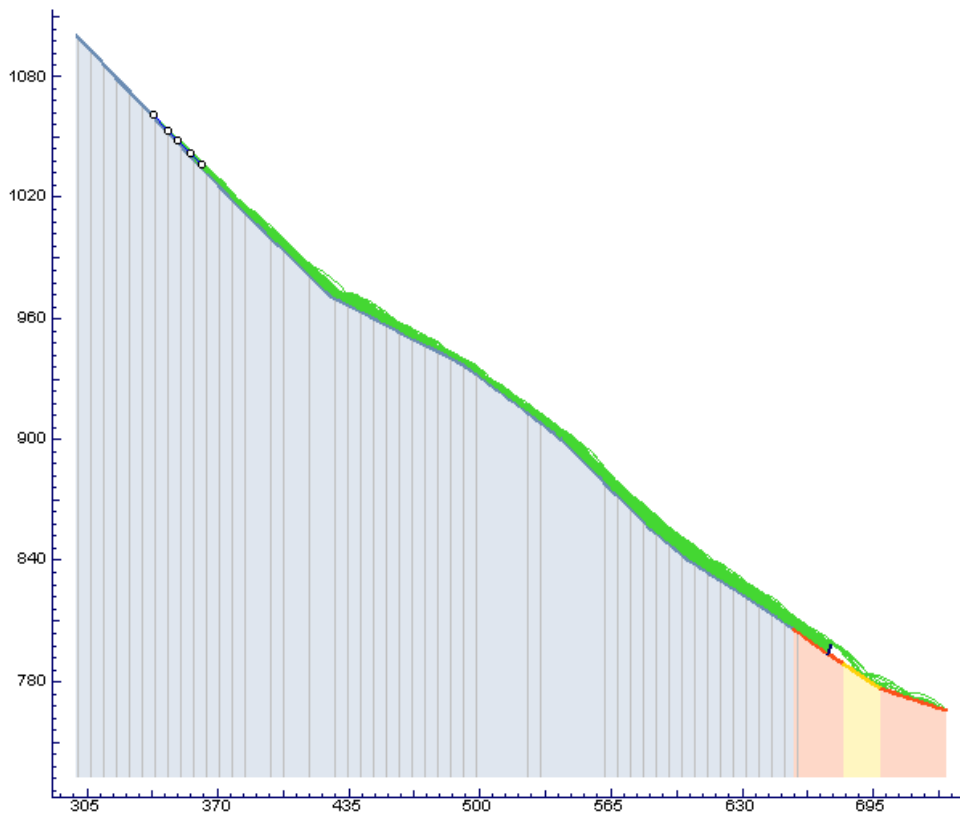


Fig. 2.5 – Sez. 2 – Pendio con barriera

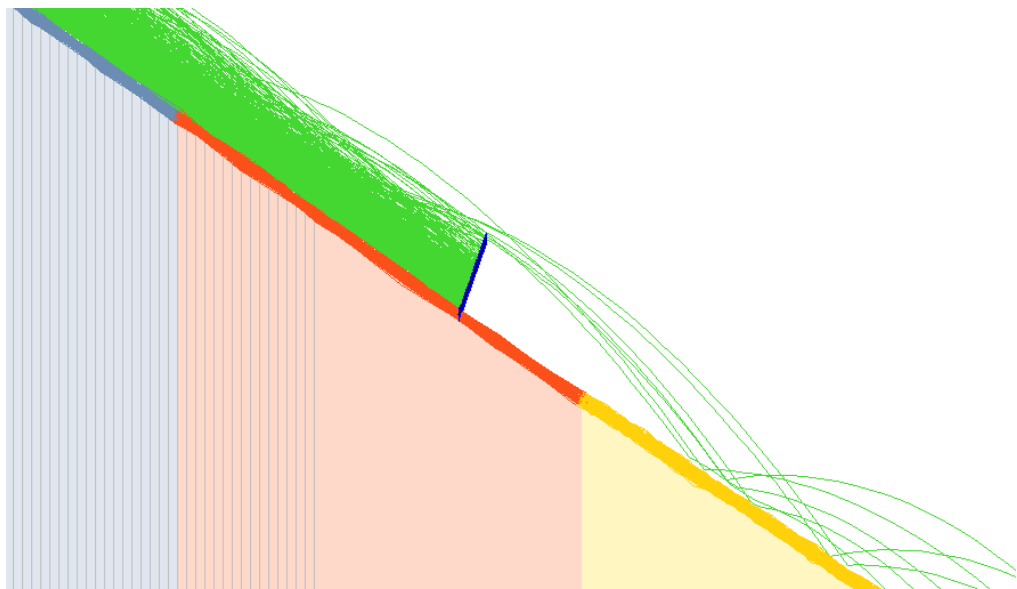
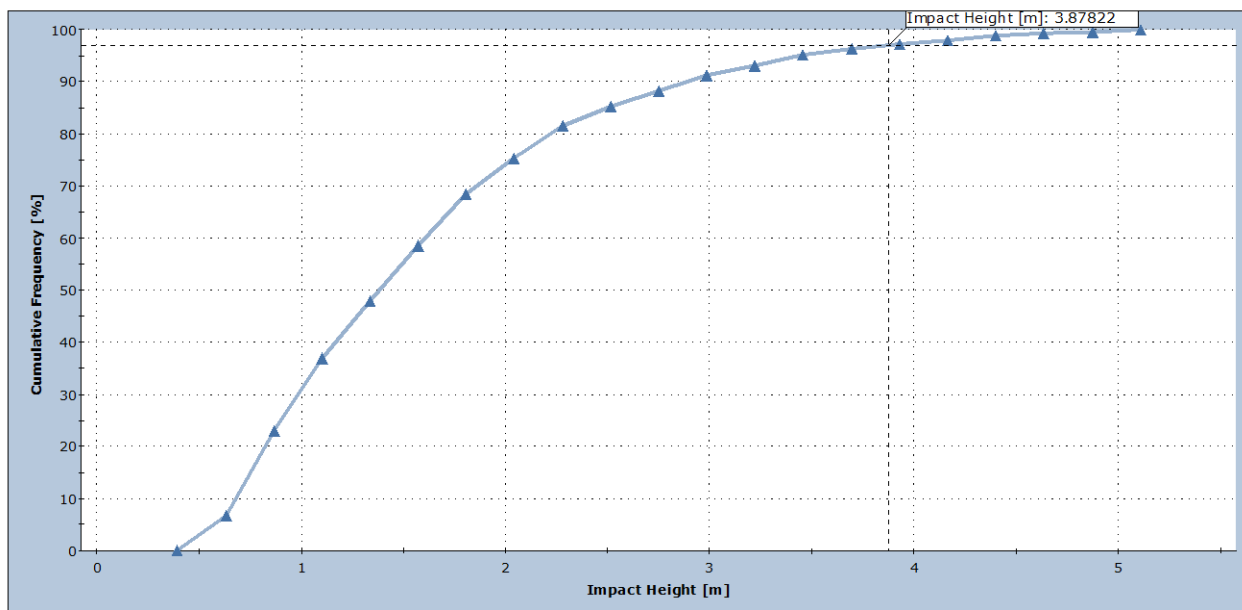


Fig. 2.6 – Sez. 2 – Barriera con traiettorie

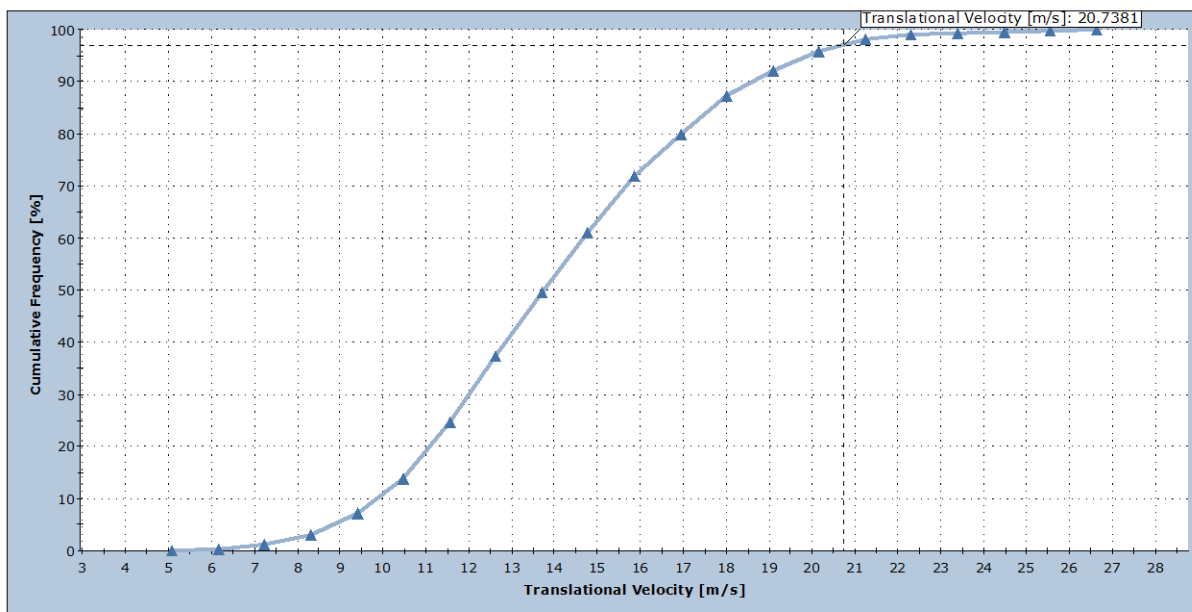
Impact Height on Barrier 1



Total number of rocks on Barrier 1: 717
Impact Height: min = 0.512158, max = 4.98947

Fig. 2.7 – Sez. 2 – Frequenza cumulativa delle altezze di caduta sulla barriera (quota 793.0 m). Il 97mo percentile è a 3.9 m

Translational Velocity on Barrier 1



Total number of rocks on Barrier 1: 717
Translational Velocity: min = 5.6246, max = 26.091

Fig. 2.8 – Sez. 2 – Frequenza cumulativa delle velocità di caduta sulla barriera (quota 793.0 m). Il 97mo percentile è a 20.7 m/s

Sezione di caduta massi No.		2
Barriera paramassi No.		5 - 6 - 7 - 8
Modello Barriera		RMC 200/A
Massima energia nominale della barriera	MEL	2000[kJ]
Massimo livello di energia effettivo della barriera		2083[kJ]
Dati		
Simulazione sviluppata con		1000traiettorie
Limite di confidenza dell'approccio statistico		97%della popolazione
Inclinazione media del pendio	[α]	40.00[°]
Tolleranza per l'inclinazione della barriera	[β]	5.00[°]
Altezza delle traiettorie sulla verticale per 97% dei casi	[Hv]	3.9[m]
Altezza della traiettorie sul piano della barriera [$\cos(\alpha - \beta) * Hv$]	[Ht]	3.66[m]
Distanza minima tra la barriera e l'infrastruttura	[Di]	10.00[m]
Velocità (traslazione) - limite di confidenza 97%	[Vt]	20.70[m/s]
Dimensione	[Vol]	2.00[m3]
Forma del blocco	[shape]	cubo
Per per unità di volume della roccia	[γ]	2650.00[kg/m3]
Coefficienti di sicurezza parziale		
Qualità delle indagini Topografiche	[γ_{dp}]	1.05
Qualità delle indagini Geomeccaniche - dimensione	[γ_{VolF}]	1.02
Qualità delle indagini Geomeccaniche - peso specifico	[$\gamma\gamma$]	1.00
Qualità della simulazione di caduta massi	[γ_{tr}]	1.05
Traiettoria di progetto		
Velocità di progetto [$Vt * \gamma_{tt} * \gamma_{dp}$]	[Vd]	22.82[m/s]
Massa di progetto [$Vol * \gamma_{VolF} * \gamma * \gamma\gamma$]	[Md]	5406.00[kg]
Altezza di progetto [$Ht * +$ raggio massa*1.05]	[Hd]	4.33[m]
Energia di progetto [$0.5 * Md * Vd^2$]	[Ed]	1407.81[kJ]
Caratteristiche della barriera RMC		
Energia massima in accordo con ETAG 27	[MEL]	2083.00[kJ]
Livello energetico di servizio in accordo con ETAG 27	[SEL]	730.00[kJ]
Deformazione dinamica massima MEL	[Db]	5.25[m]
Altezza standard della barriera tra 4 m e 5 m		
Altezza nominale della barriera (Certificata)	[Hb]	5.0[m]
Altezza residua della barriera dopo il 1 ^o impatto	[Hres]	3.6[m]
Franco libero superiore della barriera	[Fmin]	0.5[m]
Metodo di progettazione		
Progettazione finalizzata a livello energetico (MEL or SEL)		MEL
Maximum Energy Level - livello energetico	[$E_{BARRIERA}$]	2083.00[kJ]
Fattore di amplificazione che considera il rischio esistente per :		
(1)_modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili	[i]	1.00
Numero di campate costituenti la barriera:		piu' di 3
Fattore di riduzione per la capacità della barriera	[γ_r]	1.2
Fattore di amplificazione per la deformazione della barriera	[γ_{DB}]	1.3
Prestazioni di progetto della barriera		
Energia di progetto [$Ed / (\gamma_E * i)$]	[Esd]	1407.81[kJ]
Deformazione di progetto [$Db * \gamma_{DB}$]	[D]	6.825[m]
Altezza di progetto della barriera [$Hd + Fmin$]	[Htot]	4.8[m]
Verifica della barriera		
Verifica energetica [$(Esd - Ebarriera / \gamma_E) \leq 0$]		-328.0Soddisfatto
Verifica della deformazione [$(D - Di) \leq 0$]		-3.2Soddisfatto
Altezza della barriera [$(Htot - Hb) \leq 0$]		-0.2Soddisfatto

Tabella 2 – Verifica della barriera alla sezione 2 in accordo a UNI 11211:2012

3

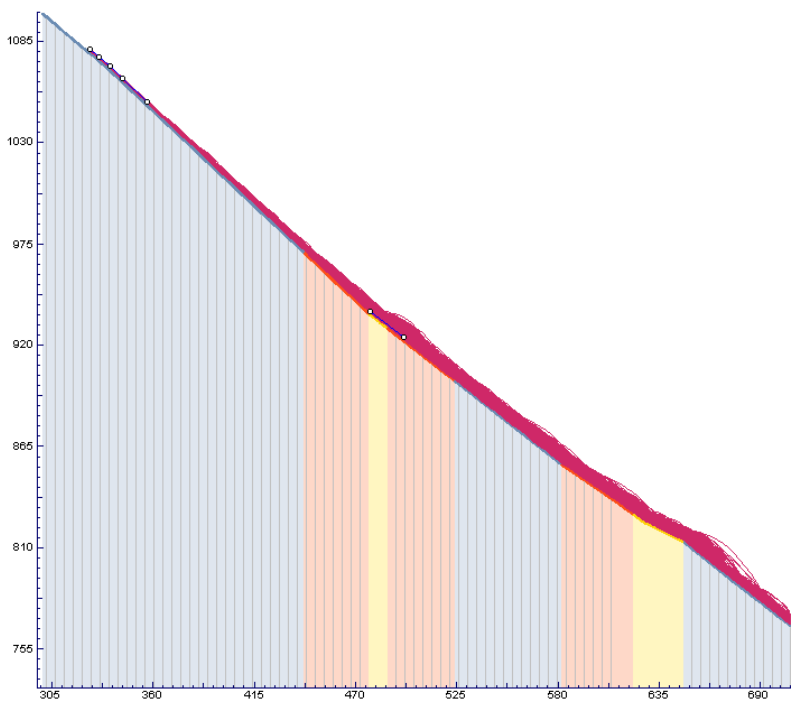


Fig. 3.1 – Sez. 3 – Pendio senza barriera

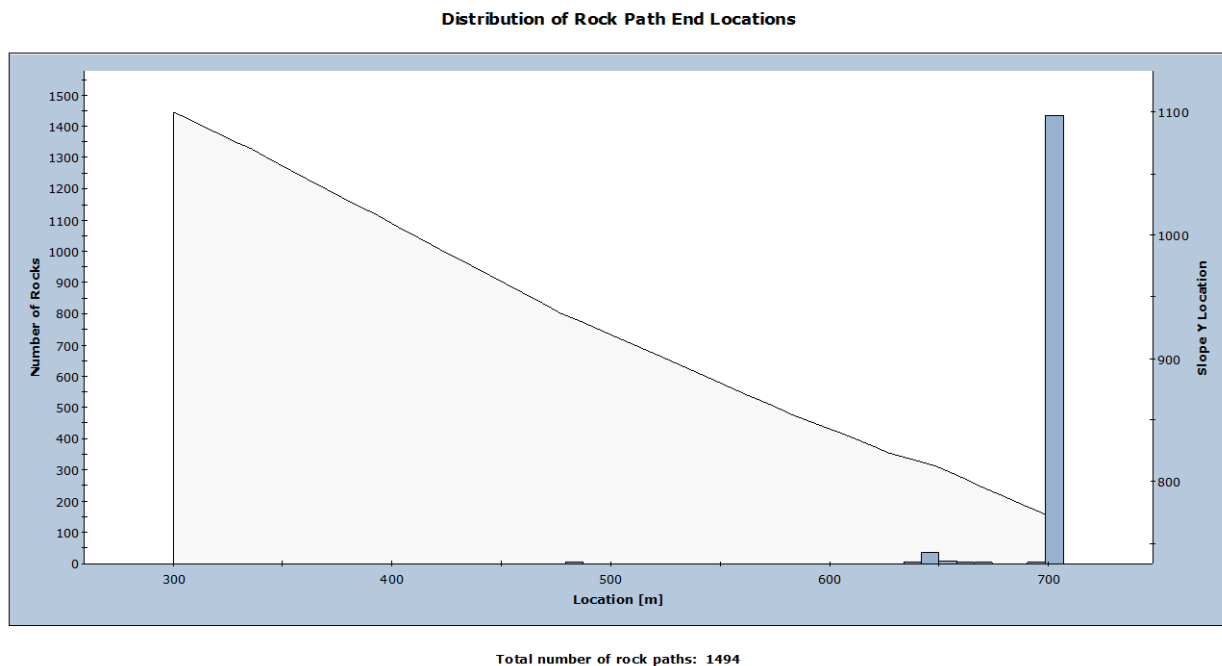
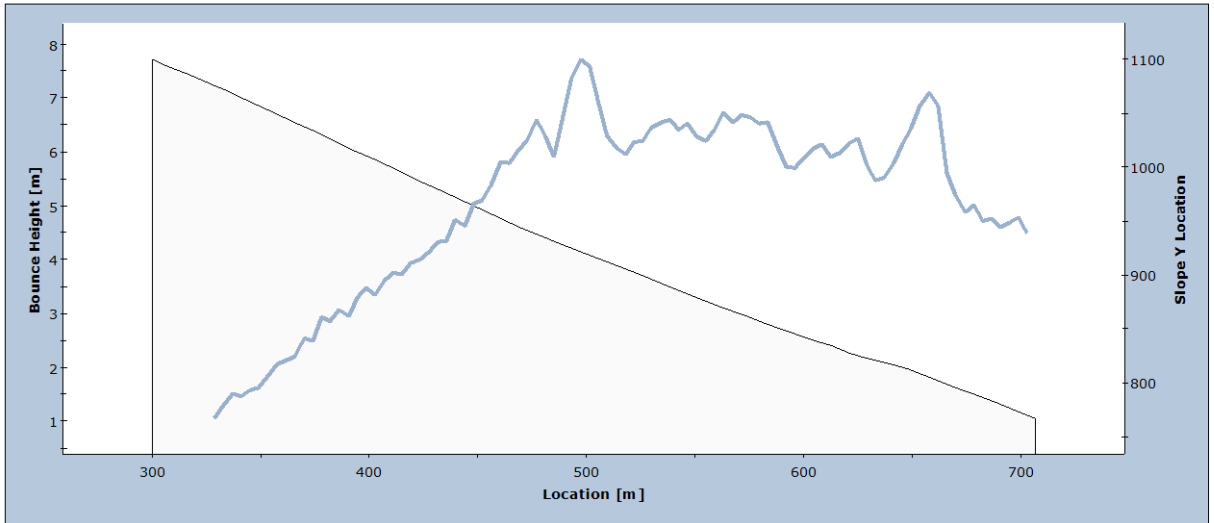


Fig. 3.2 – Sez. 3 – Frequenza dei punti d'arresto delle traiettorie

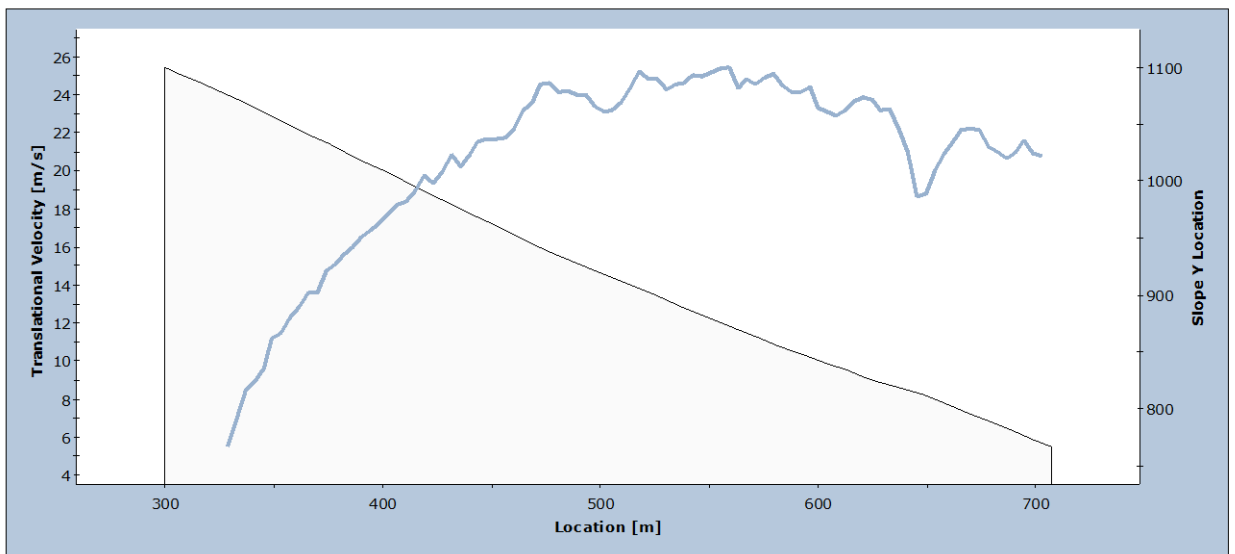
**Bounce Height on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 1494

Fig. 3.3 – Sez. 3 – Inviluppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile

**Translational Velocity on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 1494

Fig. 3.4 – Sez. 3 – Inviluppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile

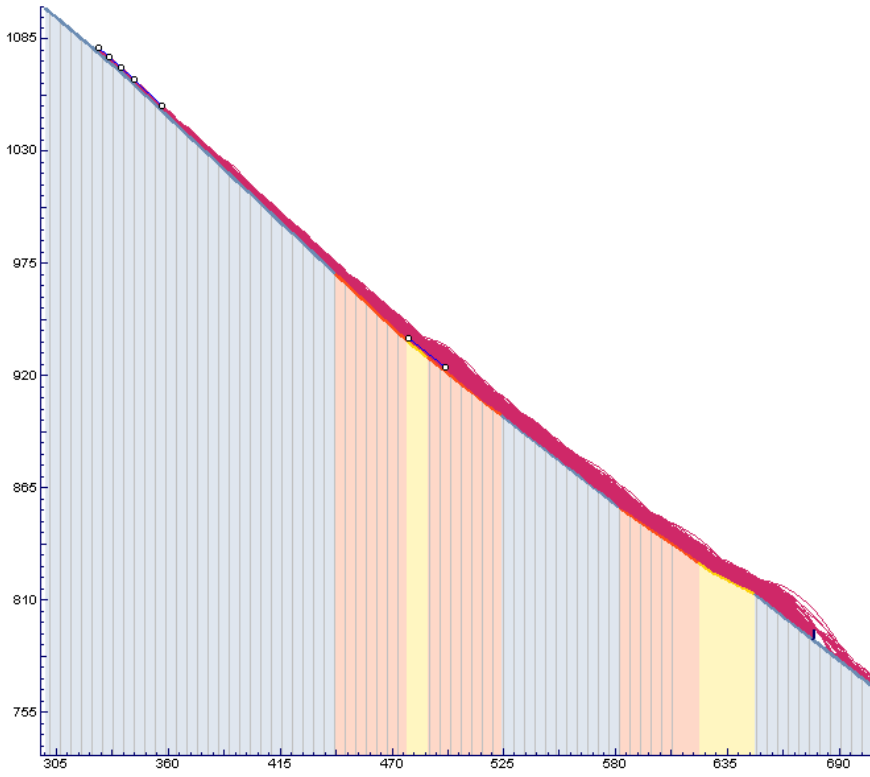


Fig. 3.5 – Sez. 3 – Pendio con barriera

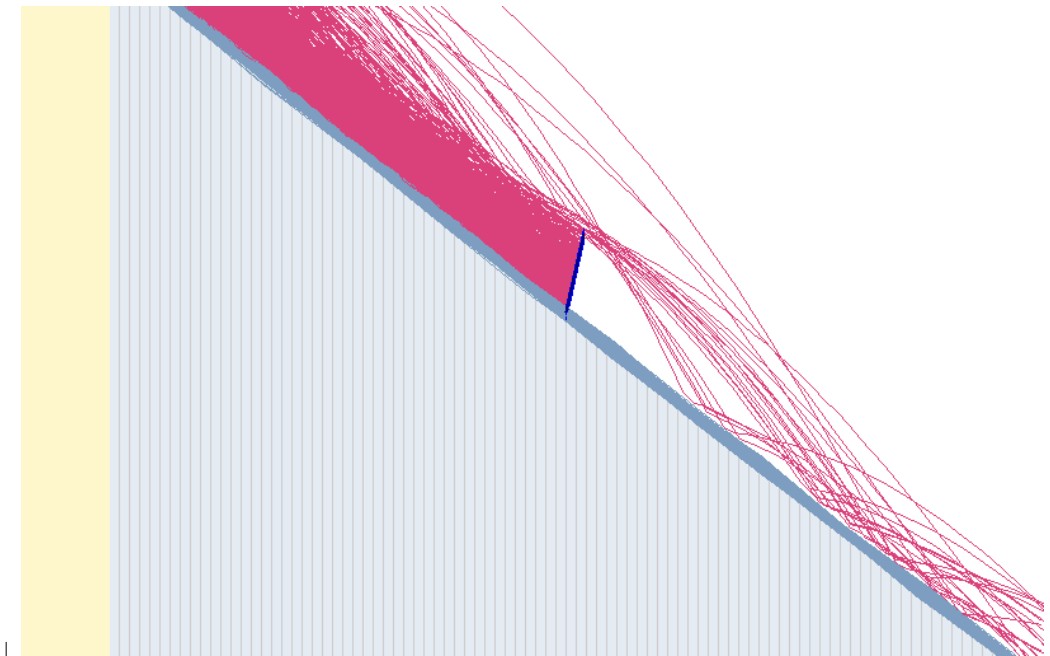
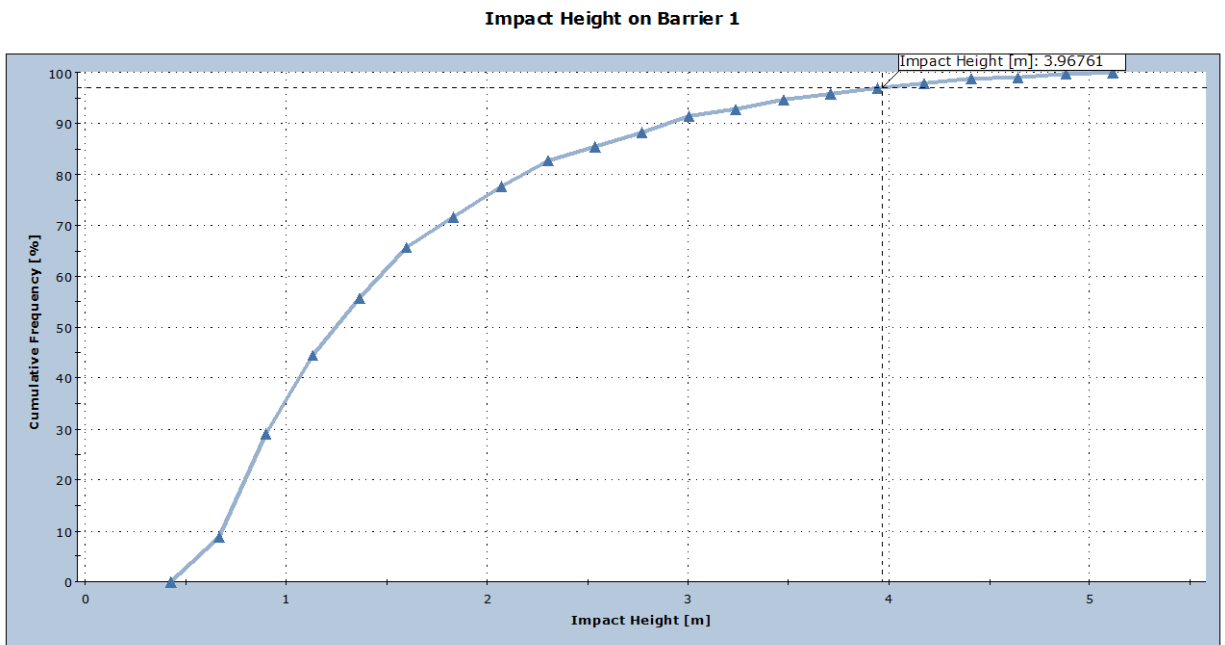
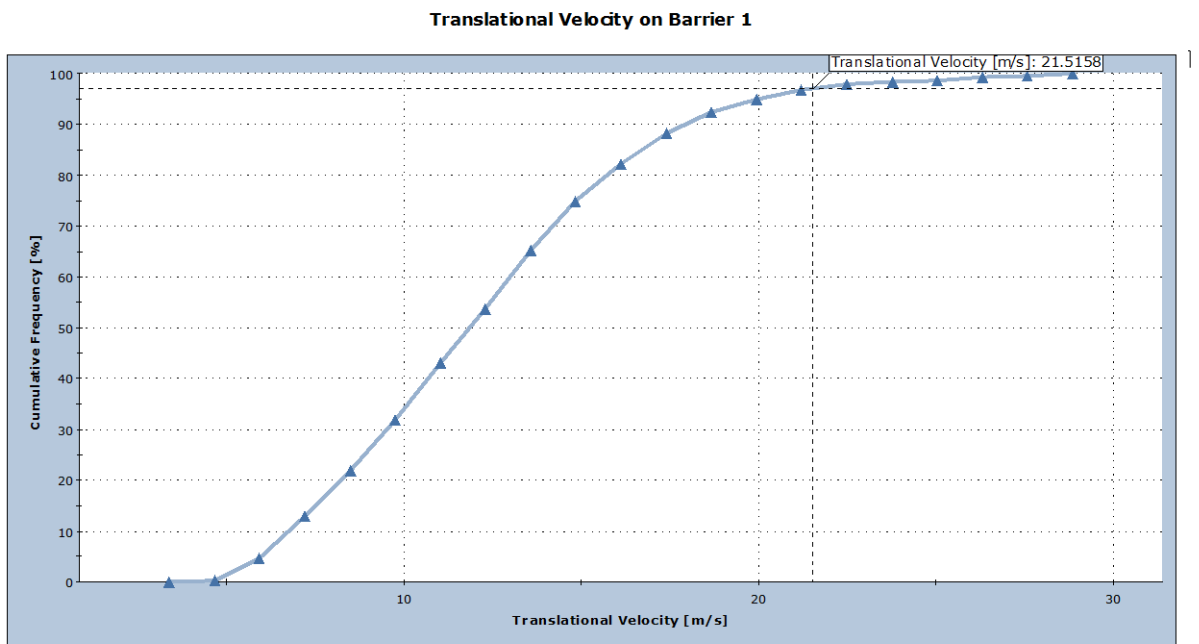


Fig. 3.6 – Sez. 3 – Barriera con traiettorie



Total number of rocks on Barrier 1: 1415
 Impact Height: min = 0.545802, max = 4.99557

Fig. 3.7 – Sez. 3 – Frequenza cumulativa delle altezze di caduta sulla barriera (quota 790.5 m). Il 97mo percentile è a 3.9 m



Total number of rocks on Barrier 1: 1415
 Translational Velocity: min = 4.02703, max = 28.2119

Fig. 3.8 – Sez. 3 – Frequenza cumulativa delle velocità di caduta sulla barriera (quota 790.5 m). Il 97mo percentile è a 21.5 m/s

Sezione di caduta massi No.		3
Barriera paramassi No.		9 - 10 - 11 - 12
Modello Barriera		RMC 200/A
Massima energia nominale della barriera	MEL	2000 [kJ]
Massimo livello di energia effettivo della barriera		2083 [kJ]
Dati		
Simulazione sviluppata con		1000 traiettorie
Limite di confidenza dell'approccio statistico		97% della popolazione
Inclinazione media del pendio	[α]	40.00 [°]
Tolleranza per l'inclinazione della barriera	[β]	5.00 [°]
Altezza delle traiettorie sulla verticale per 97% dei casi	[Hv]	3.9 [m]
Altezza della traiettorie sul piano della barriera [$\cos(\alpha - \beta) * Hv$]	[Ht]	3.66 [m]
Distanza minima tra la barriera e l'infrastruttura	[Di]	10.00 [m]
Velocità (traslazione) - limite di confidenza 97%	[Vt]	21.50 [m/s]
Dimensione	[Vol]	2.00 [m ³]
Forma del blocco	[shape]	cubo
Per per unità di volume della roccia	[γ]	2650.00 [kg/m ³]
Coefficienti di sicurezza parziale		
Qualità delle indagini Topografiche	[γ_{dp}]	1.05
Qualità delle indagini Geomeccaniche - dimensione	[γ_{VolF}]	1.02
Qualità delle indagini Geomeccaniche - peso specifico	[$\gamma\gamma$]	1.00
Qualità della simulazione di caduta massi	[γ_{tr}]	1.05
Traiettoria di progetto		
Velocità di progetto [Vt * γ_{tt} * γ_{dp}]	[Vd]	23.70 [m/s]
Massa di progetto [Vol * γ_{VolF} * γ * $\gamma\gamma$]	[Md]	5406.00 [kg]
Altezza di progetto [Ht * + raggio masso * 1.05]	[Hd]	4.33 [m]
Energia di progetto [0.5 * Md * Vd ²]	[Ed]	1518.73 [kJ]
Caratteristiche della barriera RMC		
Energia massima in accordo con ETAG 27	[MEL]	2083.00 [kJ]
Livello energetico di servizio in accordo con ETAG 27	[SEL]	730.00 [kJ]
Deformazione dinamica massima MEL	[Db]	5.25 [m]
Altezza standard della barriera tra 4 m e 5 m		
Altezza nominale della barriera (Certificata)	[Hb]	5.0 [m]
Altezza residua della barriera dopo il 1 ^o impatto	[Hres]	3.6 [m]
Franco libero superiore della barriera	[Fmin]	0.5 [m]
Metodo di progettazione		
Progettazione finalizzata a livello energetico (MEL or SEL)		MEL
Maximum Energy Level - livello energetico	[E _{BARRIERA}]	2083.00 [kJ]
Fattore di amplificazione che considera il rischio esistente per :		
(1)_modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili	[i]	1.00
Numero di campate costituenti la barriera:		piu' di 3
Fattore di riduzione per la capacità della barriera	[γ_r]	1.2
Fattore di amplificazione per la deformazione della barriera	[γ_{DB}]	1.3
Prestazioni di progetto della barriera		
Energia di progetto [Ed / ($\gamma_E * i$)]	[Esd]	1518.73 [kJ]
Deformazione di progetto [Db * γ_{DB}]	[D]	6.825 [m]
Altezza di progetto della barriera [Hd + Fmin]	[Htot]	4.8 [m]
Verifica della barriera		
Verifica energetica [(Esd - Ebarriera/ γ_E) ≤ 0]		-217.1 Soddisfatto
Verifica della deformazione [(D - Di) ≤ 0]		-3.2 Soddisfatto
Altezza della barriera [(Htot - Hb) ≤ 0]		-0.2 Soddisfatto

Tabella 3 – Verifica della barriera alla sezione 3 in accordo a UNI 11211:2012

4

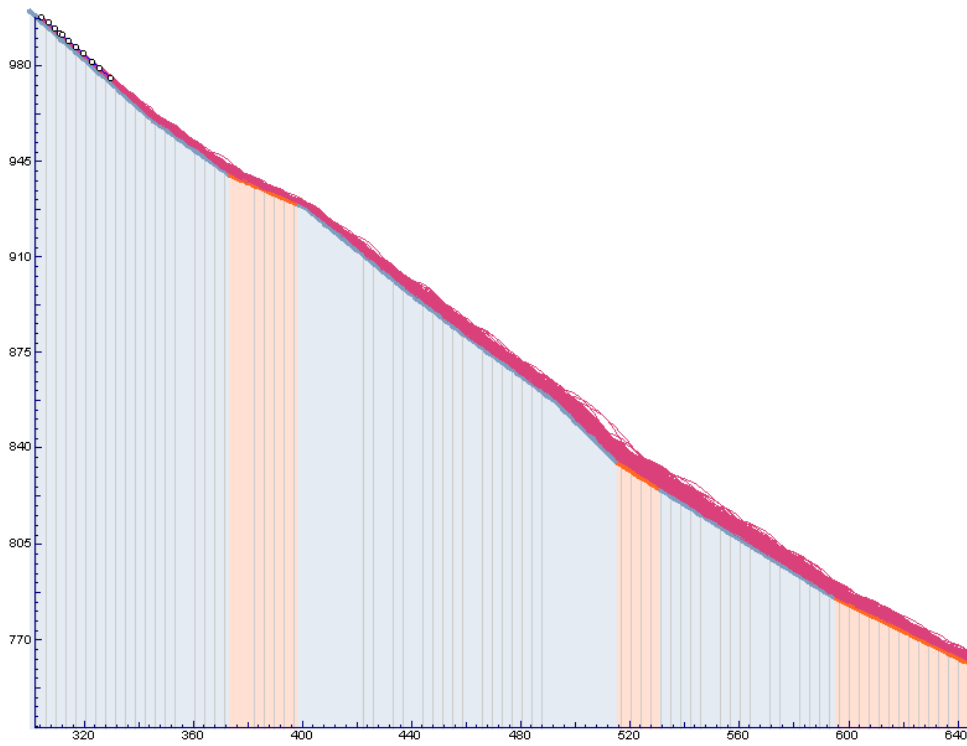


Fig. 4.1 – Sez. 4 – Pendio senza barriera

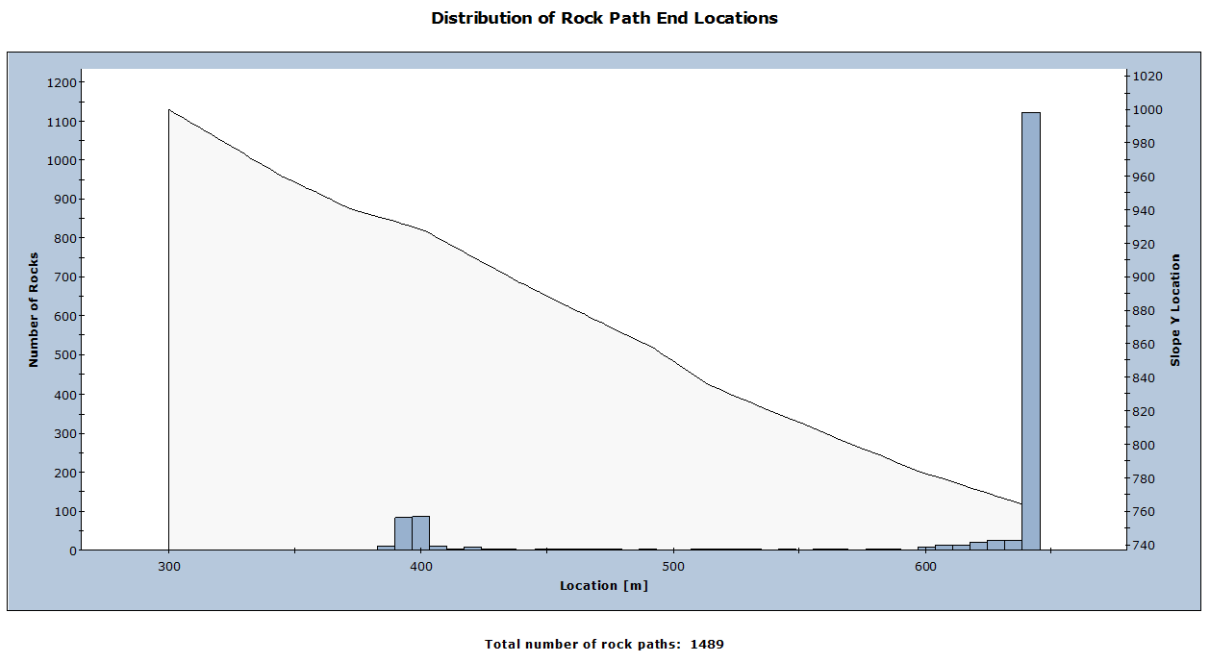
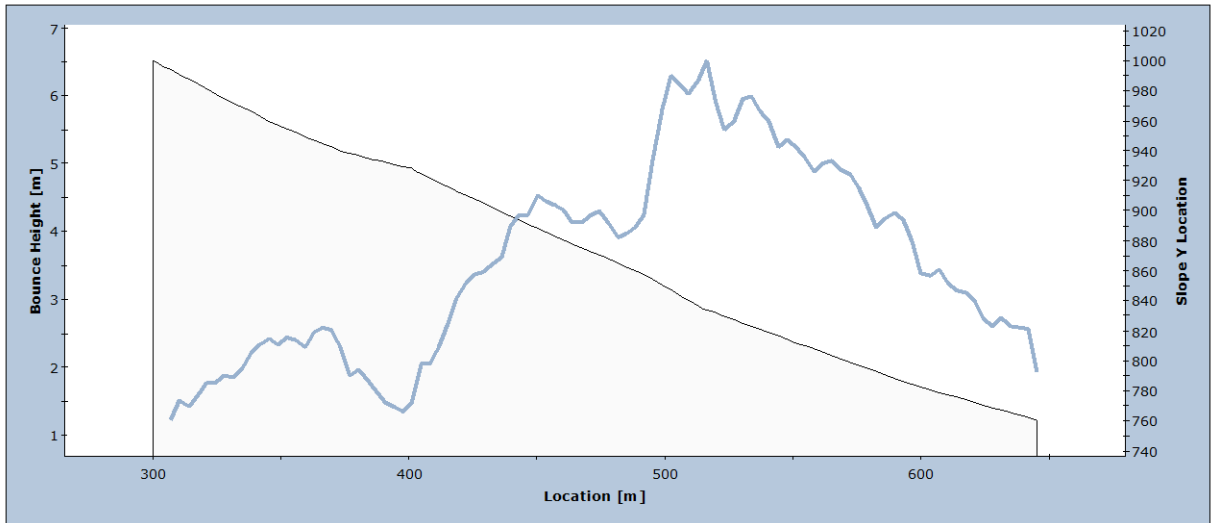


Fig. 4.2 – Sez. 4 – Frequenza dei punti d'arresto delle traiettorie

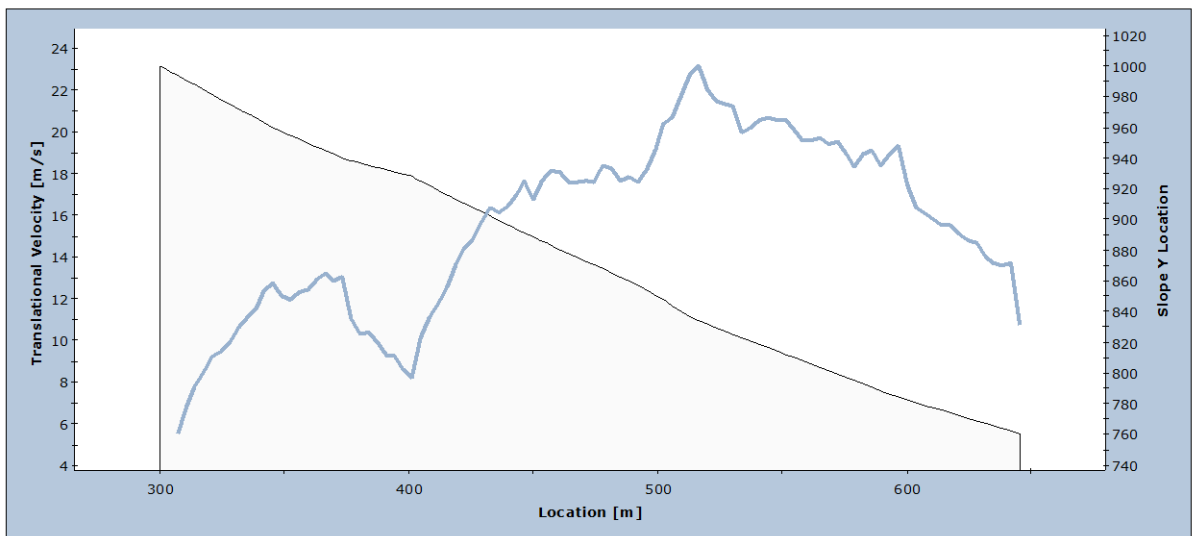
**Bounce Height on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 1490

Fig. 4.3 – Sez. 4 – Inviluppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile

**Translational Velocity on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 1490

Fig. 4.4 – Sez. 4 – Inviluppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile

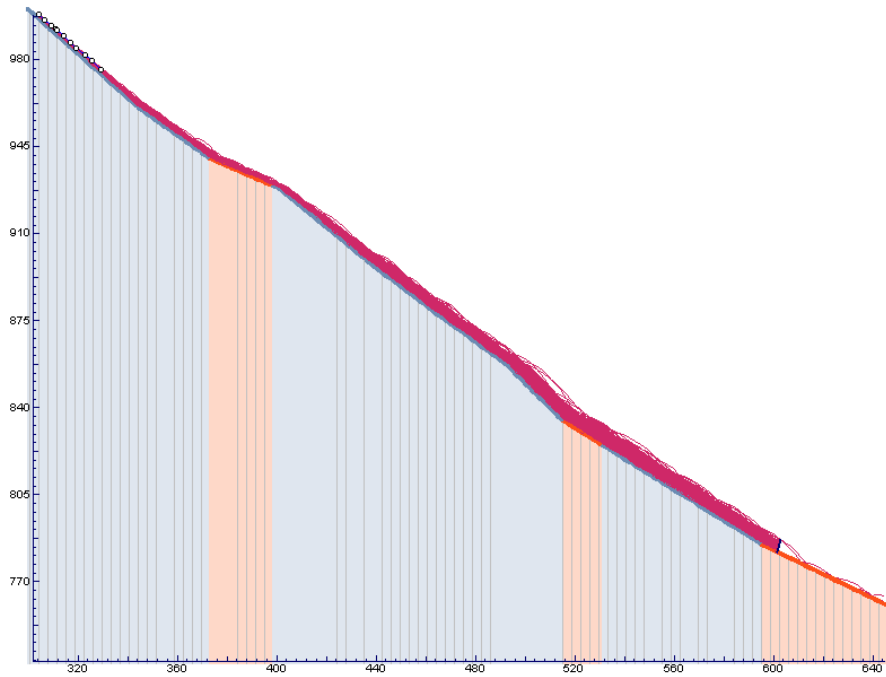


Fig. 4.5 – Sez. 4 – Pendio con barriera

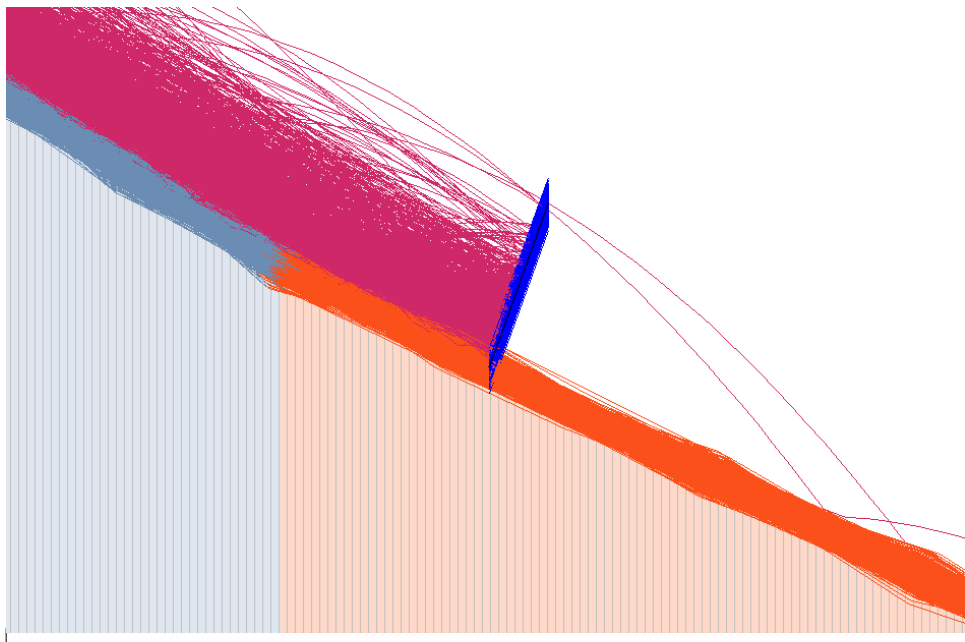
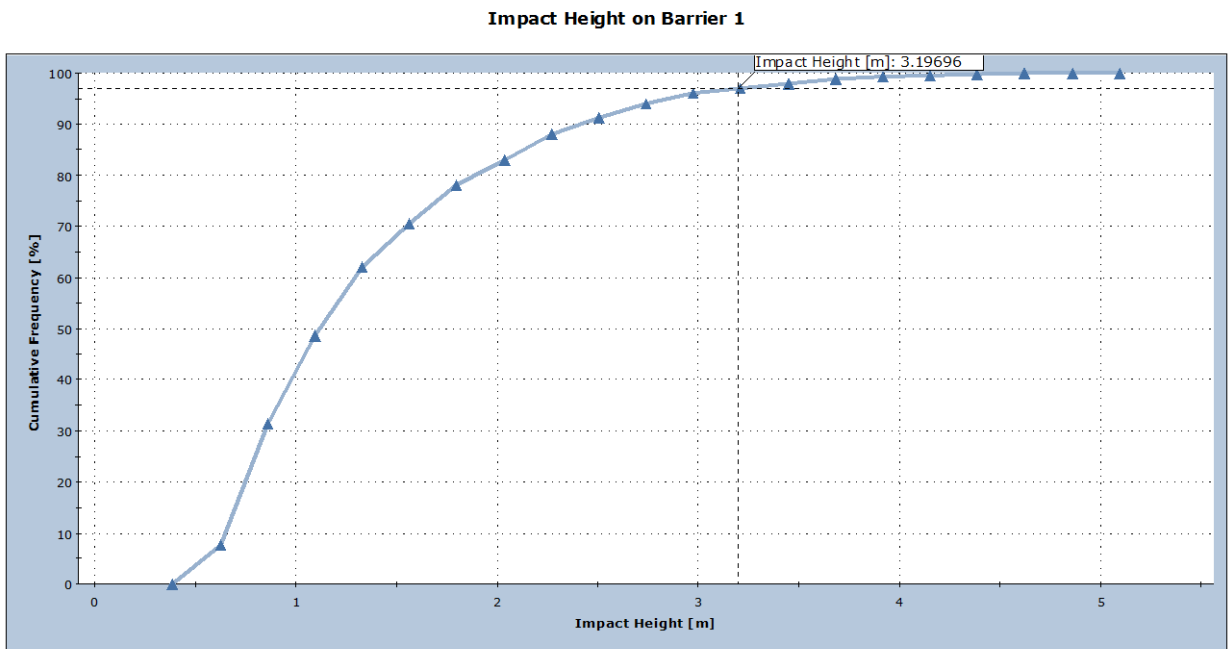
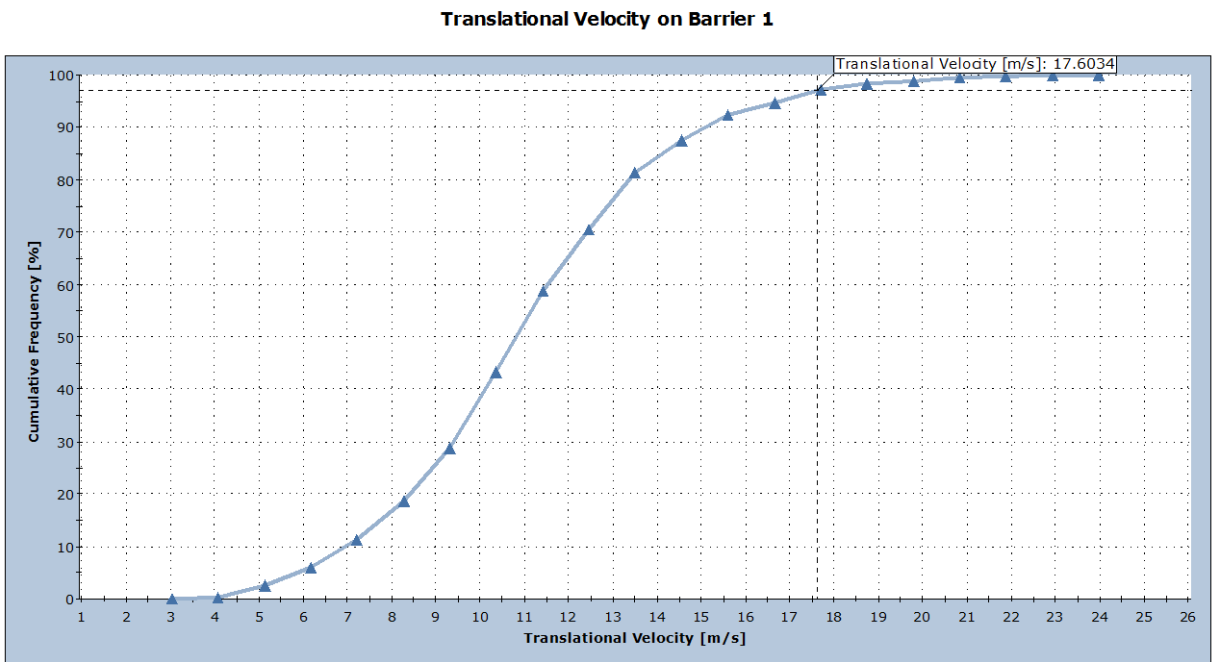


Fig. 4.6 – Sez. 4 – Barriera con traiettorie



Total number of rocks on Barrier 1: 1222
 Impact Height: min = 0.504596, max = 4.97618

Fig. 4.7 – Sez. 4 – Frequenza cumulativa delle altezze di caduta sulla barriera (quota 782.0 m). Il 97mo percentile è a 3.2 m



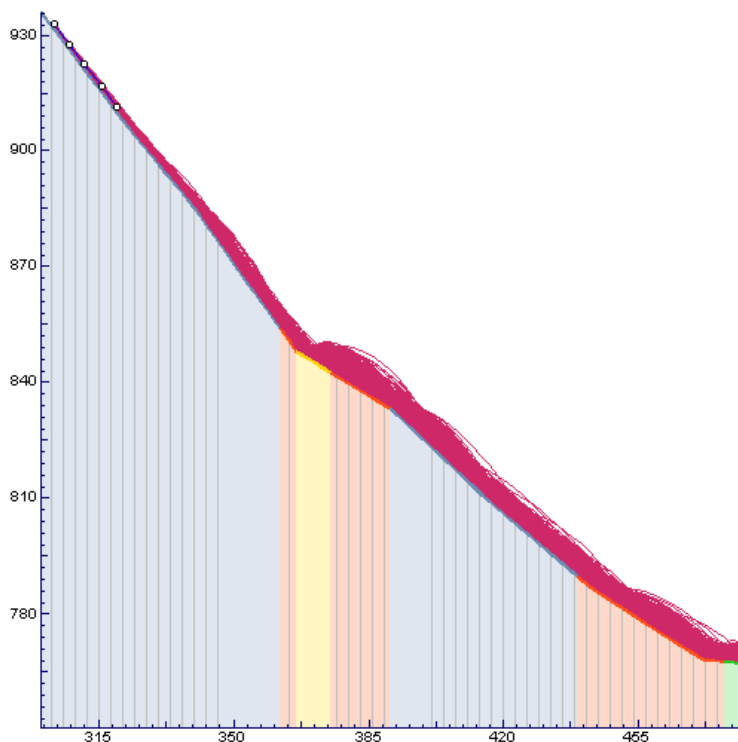
Total number of rocks on Barrier 1: 1222
 Translational Velocity: min = 3.55225, max = 23.4588

Fig. 4.8 – Sez. 4 – Frequenza cumulativa delle velocità di caduta sulla barriera (quota 782.0 m). Il 97mo percentile è a 17.6 m/s

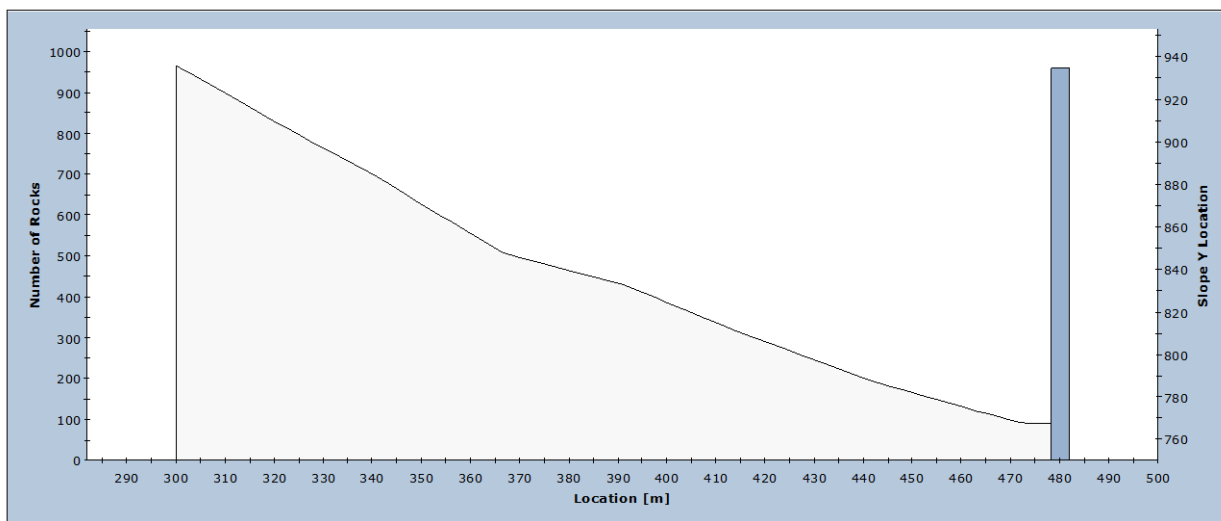
Sezione di caduta massi No.		4
Barriera paramassi No.		13 - 14 - 15
Modello Barriera		RMC 200/A
Massima energia nominale della barriera	MEL	2000 [kJ]
Massimo livello di energia effettivo della barriera		2083 [kJ]
Dati		
Simulazione sviluppata con		1000 traiettorie
Limite di confidenza dell'approccio statistico		97% della popolazione
Inclinazione media del pendio	[α]	40.00 [°]
Tolleranza per l'inclinazione della barriera	[β]	5.00 [°]
Altezza delle traiettorie sulla verticale per 97% dei casi	[Hv]	3.2 [m]
Altezza della traiettorie sul piano della barriera [$\cos(\alpha - \beta) * Hv$]	[Ht]	3.01 [m]
Distanza minima tra la barriera e l'infrastruttura	[Di]	10.00 [m]
Velocità (traslazione) - limite di confidenza 97%	[Vt]	17.60 [m/s]
Dimensione	[Vol]	2.00 [m ³]
Forma del blocco	[shape]	cubo
Per per unità di volume della roccia	[γ]	2650.00 [kg/m ³]
Coefficienti di sicurezza parziale		
Qualità delle indagini Topografiche	[γ_{dp}]	1.05
Qualità delle indagini Geomeccaniche - dimensione	[γ_{VolF}]	1.02
Qualità delle indagini Geomeccaniche - peso specifico	[$\gamma\gamma$]	1.00
Qualità della simulazione di caduta massi	[γ_{tr}]	1.05
Traiettoria di progetto		
Velocità di progetto [$Vt * \gamma_{tt} * \gamma_{dp}$]	[Vd]	19.40 [m/s]
Massa di progetto [$Vol * \gamma_{VolF} * \gamma * \gamma\gamma$]	[Md]	5406.00 [kg]
Altezza di progetto [$Ht * +$ raggio masso * 1.05]	[Hd]	3.67 [m]
Energia di progetto [$0.5 * Md * Vd^2$]	[Ed]	1017.72 [kJ]
Caratteristiche della barriera RMC		
Energia massima in accordo con ETAG 27	[MEL]	2083.00 [kJ]
Livello energetico di servizio in accordo con ETAG 27	[SEL]	730.00 [kJ]
Deformazione dinamica massima MEL	[Db]	5.25 [m]
Altezza standard della barriera tra 4 m e 5 m		
Altezza nominale della barriera (Certificata)	[Hb]	5.0 [m]
Altezza residua della barriera dopo il 1° impatto	[Hres]	3.6 [m]
Franco libero superiore della barriera	[Fmin]	0.5 [m]
Metodo di progettazione		
Progettazione finalizzata a livello energetico (MEL or SEL)		MEL
Maximum Energy Level - livello energetico	[$E_{BARRIERA}$]	2083.00 [kJ]
Fattore di amplificazione che considera il rischio esistente per :		
(1)_modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili	[i]	1.00
Numero di campate costituenti la barriera:		piu' di 3
Fattore di riduzione per la capacità della barriera	[γ_F]	1.2
Fattore di amplificazione per la deformazione della barriera	[γ_{DB}]	1.3
Prestazioni di progetto della barriera		
Energia di progetto [$Ed / (\gamma_E * i)$]	[Esd]	1017.72 [kJ]
Deformazione di progetto [$Db * \gamma_{DB}$]	[D]	6.825 [m]
Altezza di progetto della barriera [$Hd + Fmin$]	[Htot]	4.2 [m]
Verifica della barriera		
Verifica energetica [$(Esd - Ebarriera / \gamma_E) \leq 0$]		-718.1 Soddisfatto
Verifica della deformazione [$(D - Di) \leq 0$]		-3.2 Soddisfatto
Altezza della barriera [$(Htot - Hb) \leq 0$]		-0.8 Soddisfatto

Tabella 4 – Verifica della barriera alla sezione 4 in accordo a UNI 11211:2012

5



Distribution of Rock Path End Locations



Total number of rock paths: 961

Fig. 5.2 – Sez. 5 – Frequenza dei punti d’arresto delle traiettorie

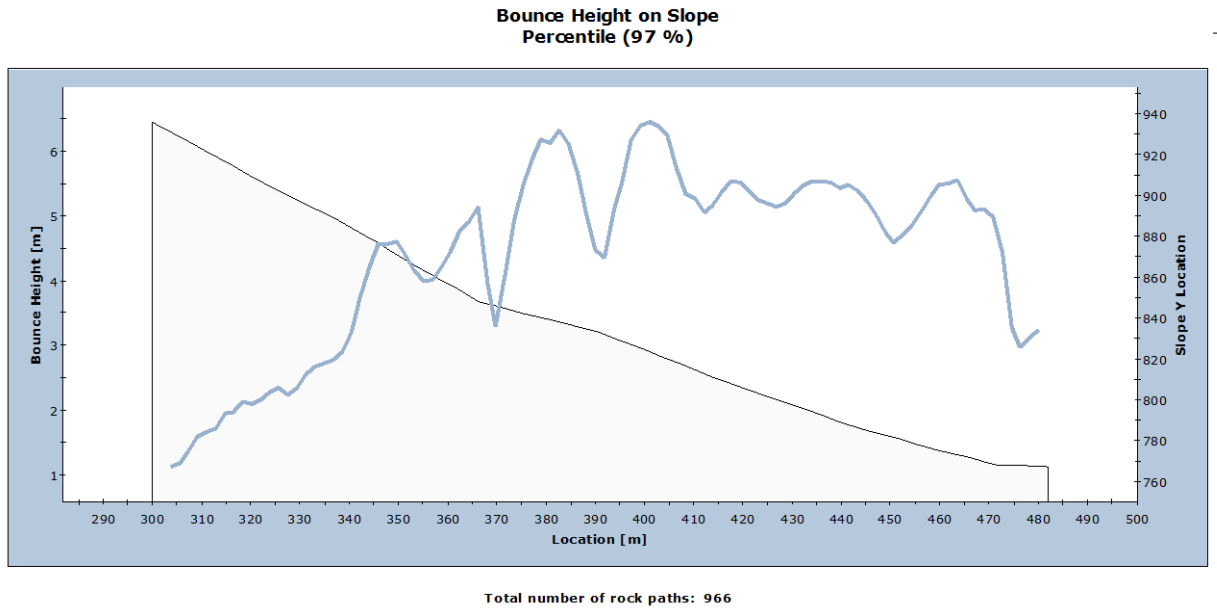


Fig. 5.3 – Sez. 5 – Inviluppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile

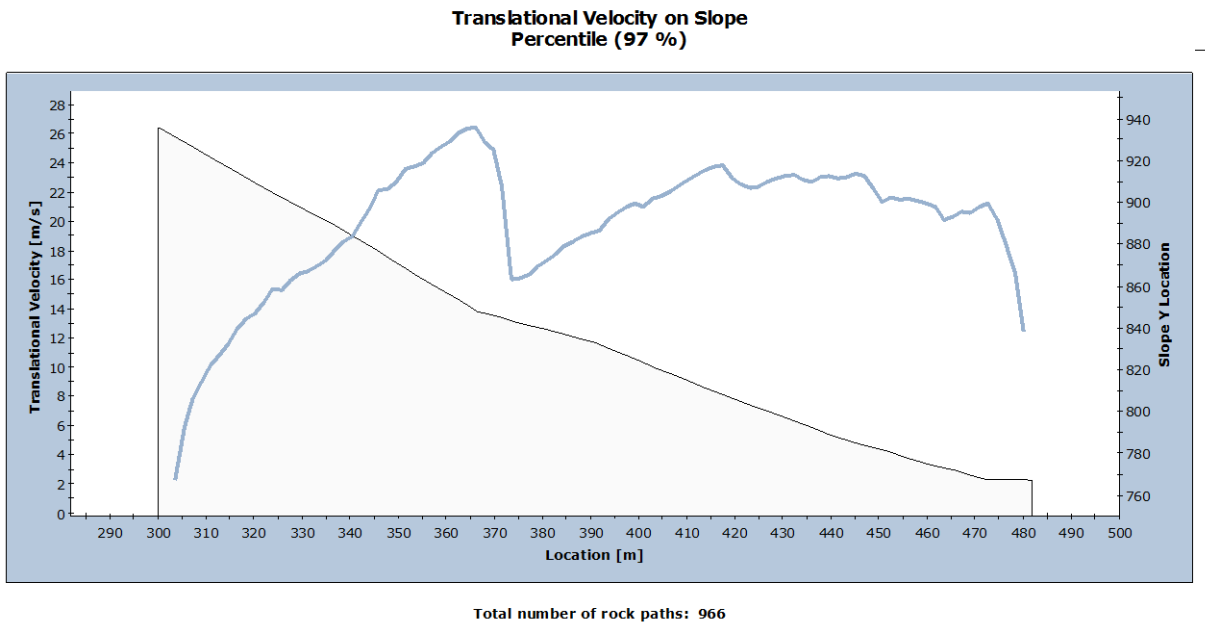


Fig. 5.4 – Sez. 5 – Inviluppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile

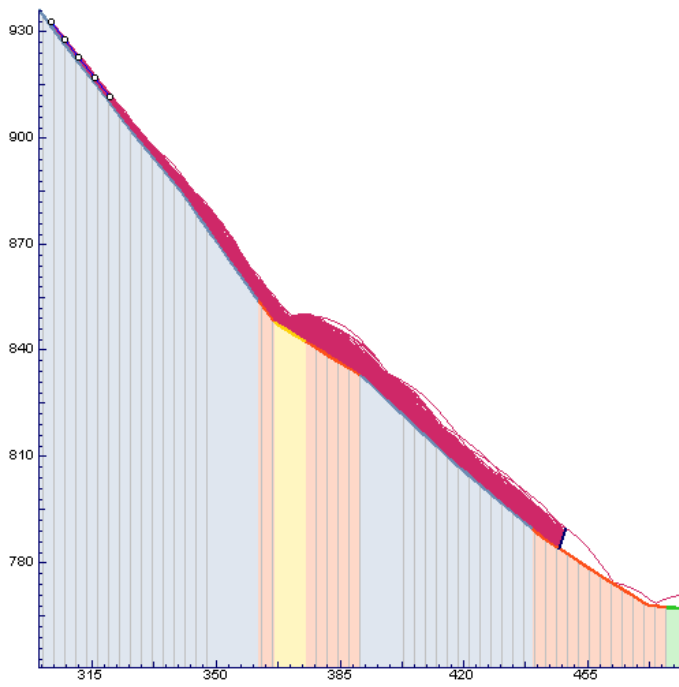


Fig. 5.5 – Sez. 5 – Pendio con barriera

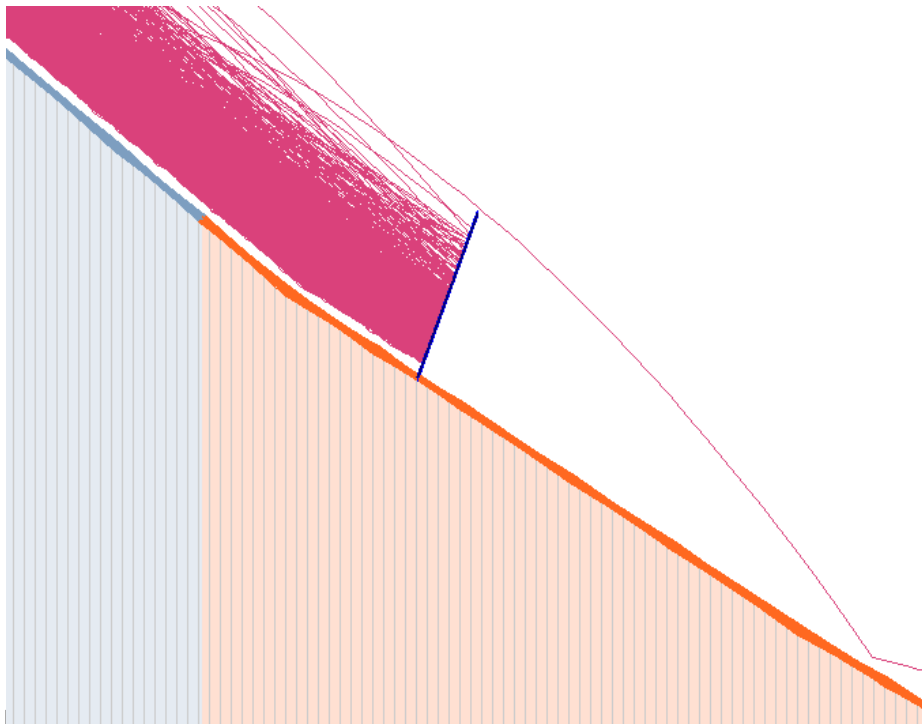
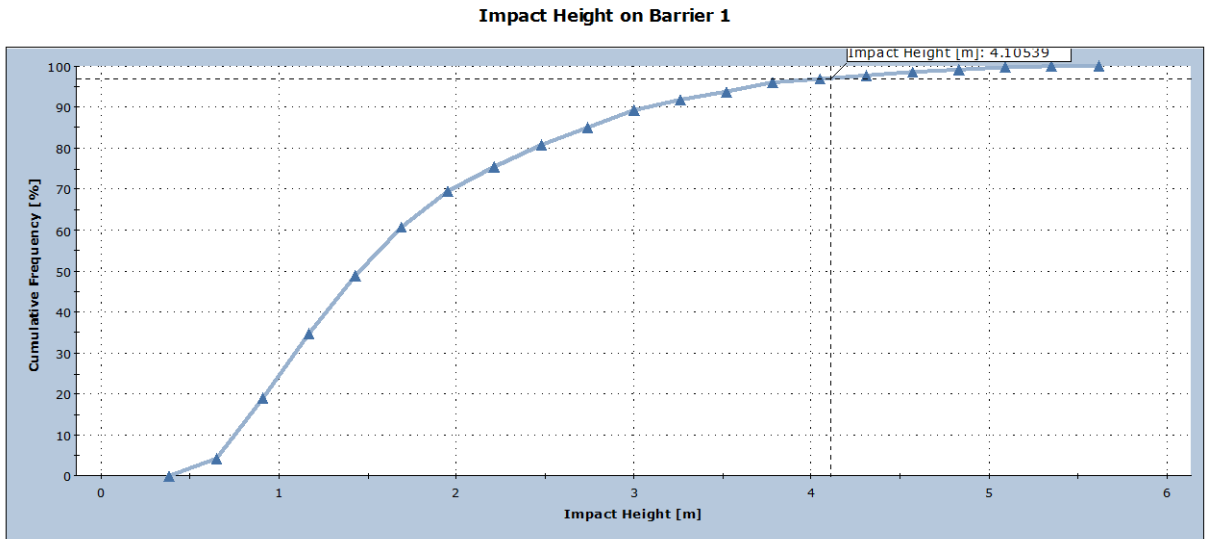
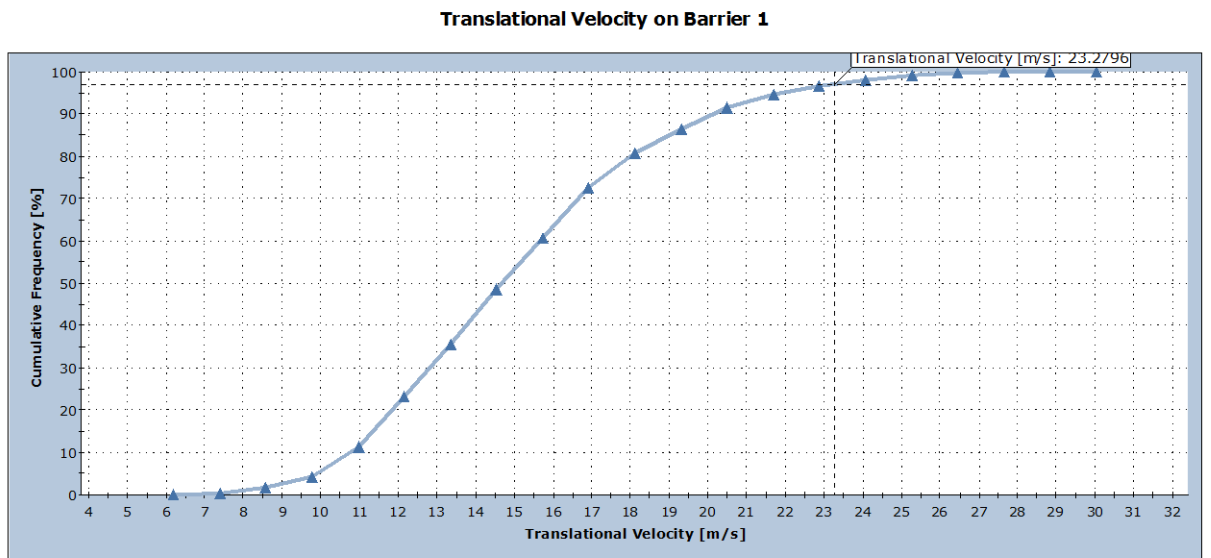


Fig. 5.6 – Sez. 5 – Barriera con traiettorie



Total number of rocks on Barrier 1: 966
 Impact Height: min = 0.515053, max = 5.48549

Fig. 5.7 – Sez. 5 – Frequenza cumulativa delle altezze di caduta sulla barriera (quota 784.0 m). Il 97mo percentile è a 4.1 m



Total number of rocks on Barrier 1: 966
 Translational Velocity: min = 6.79542, max = 29.4341

Fig. 5.8 – Sez. 5 – Frequenza cumulativa delle velocità di caduta sulla barriera (quota 784.0 m). Il 97mo percentile è a 23.3 m/s

Sezione di caduta massi No.		5
Barriera paramassi No.		16
Modello Barriera		RMC 300/A
Massima energia nominale della barriera	MEL	3000[kJ]
Massimo livello di energia effettivo della barriera		3136[kJ]
Dati		
Simulazione sviluppata con		1000traiettorie
Limite di confidenza dell'approccio statistico		97% della popolazione
Inclinazione media del pendio	[α]	40.00[°]
Tolleranza per l'inclinazione della barriera	[β]	5.00[°]
Altezza delle traiettorie sulla verticale per 97% dei casi	[Hv]	4.1[m]
Altezza della traiettorie sul piano della barriera [$\cos(\alpha - \beta) * Hv$]	[Ht]	3.85[m]
Distanza minima tra la barriera e l'infrastruttura	[Di]	10.00[m]
Velocità (traslazione) - limite di confidenza 97%	[Vt]	23.10[m/s]
Dimensione	[Vol]	2.00[m3]
Forma del blocco	[shape]	cubo
Per per unità di volume della roccia	[γ]	2650.00[kg/m3]
Coefficienti di sicurezza parziale		
Qualità delle indagini Topografiche	[γ_{dp}]	1.05
Qualità delle indagini Geomeccaniche - dimensione	[γ_{VolF}]	1.02
Qualità delle indagini Geomeccaniche - peso specifico	[$\gamma\gamma$]	1.00
Qualità della simulazione di caduta massi	[γ_{tr}]	1.05
Traiettoria di progetto		
Velocità di progetto [$Vt * \gamma_{tt} * \gamma_{dp}$]	[Vd]	25.47[m/s]
Massa di progetto [$Vol * \gamma_{VolF} * \gamma * \gamma\gamma$]	[Md]	5406.00[kg]
Altezza di progetto [$Ht * + \text{raggio massa} * 1.05$]	[Hd]	4.51[m]
Energia di progetto [$0.5 * Md * Vd^2$]	[Ed]	1753.18[kJ]
Caratteristiche della barriera RMC		
Energia massima in accordo con ETAG 27	[MEL]	3136.00[kJ]
Livello energetico di servizio in accordo con ETAG 27	[SEL]	1073.00[kJ]
Deformazione dinamica massima MEL	[Db]	6.05[m]
Altezza standard della barriera tra 5 m e 6 m		
Altezza nominale della barriera (Certificata)	[Hb]	6.0[m]
Altezza residua della barriera dopo il 1 ^o impatto	[Hres]	4.4[m]
Franco libero superiore della barriera	[Fmin]	0.5[m]
Metodo di progettazione		
Progettazione finalizzata a livello energetico (MEL or SEL)		MEL
Maximum Energy Level - livello energetico	[$E_{BARRIERA}$]	3136.00[kJ]
Fattore di amplificazione che considera il rischio esistente per :		
(1)_modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili	[i]	1.00
Numero di campate costituenti la barriera:		piu' di 3
Fattore di riduzione per la capacità della barriera	[γ_p]	1.2
Fattore di amplificazione per la deformazione della barriera	[γ_{DB}]	1.3
Prestazioni di progetto della barriera		
Energia di progetto [$Ed / (\gamma_E * i)$]	[Esd]	1753.18[kJ]
Deformazione di progetto [$Db * \gamma_{DB}$]	[D]	7.865[m]
Altezza di progetto della barriera [$Hd + Fmin$]	[Htot]	5.0[m]
Verifica della barriera		
Verifica energetica [$(Esd - Ebarriera / \gamma_E) \leq 0$]		-860.2Soddisfatto
Verifica della deformazione [$(D - Di) \leq 0$]		-2.1Soddisfatto
Altezza della barriera [$(Htot - Hb) \leq 0$]		-0.99Soddisfatto

Tabella 5 – Verifica della barriera alla sezione 5 in accordo a UNI 11211:2012

6

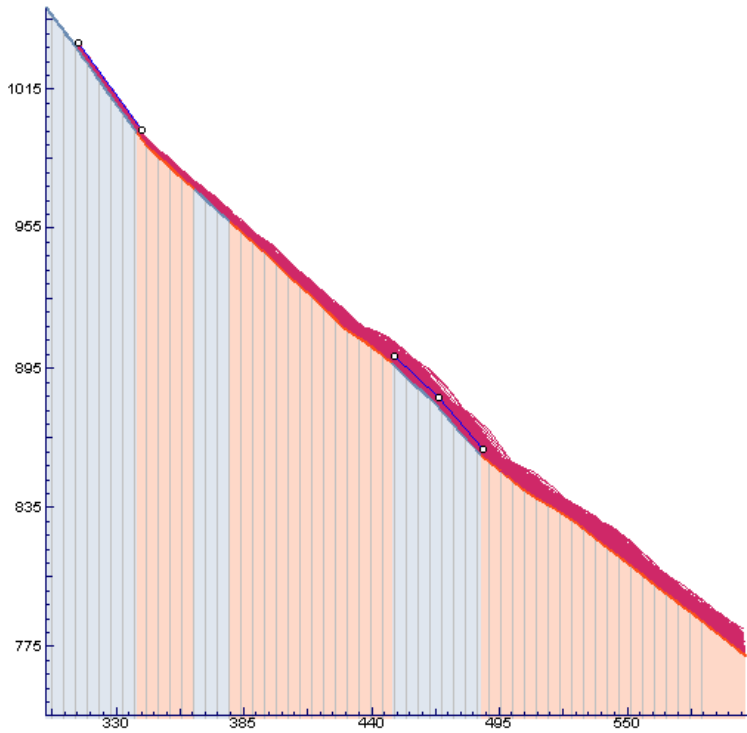


Fig. 6.1 – Sez. 6 – Pendio senza barriera

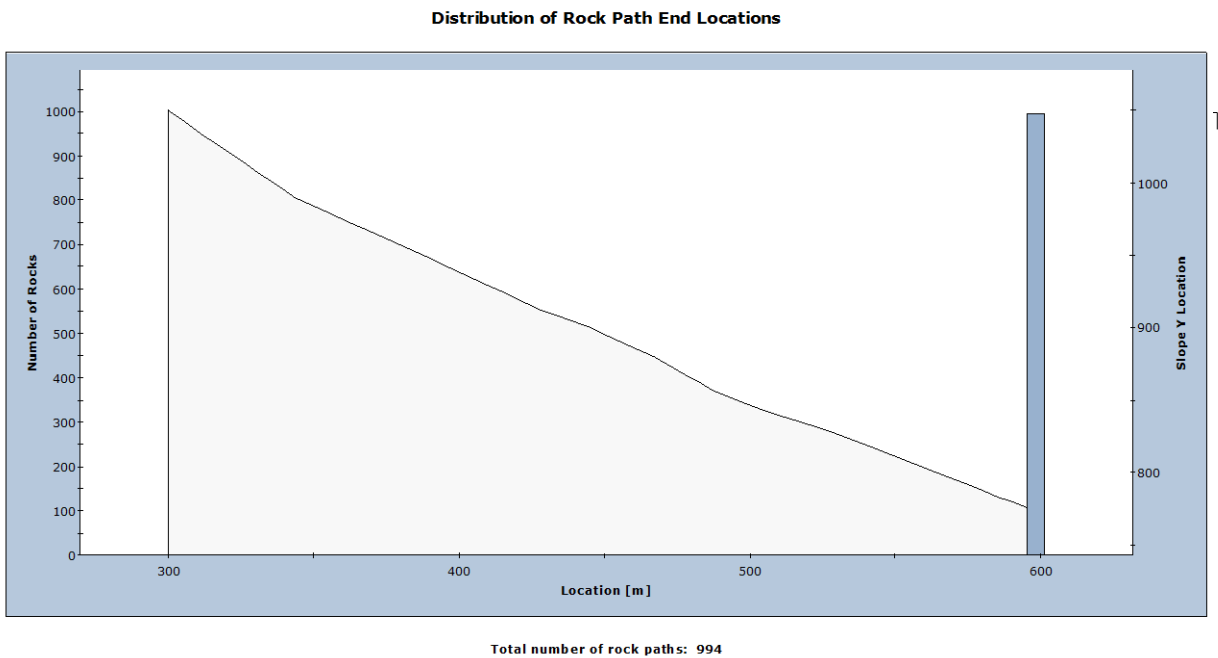
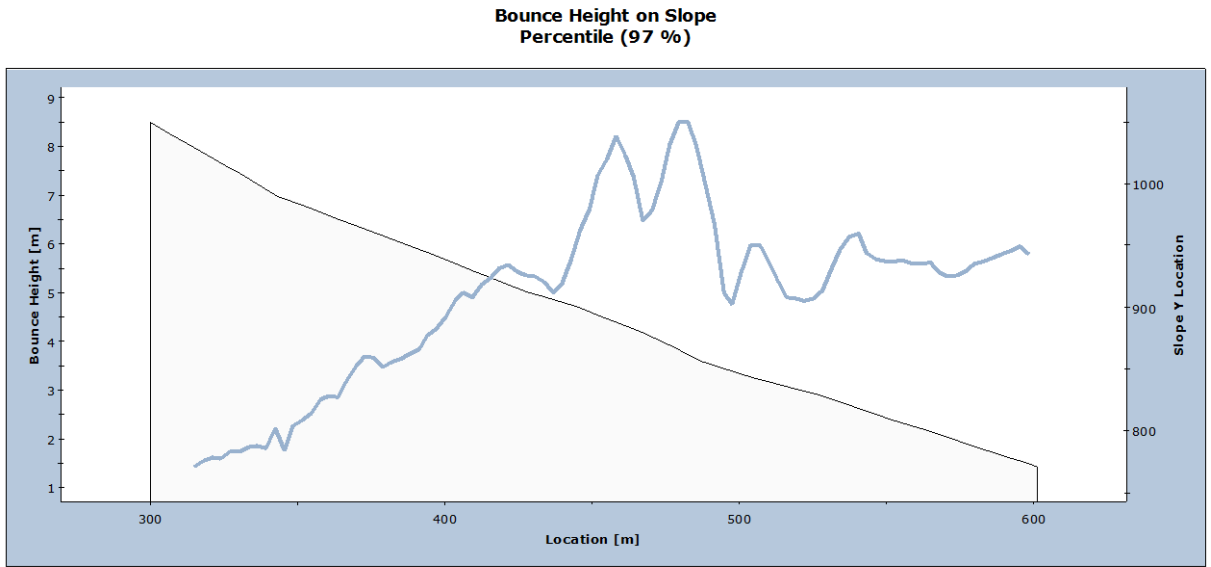
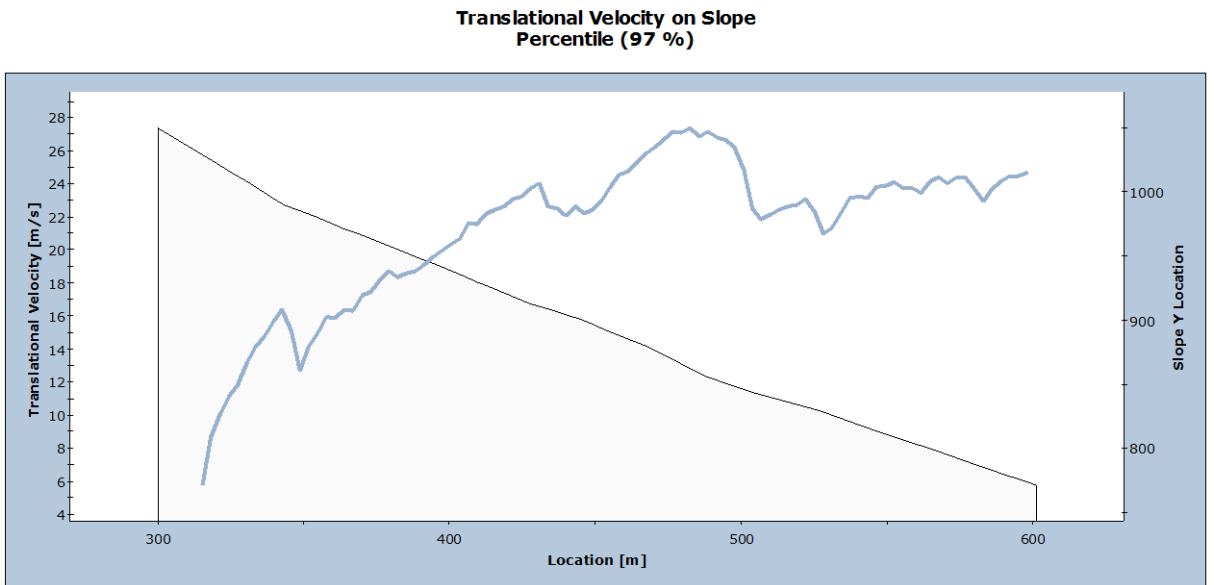


Fig. 6.2 – Sez. 6 – Frequenza dei punti d'arresto delle traiettorie



Total number of rock paths: 992

Fig. 6.3 – Sez. 6 – Inviluppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile



Total number of rock paths: 992

Fig. 6.4 – Sez. 6 – Inviluppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile

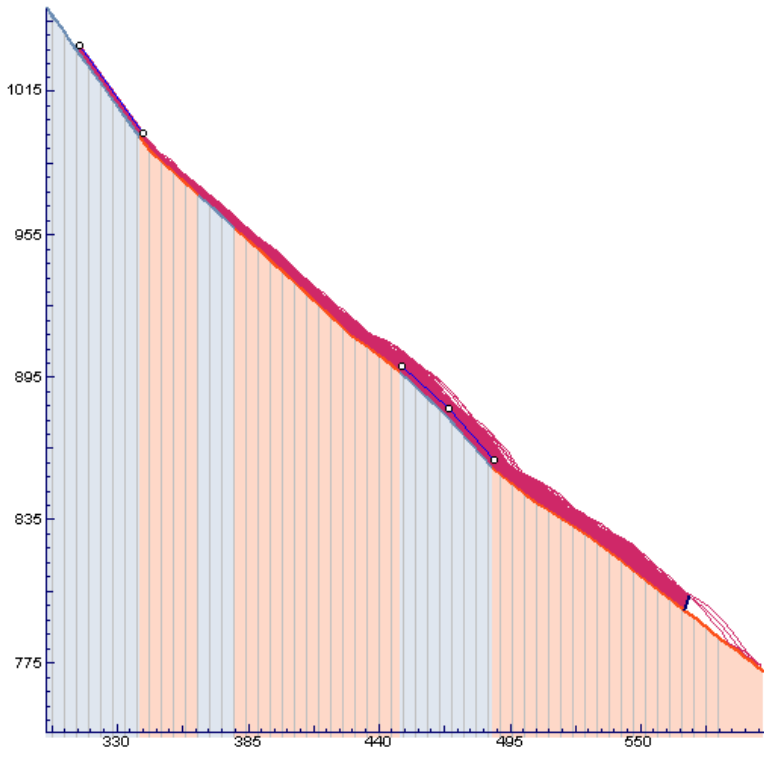


Fig. 6.5 – Sez. 6 – Pendio con barriera

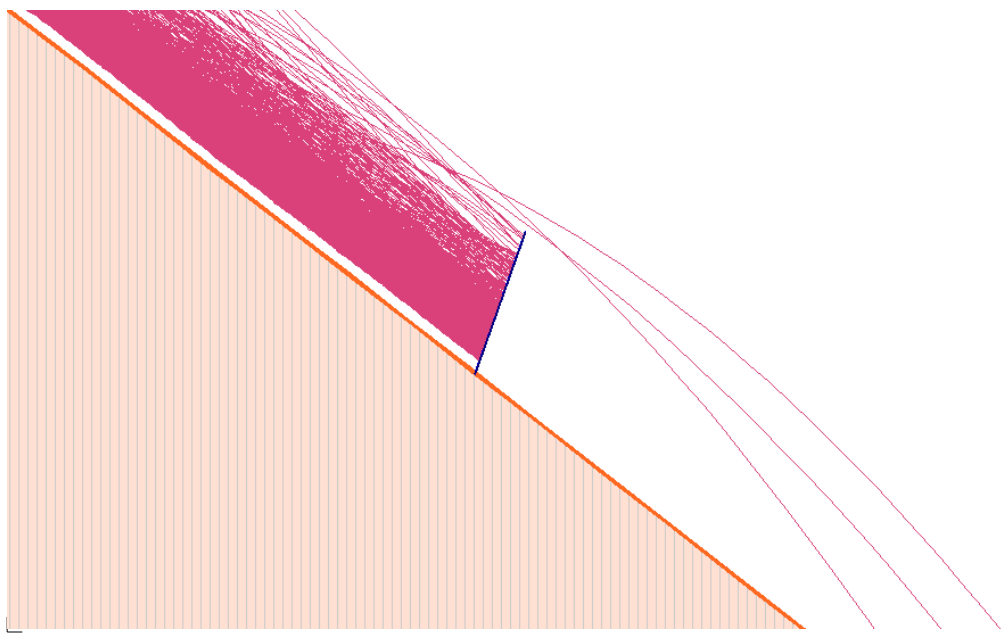


Fig. 6.6 – Sez. 6 – Barriera con traiettorie

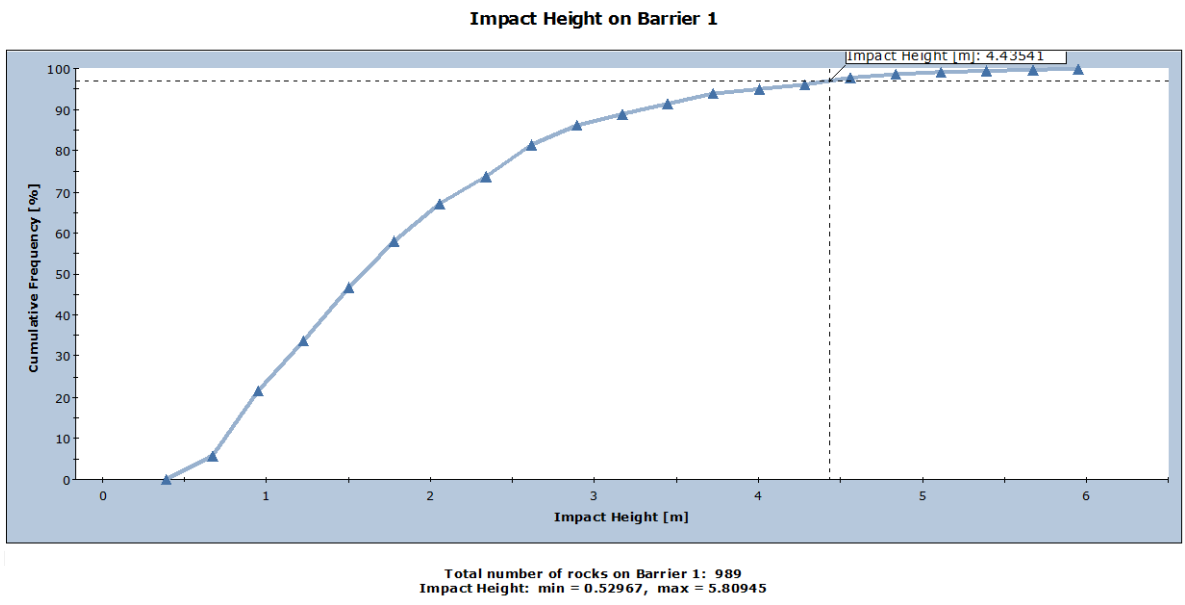


Fig. 6.7 – Sez. 6 – Frequenza cumulativa delle altezze di caduta sulla barriera (quota 797.0 m). Il 97mo percentile è a 4.4 m

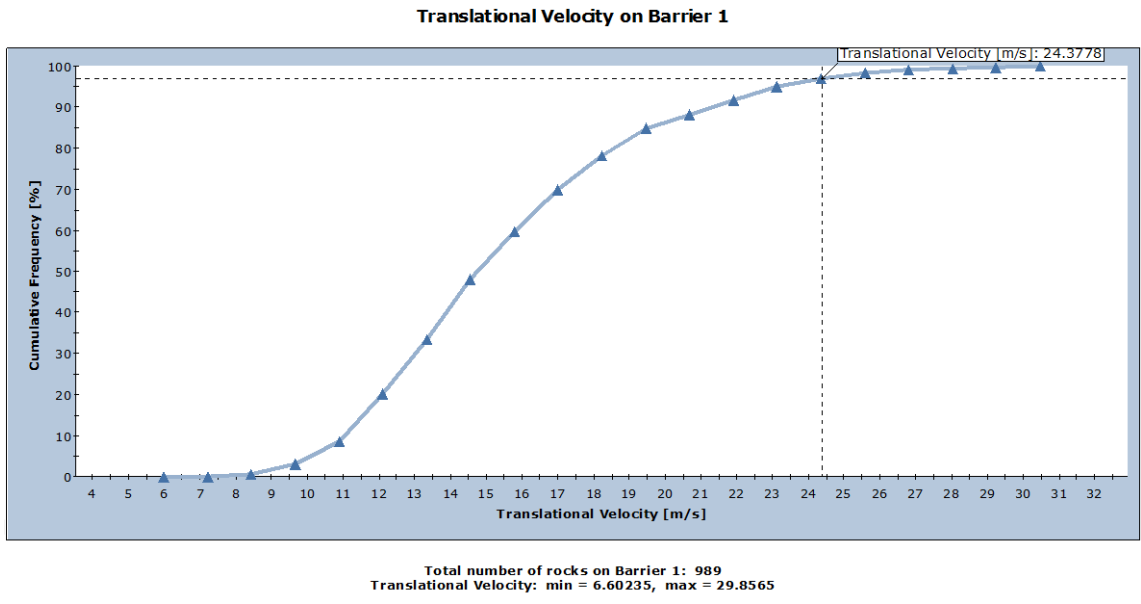


Fig. 6.8 – Sez. 6 – Frequenza cumulativa delle velocità di caduta sulla barriera (quota 797.0 m). Il 97mo percentile è a 24.4 m/s

Sezione di caduta massi No.		6
Barriera paramassi No.		17
Modello Barriera		RMC 300/A
Massima energia nominale della barriera	MEL	3000[kJ]
Massimo livello di energia effettivo della barriera		3136[kJ]
Dati		
Simulazione sviluppata con		1000traiettorie
Limite di confidenza dell'approccio statistico		97% della popolazione
Inclinazione media del pendio	[α]	40.00[°]
Tolleranza per l'inclinazione della barriera	[β]	5.00[°]
Altezza delle traiettorie sulla verticale per 97% dei casi	[Hv]	4.4[m]
Altezza della traiettorie sul piano della barriera [$\cos(\alpha - \beta) * Hv$]	[Ht]	4.13[m]
Distanza minima tra la barriera e l'infrastruttura	[Di]	10.00[m]
Velocità (traslazione) - limite di confidenza 97%	[Vt]	24.40[m/s]
Dimensione	[Vol]	2.00[m ³]
Forma del blocco	[shape]	cubo
Per per unità di volume della roccia	[γ]	2650.00[kg/m ³]
Coefficienti di sicurezza parziale		
Qualità delle indagini Topografiche	[γ_{dp}]	1.05
Qualità delle indagini Geomeccaniche - dimensione	[γ_{VolF}]	1.02
Qualità delle indagini Geomeccaniche - peso specifico	[γ_{γ}]	1.00
Qualità della simulazione di caduta massi	[γ_{tr}]	1.05
Traiettoria di progetto		
Velocità di progetto [$Vt * \gamma_{tt} * \gamma_{dp}$]	[Vd]	26.90[m/s]
Massa di progetto [$Vol * \gamma_{VolF} * \gamma * \gamma_{\gamma}$]	[Md]	5406.00[kg]
Altezza di progetto [$Ht * +$ raggio massa*1.05]	[Hd]	4.80[m]
Energia di progetto [$0.5 * Md * Vd^2$]	[Ed]	1956.06[kJ]
Caratteristiche della barriera RMC		
Energia massima in accordo con ETAG 27	[MEL]	3136.00[kJ]
Livello energetico di servizio in accordo con ETAG 27	[SEL]	1073.00[kJ]
Deformazione dinamica massima MEL	[Db]	6.05[m]
Altezza standard della barriera tra 5 m e 6 m		
Altezza nominale della barriera (Certificata)	[Hb]	6.0[m]
Altezza residua della barriera dopo il 1 ^o impatto	[Hres]	4.4[m]
Franco libero superiore della barriera	[Fmin]	0.5[m]
Metodo di progettazione		
Progettazione finalizzata a livello energetico (MEL or SEL)		MEL
Maximum Energy Level - livello energetico	[$E_{BARRIERA}$]	3136.00[kJ]
Fattore di amplificazione che considera il rischio esistente per :		
(1)_modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili	[i]	1.00
Numero di campate costituenti la barriera:		piu' di 3
Fattore di riduzione per la capacità della barriera	[γ_p]	1.2
Fattore di amplificazione per la deformazione della barriera	[γ_{DB}]	1.3
Prestazioni di progetto della barriera		
Energia di progetto [$Ed / (\gamma_E * i)$]	[Esd]	1956.06[kJ]
Deformazione di progetto [$Db * \gamma_{DB}$]	[D]	7.865[m]
Altezza di progetto della barriera [$Hd + Fmin$]	[Htot]	5.3[m]
Verifica della barriera		
Verifica energetica [$(Esd - Ebarriera / \gamma_E) \leq 0$]		-657.3Soddisfatto
Verifica della deformazione [$(D - Di) \leq 0$]		-2.1Soddisfatto
Altezza della barriera [$(Htot - Hb) \leq 0$]		-0.70Soddisfatto

Tabella 6 – Verifica della barriera alla sezione 6 in accordo a UNI 11211:2012

7

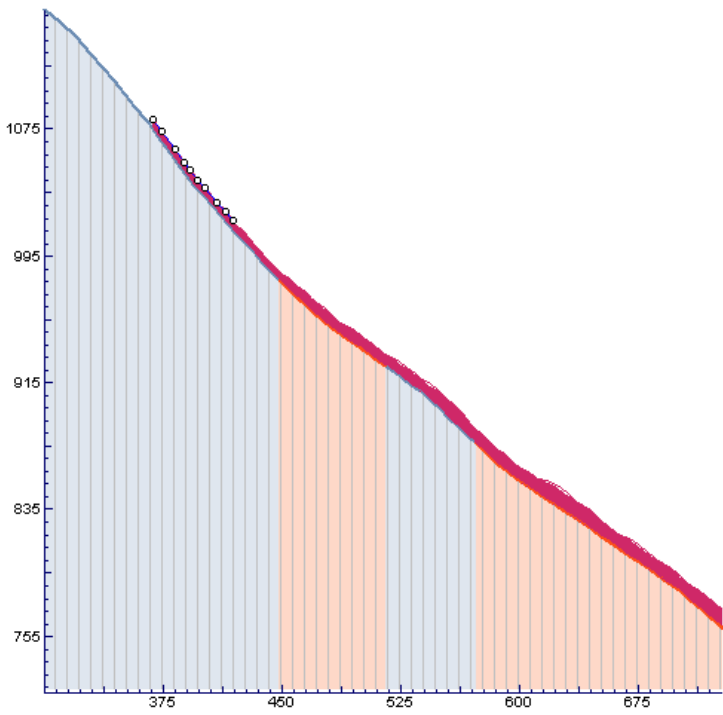


Fig. 7.1 – Sez. 7 – Pendio senza barriera

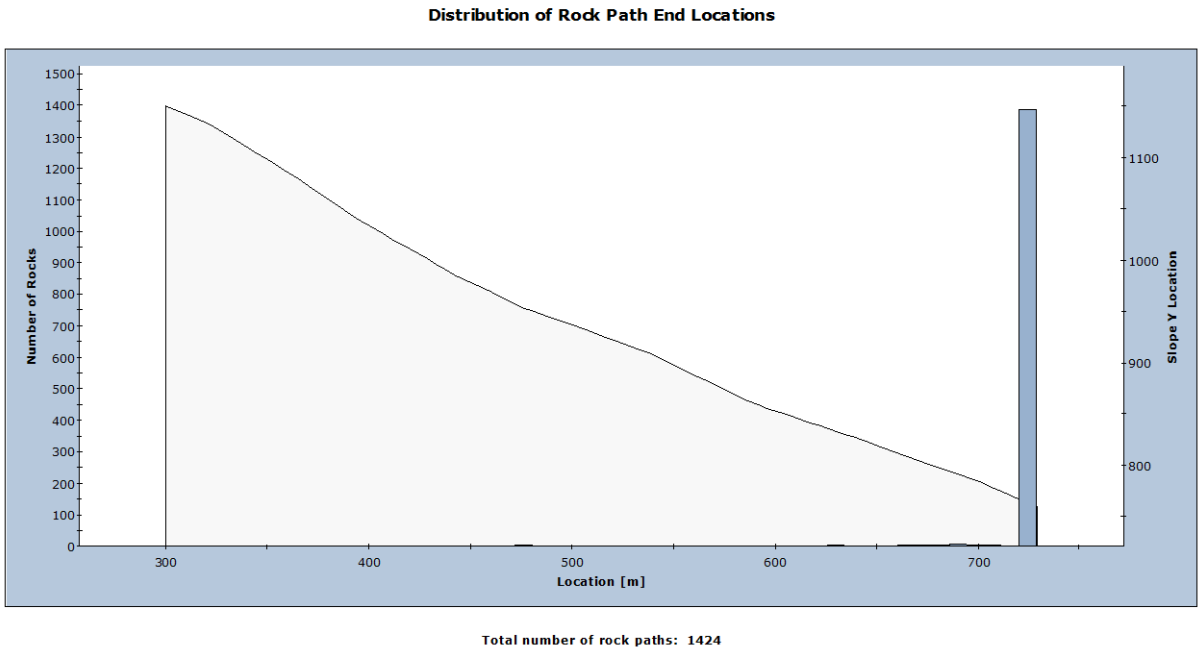
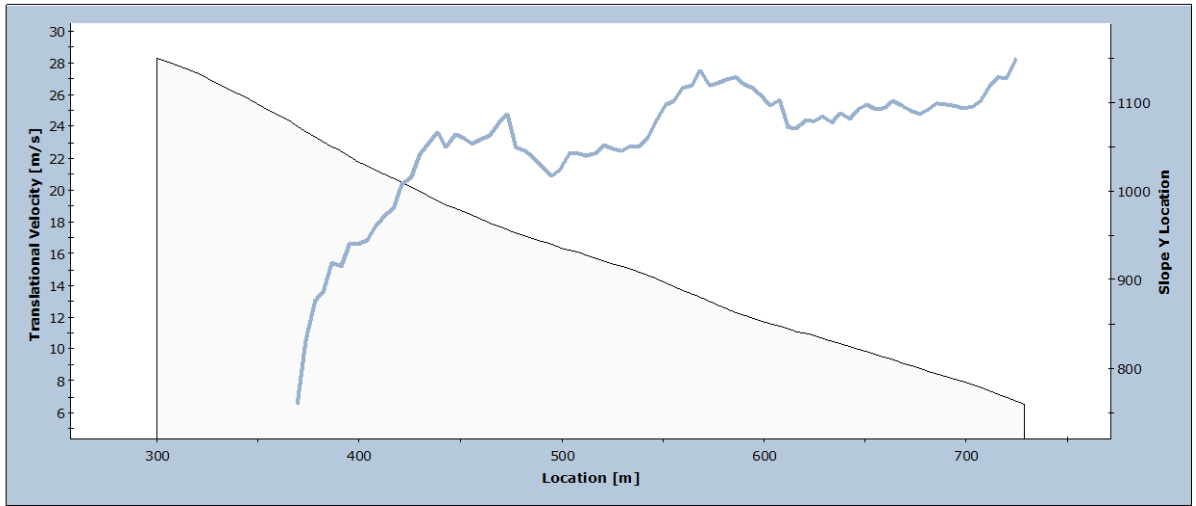


Fig. 7.2 – Sez. 7 – Frequenza dei punti d'arresto delle traiettorie

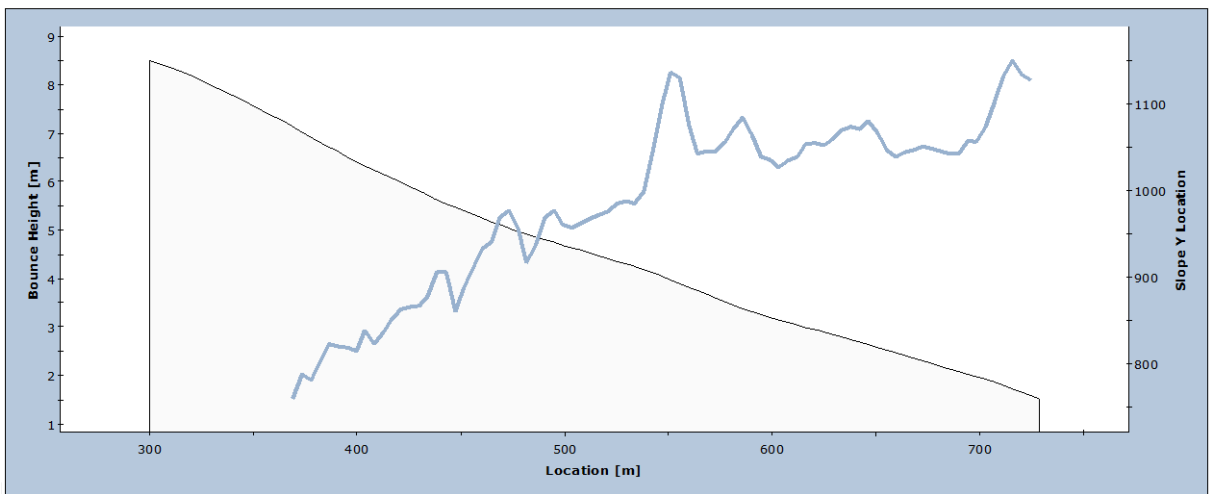
**Translational Velocity on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 953

Fig. 7.3 – Sez. 7 – Involuppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile

**Bounce Height on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 953

Fig. 7.4 – Sez. 7 – Involuppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile

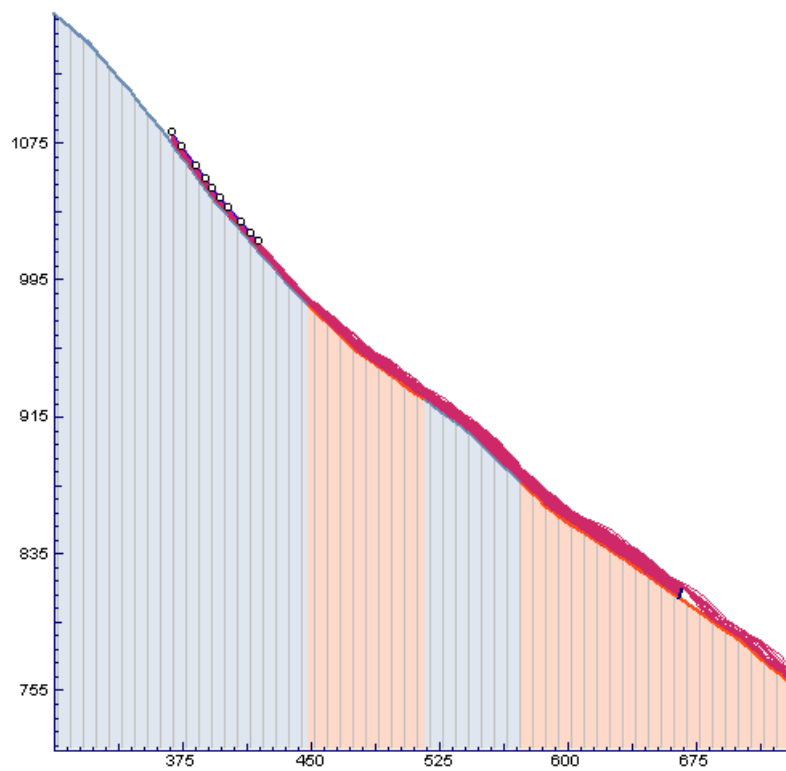


Fig. 7.5 – Sez. 7 – Pendio con barriera

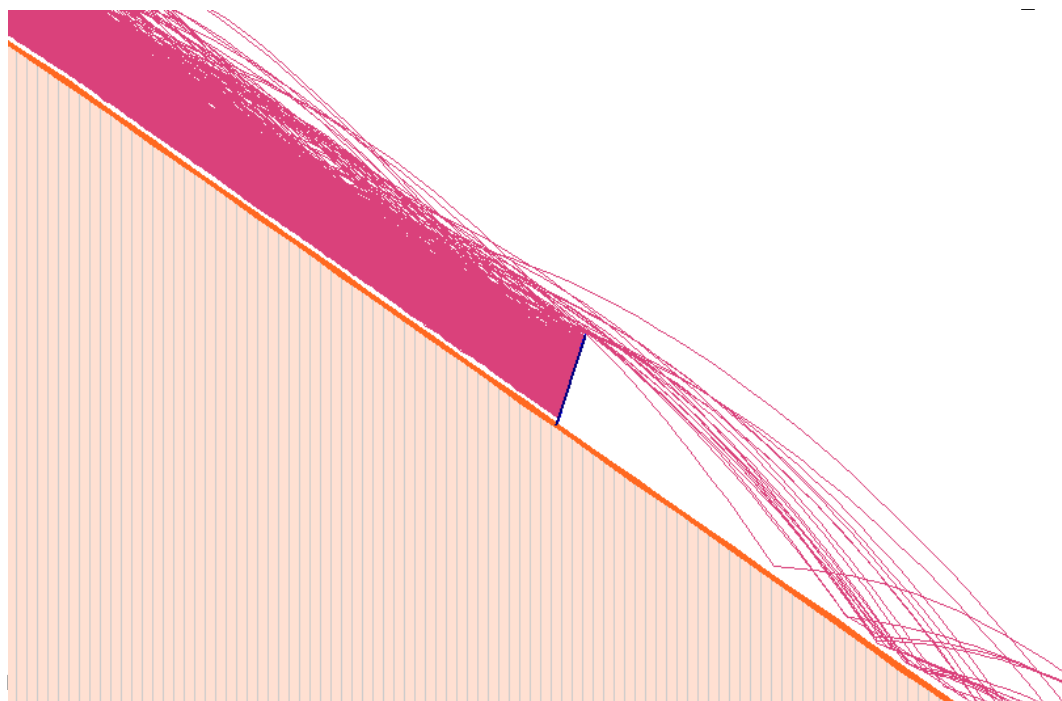
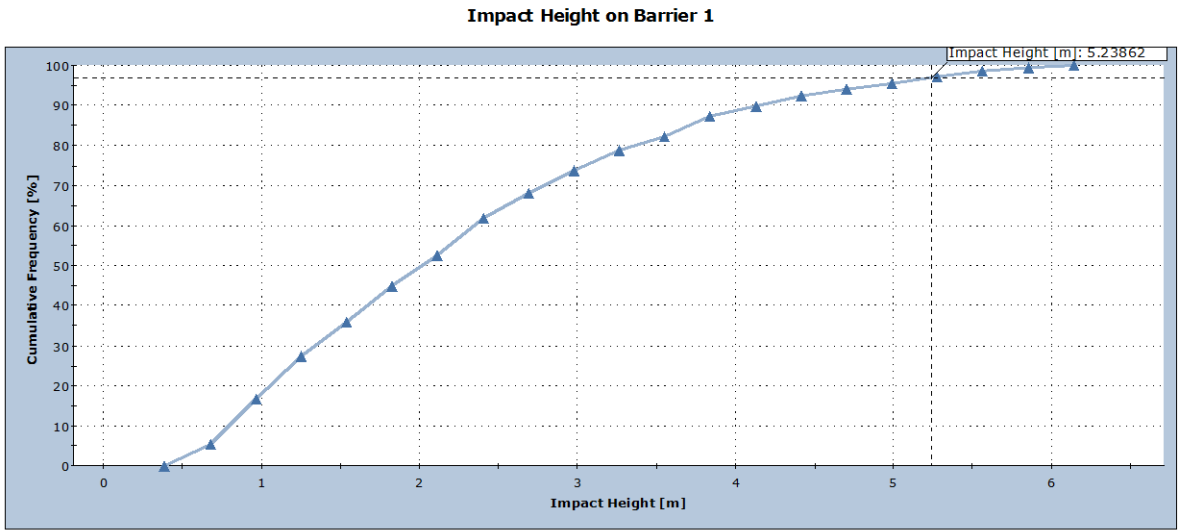
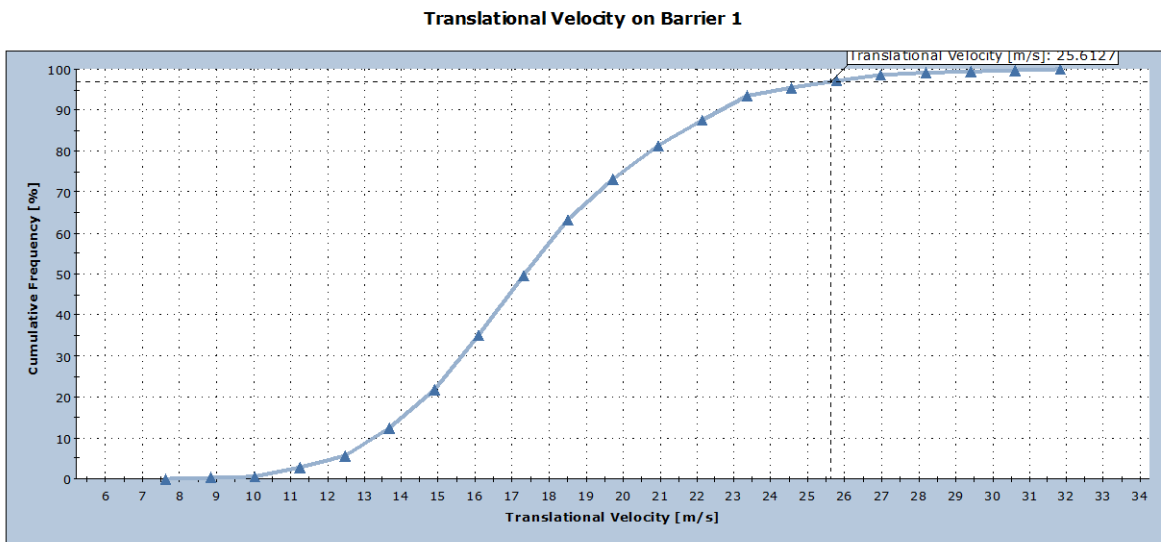


Fig. 7.6 – Sez. 7 – Barriera con traiettorie



Total number of rocks on Barrier 1: 934
 Impact Height: min = 0.532925, max = 5.99619

Fig. 7.7 – Sez. 7 – Frequenza cumulativa delle altezze di caduta sulla barriera (quota 809.0 m). Il 97mo percentile è a 5.2 m



Total number of rocks on Barrier 1: 934
 Translational Velocity: min = 8.23022, max = 31.2207

Fig. 7.8 – Sez. 7 – Frequenza cumulativa delle velocità di caduta sulla barriera (quota 809.0 m). Il 97mo percentile è a 20.7 m/s

Sezione di caduta massi No.		7
Barriera paramassi No.		18 - 19
Modello Barriera		RMC 300/A
Massima energia nominale della barriera	MEL	3000[kJ]
Massimo livello di energia effettivo della barriera		3136[kJ]
Dati		
Simulazione sviluppata con		1000traiettorie
Limite di confidenza dell'approccio statistico		97%della popolazione
Inclinazione media del pendio	[α]	45.00[°]
Tolleranza per l'inclinazione della barriera	[β]	5.00[°]
Altezza delle traiettorie sulla verticale per 97% dei casi	[Hv]	5.2[m]
Altezza della traiettorie sul piano della barriera [$\cos(\alpha - \beta) * Hv$]	[Ht]	4.71[m]
Distanza minima tra la barriera e l'infrastruttura	[Di]	10.00[m]
Velocità (traslazione) - limite di confidenza 97%	[Vt]	25.60[m/s]
Dimensione	[Vol]	2.00[m3]
Forma del blocco	[shape]	cubo
Per per unità di volume della roccia	[γ]	2650.00[kg/m3]
Coefficienti di sicurezza parziale		
Qualità delle indagini Topografiche	[γ_{dp}]	1.05
Qualità delle indagini Geomeccaniche - dimensione	[γ_{VolF}]	1.02
Qualità delle indagini Geomeccaniche - peso specifico	[$\gamma\gamma$]	1.00
Qualità della simulazione di caduta massi	[γ_{tr}]	1.05
Traiettoria di progetto		
Velocità di progetto [$Vt * \gamma_{tt} * \gamma_{dp}$]	[Vd]	28.22[m/s]
Massa di progetto [$Vol * \gamma_{VolF} * \gamma * \gamma\gamma$]	[Md]	5406.00[kg]
Altezza di progetto [$Ht * +$ raggio massa*1.05]	[Hd]	5.37[m]
Energia di progetto [$0.5 * Md * Vd^2$]	[Ed]	2153.19[kJ]
Caratteristiche della barriera RMC		
Energia massima in accordo con ETAG 27	[MEL]	3136.00[kJ]
Livello energetico di servizio in accordo con ETAG 27	[SEL]	1073.00[kJ]
Deformazione dinamica massima MEL	[Db]	6.05[m]
Altezza standard della barriera tra 5 m e 6 m		
Altezza nominale della barriera (Certificata)	[Hb]	6.0[m]
Altezza residua della barriera dopo il 1 ^o impatto	[Hres]	4.4[m]
Franco libero superiore della barriera	[Fmin]	0.5[m]
Metodo di progettazione		
Progettazione finalizzata a livello energetico (MEL or SEL)		MEL
Maximum Energy Level - livello energetico	[$E_{BARRIERA}$]	3136.00[kJ]
Fattore di amplificazione che considera il rischio esistente per :		
(1)_modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili		
	[i]	1.00
Numero di campate costituenti la barriera:		piu' di 3
Fattore di riduzione per la capacità della barriera	[γ_r]	1.2
Fattore di amplificazione per la deformazione della barriera	[γ_{DB}]	1.3
Prestazioni di progetto della barriera		
Energia di progetto [$Ed / (\gamma_E * i)$]	[Esd]	2153.19[kJ]
Deformazione di progetto [$Db * \gamma_{DB}$]	[D]	7.865[m]
Altezza di progetto della barriera [$Hd + Fmin$]	[Htot]	5.9[m]
Verifica della barriera		
Verifica energetica [$(Esd - Ebarriera / \gamma_E) \leq 0$]		-460.1Soddisfatto
Verifica della deformazione [$(D - Di) \leq 0$]		-2.1Soddisfatto
Altezza della barriera [$(Htot - Hb) \leq 0$]		-0.13Soddisfatto

Tabella 7 – Verifica della barriera alla sezione 7 in accordo a UNI 11211:2012

8

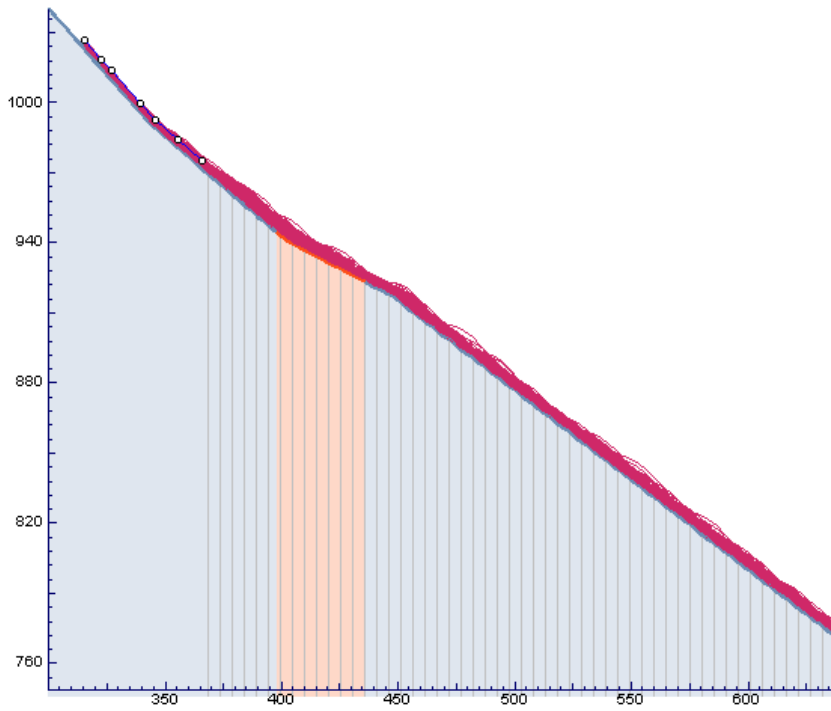


Fig. 8.1 – Sez. 8 – Pendio senza barriera

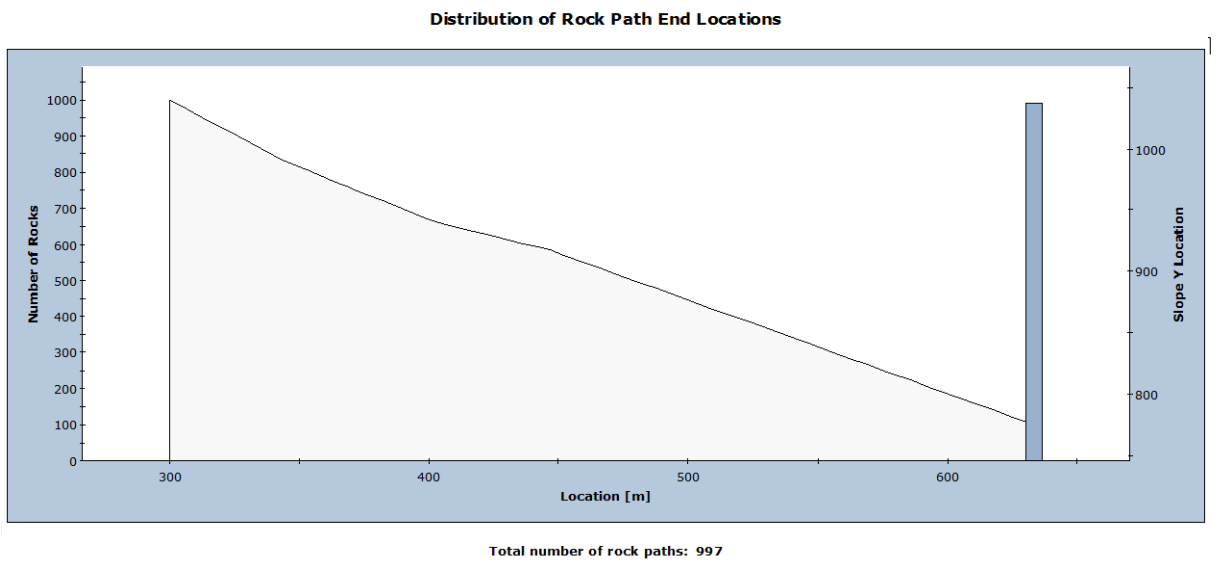


Fig. 8.2 – Sez. 8 – Frequenza dei punti d'arresto delle traiettorie

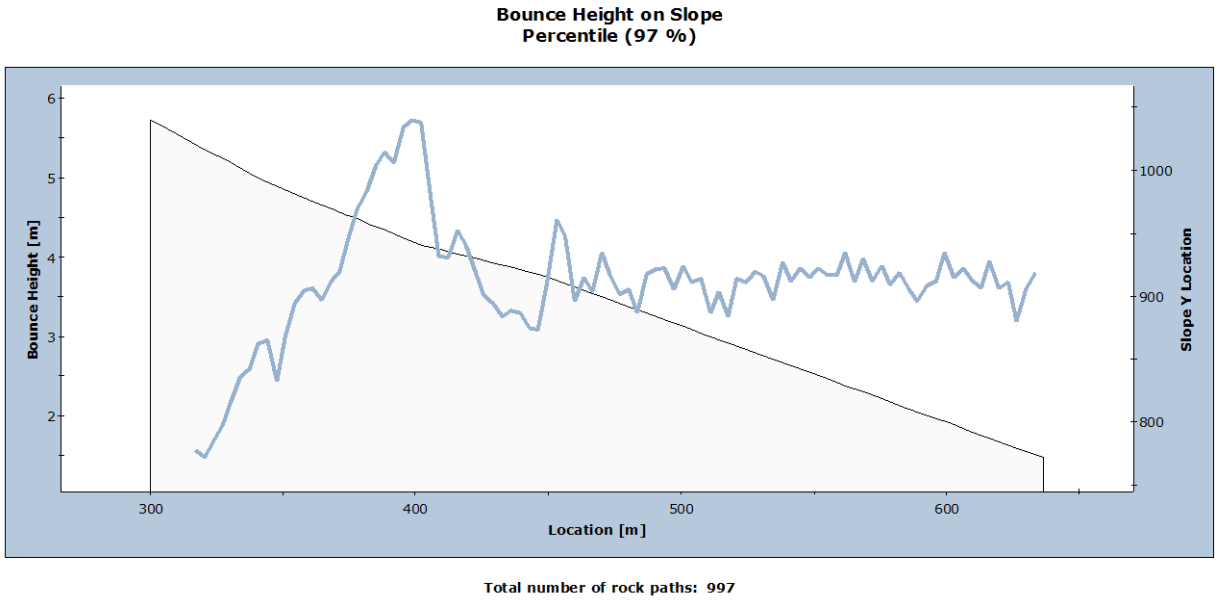


Fig. 8.3 – Sez. 8 – Inviluppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile

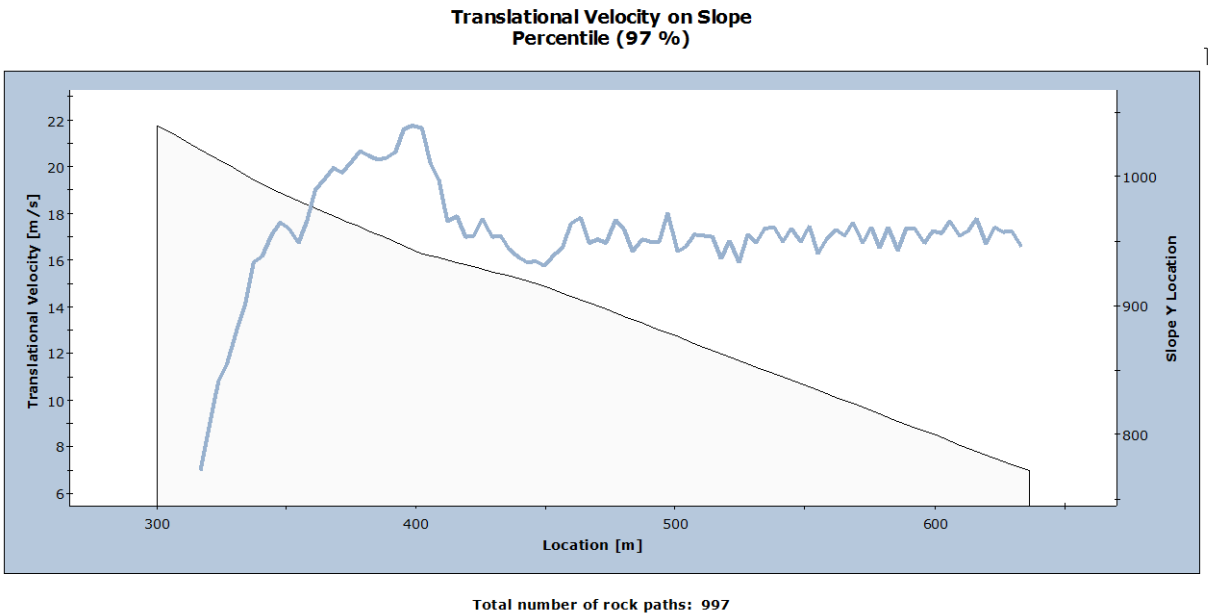


Fig. 8.4 – Sez. 8 – Inviluppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile

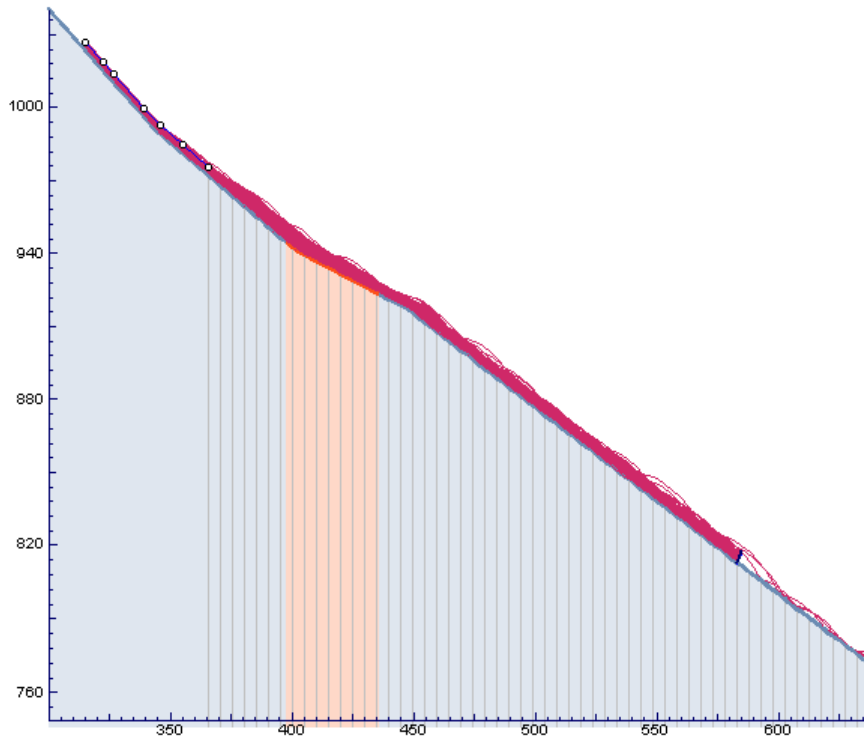


Fig. 8.5 – Sez. 8 – Pendio con barriera

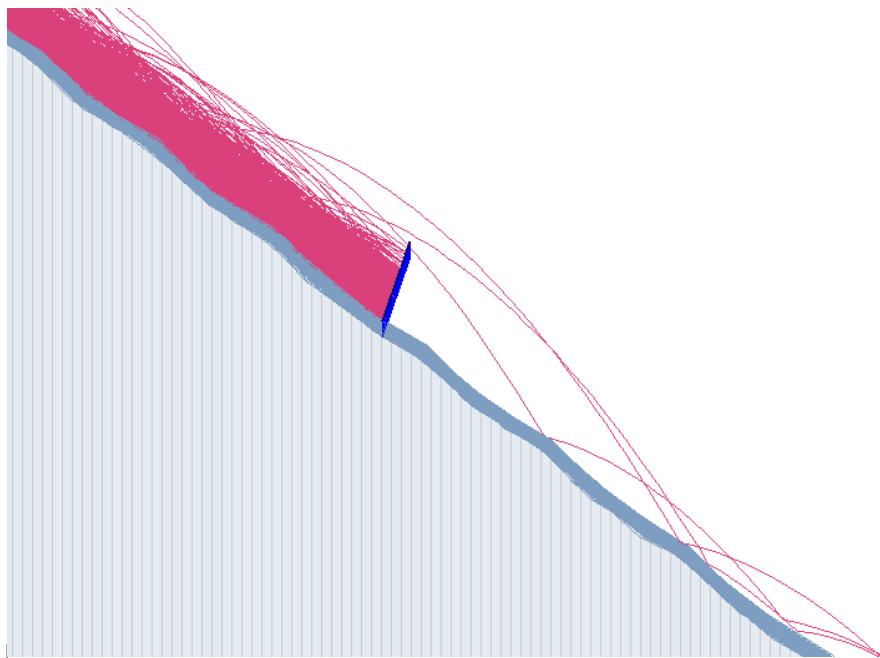
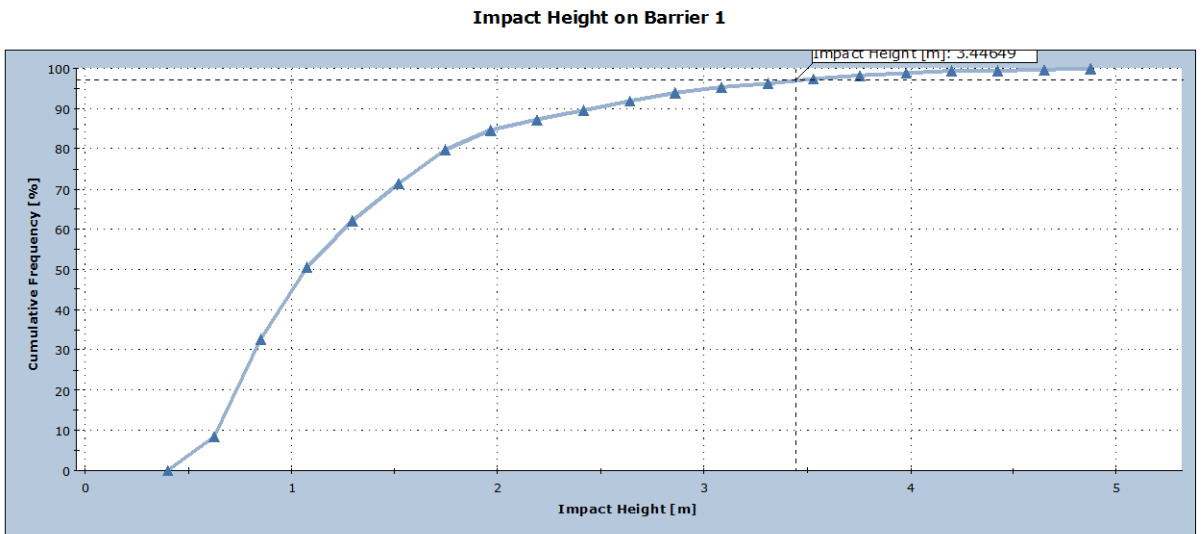
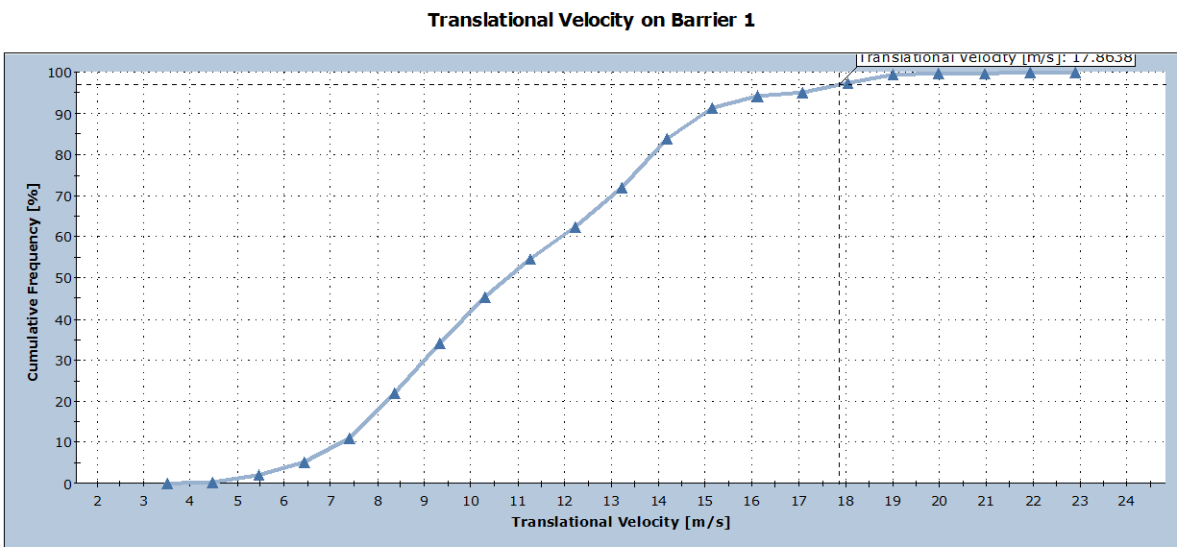


Fig. 8.6 – Sez. 8 – Barriera con traiettorie



Total number of rocks on Barrier 1: 993
 Impact Height: min = 0.514048, max = 4.7604

Fig. 8.7 – Sez. 8 – Frequenza cumulativa delle altezze di caduta sulla barriera (quota 813.0 m). Il 97mo percentile è a 3.4 m



Total number of rocks on Barrier 1: 993
 Translational Velocity: min = 3.9987, max = 22.41

Fig. 8.8 – Sez. 8 – Frequenza cumulativa delle velocità di caduta sulla barriera (quota 813.0 m). Il 97mo percentile è a 17.8 m/s

Sezione di caduta massi No.		8
Barriera paramassi No.		20
Modello Barriera		RMC 200/A
Massima energia nominale della barriera	MEL	2000[kJ]
Massimo livello di energia effettivo della barriera		2083[kJ]
Dati		
Simulazione sviluppata con		1000traiettorie
Limite di confidenza dell'approccio statistico		97% della popolazione
Inclinazione media del pendio	[α]	40.00[°]
Tolleranza per l'inclinazione della barriera	[β]	5.00[°]
Altezza delle traiettorie sulla verticale per 97% dei casi	[Hv]	3.4[m]
Altezza della traiettorie sul piano della barriera [$\cos(\alpha - \beta) * Hv$]	[Ht]	3.19[m]
Distanza minima tra la barriera e l'infrastruttura	[Di]	10.00[m]
Velocità (traslazione) - limite di confidenza 97%	[Vt]	17.80[m/s]
Dimensione	[Vol]	2.00[m ³]
Forma del blocco	[shape]	cubo
Per per unità di volume della roccia	[γ]	2650.00[kg/m ³]
Coefficienti di sicurezza parziale		
Qualità delle indagini Topografiche	[γ_{dp}]	1.05
Qualità delle indagini Geomeccaniche - dimensione	[γ_{VolF}]	1.02
Qualità delle indagini Geomeccaniche - peso specifico	[γ_{γ}]	1.00
Qualità della simulazione di caduta massi	[γ_{tr}]	1.05
Traiettoria di progetto		
Velocità di progetto [$Vt * \gamma_{tt} * \gamma_{dp}$]	[Vd]	19.62[m/s]
Massa di progetto [$Vol * \gamma_{VolF} * \gamma * \gamma_{\gamma}$]	[Md]	5406.00[kg]
Altezza di progetto [$Ht * +$ raggio massa*1.05]	[Hd]	3.86[m]
Energia di progetto [$0.5 * Md * Vd^2$]	[Ed]	1040.98[kJ]
Caratteristiche della barriera RMC		
Energia massima in accordo con ETAG 27	[MEL]	2083.00[kJ]
Livello energetico di servizio in accordo con ETAG 27	[SEL]	730.00[kJ]
Deformazione dinamica massima MEL	[Db]	5.25[m]
Altezza standard della barriera tra 4 m e 5 m		
Altezza nominale della barriera (Certificata)	[Hb]	5.0[m]
Altezza residua della barriera dopo il 1 ^o impatto	[Hres]	3.6[m]
Franco libero superiore della barriera	[Fmin]	0.5[m]
Metodo di progettazione		
Progettazione finalizzata a livello energetico (MEL or SEL)		MEL
Maximum Energy Level - livello energetico	[$E_{BARRIERA}$]	2083.00[kJ]
Fattore di amplificazione che considera il rischio esistente per :		
(1)_modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili	[i]	1.00
Numero di campate costituenti la barriera:		piu' di 3
Fattore di riduzione per la capacità della barriera	[γ_p]	1.2
Fattore di amplificazione per la deformazione della barriera	[γ_{DB}]	1.3
Prestazioni di progetto della barriera		
Energia di progetto [$Ed / (\gamma_E * i)$]	[Esd]	1040.98[kJ]
Deformazione di progetto [$Db * \gamma_{DB}$]	[D]	6.825[m]
Altezza di progetto della barriera [Hd + Fmin]	[Htot]	4.4[m]
Verifica della barriera		
Verifica energetica [$(Esd - E_{barriera} / \gamma_E) \leq 0$]		-694.9Soddisfatto
Verifica della deformazione [$(D - Di) \leq 0$]		-3.2Soddisfatto
Altezza della barriera [$(Htot - Hb) \leq 0$]		-0.6Soddisfatto

Tabella 8 – Verifica della barriera alla sezione 8 in accordo a UNI 11211:2012

9

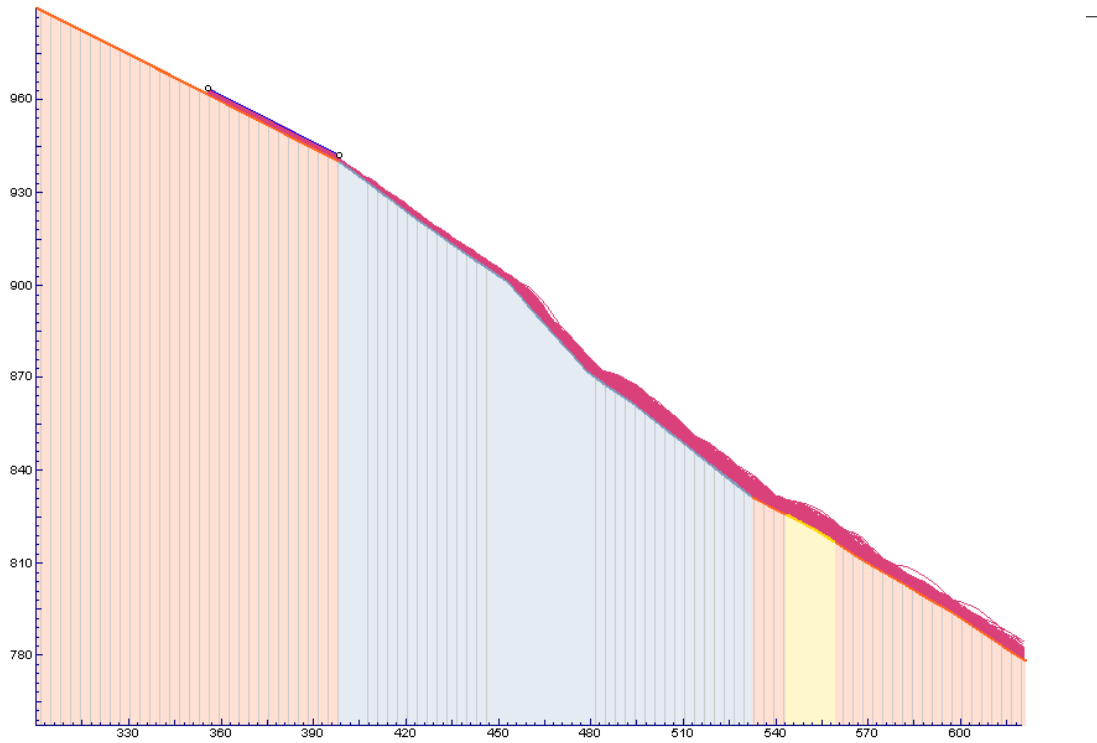


Fig. 9.1 – Sez. 9 – Pendio senza barriera

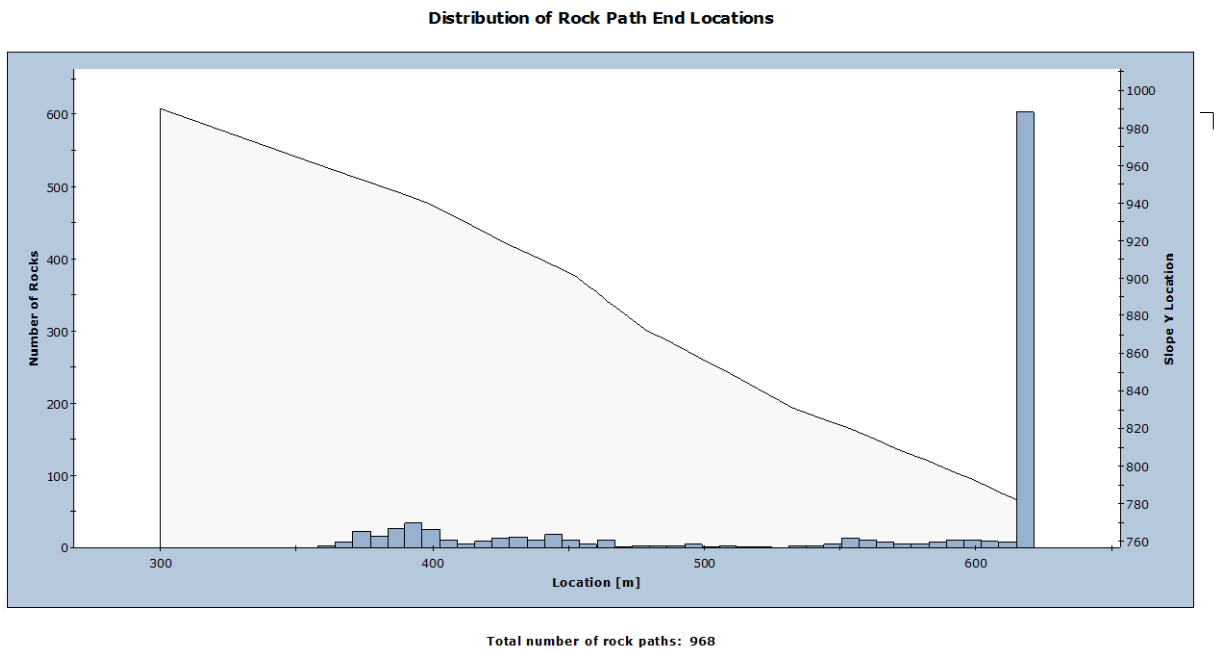
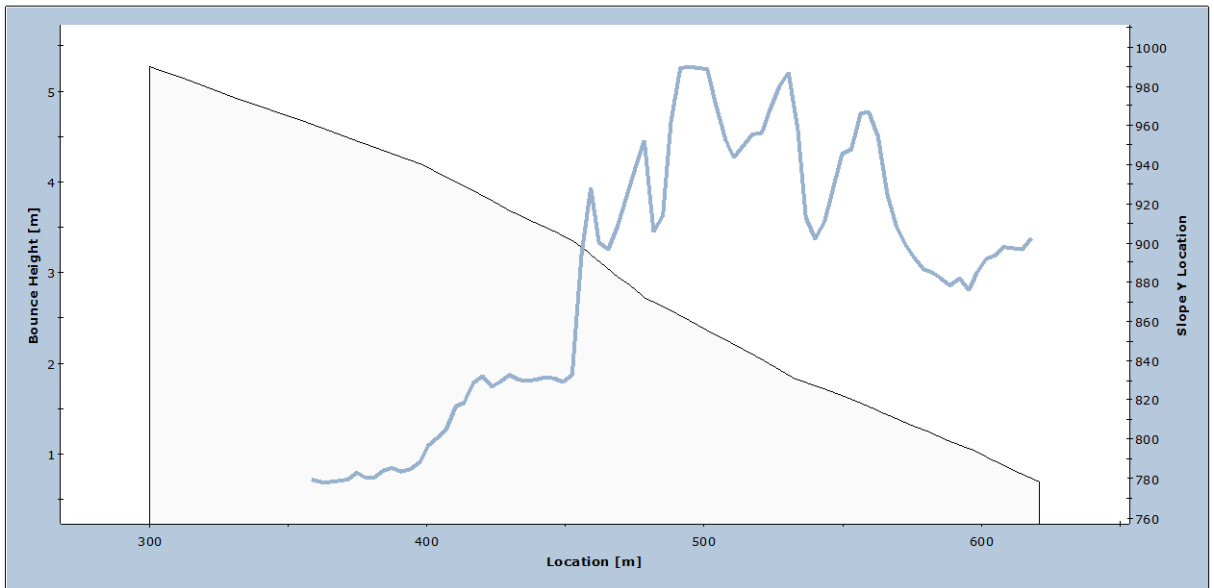


Fig. 9.2 – Sez. 9 – Frequenza dei punti d'arresto delle traiettorie

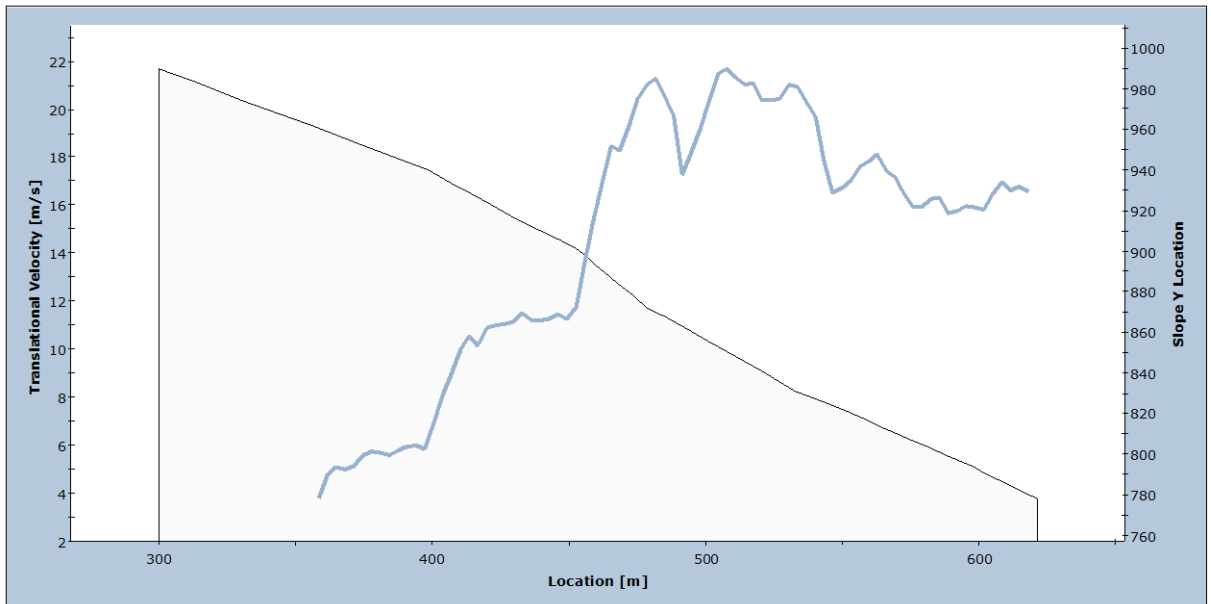
**Bounce Height on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 968

Fig. 9.3 – Sez. 9 – Inviluppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile

**Translational Velocity on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 968

Fig. 9.4 – Sez. 9 – Inviluppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile

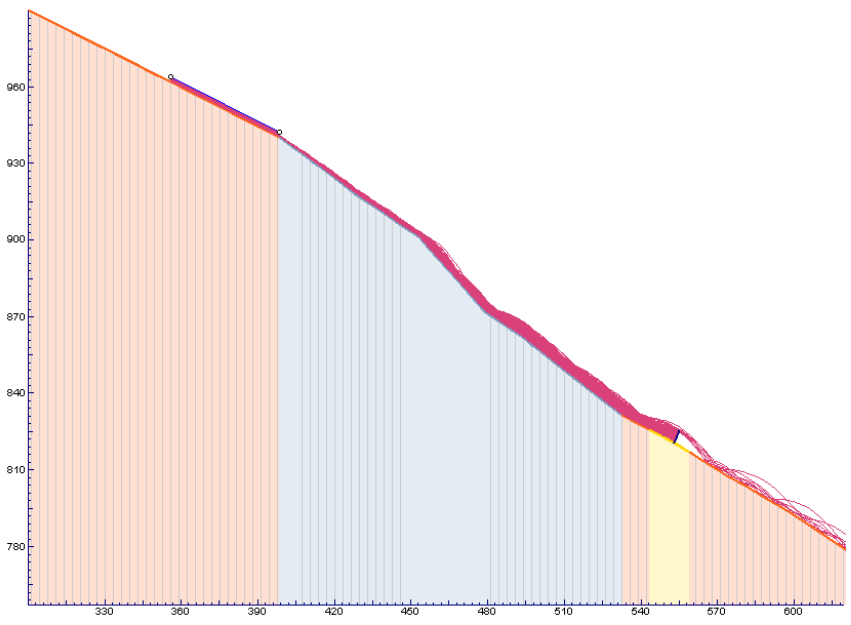


Fig. 9.5 – Sez. 9 – Pendio con barriera

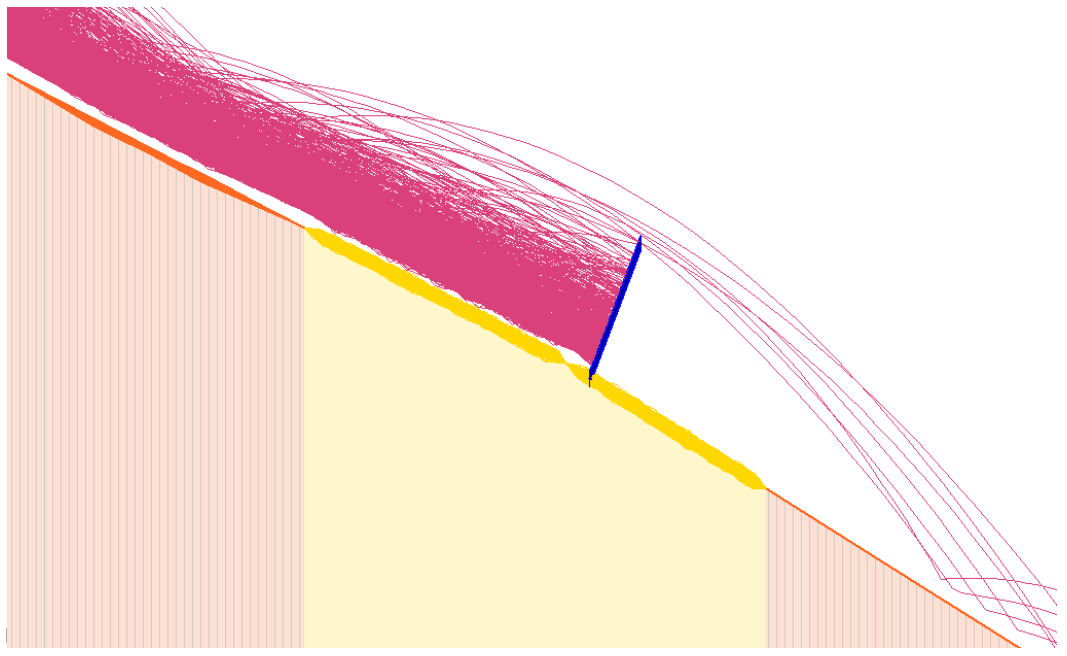
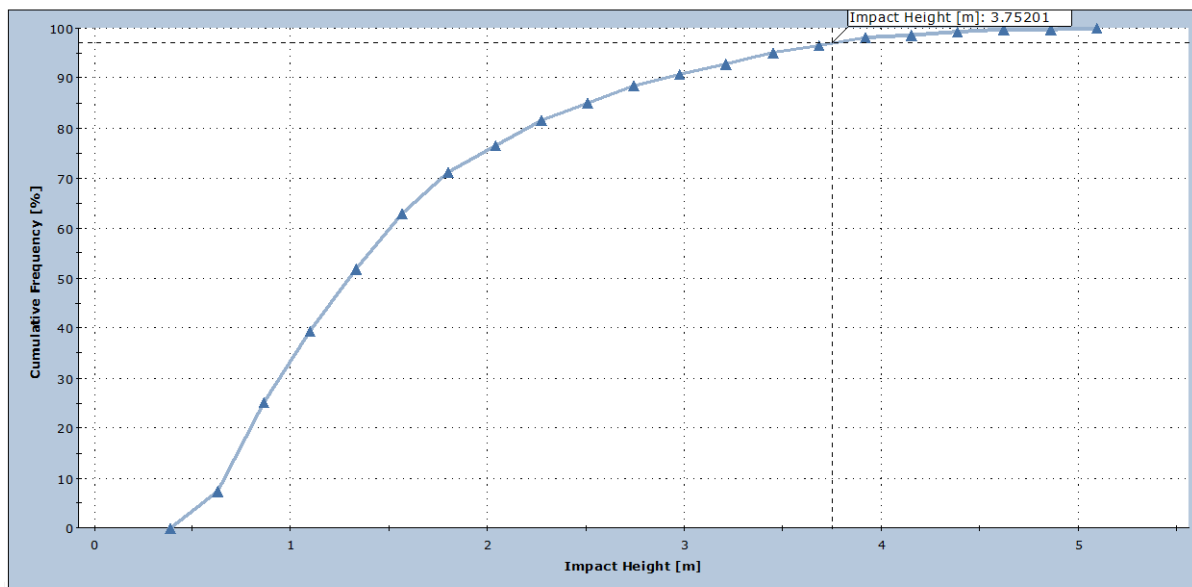


Fig. 9.6 – Sez. 9 – Barriera con traiettorie

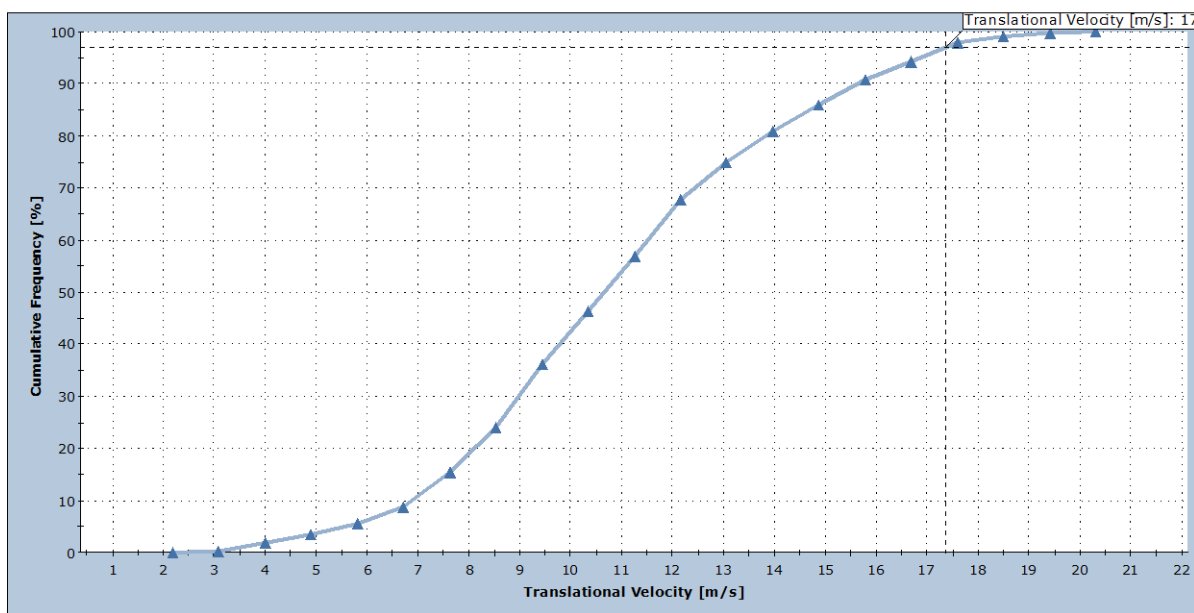
Impact Height on Barrier 1



Total number of rocks on Barrier 1: 692
Impact Height: min = 0.507715, max = 4.97626

Fig. 9.7 – Sez. 9 – Frequenza cumulativa delle altezze di caduta sulla barriera (quota 820.5 m). Il 97mo percentile è a 3.7 m

Translational Velocity on Barrier 1



Total number of rocks on Barrier 1: 692
Translational Velocity: min = 2.63871, max = 19.8613

Fig. 9.8 – Sez. 9 – Frequenza cumulativa delle velocità di caduta sulla barriera (quota 820.5 m). Il 97mo percentile è a 17.4 m/s

Sezione di caduta massi No.		9
Barriera paramassi No.		21 - 22
Modello Barriera		RMC 200/A
Massima energia nominale della barriera	MEL	2000[kJ]
Massimo livello di energia effettivo della barriera		2083[kJ]
Dati		
Simulazione sviluppata con		1000traiettorie
Limite di confidenza dell'approccio statistico		97% della popolazione
Inclinazione media del pendio	$[\alpha]$	35.00[°]
Tolleranza per l'inclinazione della barriera	$[\beta]$	5.00[°]
Altezza delle traiettorie sulla verticale per 97% dei casi	$[H_v]$	3.7[m]
Altezza della traiettorie sul piano della barriera $[\cos(\alpha - \beta) * H_v]$	$[H_t]$	3.57[m]
Distanza minima tra la barriera e l'infrastruttura	$[D_i]$	10.00[m]
Velocità (traslazione) - limite di confidenza 97%	$[V_t]$	17.40[m/s]
Dimensione	$[V_o]$	2.00[m ³]
Forma del blocco	$[shape]$	cubo
Per per unità di volume della roccia	$[\gamma]$	2650.00[kg/m ³]
Coefficienti di sicurezza parziale		
Qualità delle indagini Topografiche	$[\gamma_{dp}]$	1.05
Qualità delle indagini Geomeccaniche - dimensione	$[\gamma_{VolF}]$	1.02
Qualità delle indagini Geomeccaniche - peso specifico	$[\gamma\gamma]$	1.00
Qualità della simulazione di caduta massi	$[\gamma_{tr}]$	1.05
Traiettoria di progetto		
Velocità di progetto $[V_t * \gamma_{tt} * \gamma_{dp}]$	$[V_d]$	19.18[m/s]
Massa di progetto $[V_o * \gamma_{VolF} * \gamma * \gamma\gamma]$	$[M_d]$	5406.00[kg]
Altezza di progetto $[H_t * + \text{raggio massa} * 1.05]$	$[H_d]$	4.24[m]
Energia di progetto $[0.5 * M_d * V_d^2]$	$[E_d]$	994.72[kJ]
Caratteristiche della barriera RMC		
Energia massima in accordo con ETAG 27	$[MEL]$	2083.00[kJ]
Livello energetico di servizio in accordo con ETAG 27	$[SEL]$	730.00[kJ]
Deformazione dinamica massima MEL	$[D_b]$	5.25[m]
Altezza standard della barriera tra 4 m e 5 m		
Altezza nominale della barriera (Certificata)	$[H_b]$	5.0[m]
Altezza residua della barriera dopo il 1 ^o impatto	$[H_{res}]$	3.6[m]
Franco libero superiore della barriera	$[F_{min}]$	0.5[m]
Metodo di progettazione		
Progettazione finalizzata a livello energetico (MEL or SEL)		MEL
Maximum Energy Level - livello energetico	$[E_{BARRIERA}]$	2083.00[kJ]
Fattore di amplificazione che considera il rischio esistente per :		
(1)_modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili	$[i]$	1.00
Numero di campate costituenti la barriera:		piu' di 3
Fattore di riduzione per la capacità della barriera	$[\gamma_p]$	1.2
Fattore di amplificazione per la deformazione della barriera	$[\gamma_{DB}]$	1.3
Prestazioni di progetto della barriera		
Energia di progetto $[E_d / (\gamma_E * i)]$	$[E_{sd}]$	994.72[kJ]
Deformazione di progetto $[D_b * \gamma_{DB}]$	$[D]$	6.825[m]
Altezza di progetto della barriera $[H_d + F_{min}]$	$[H_{tot}]$	4.7[m]
Verifica della barriera		
Verifica energetica $[(E_{sd} - E_{barriera} / \gamma_E) \leq 0]$		-741.1 Soddisfatto
Verifica della deformazione $[(D - D_i) \leq 0]$		-3.2 Soddisfatto
Altezza della barriera $[(H_{tot} - H_b) \leq 0]$		-0.3 Soddisfatto

Tabella 9 – Verifica della barriera alla sezione 9 in accordo a UNI 11211:2012

10

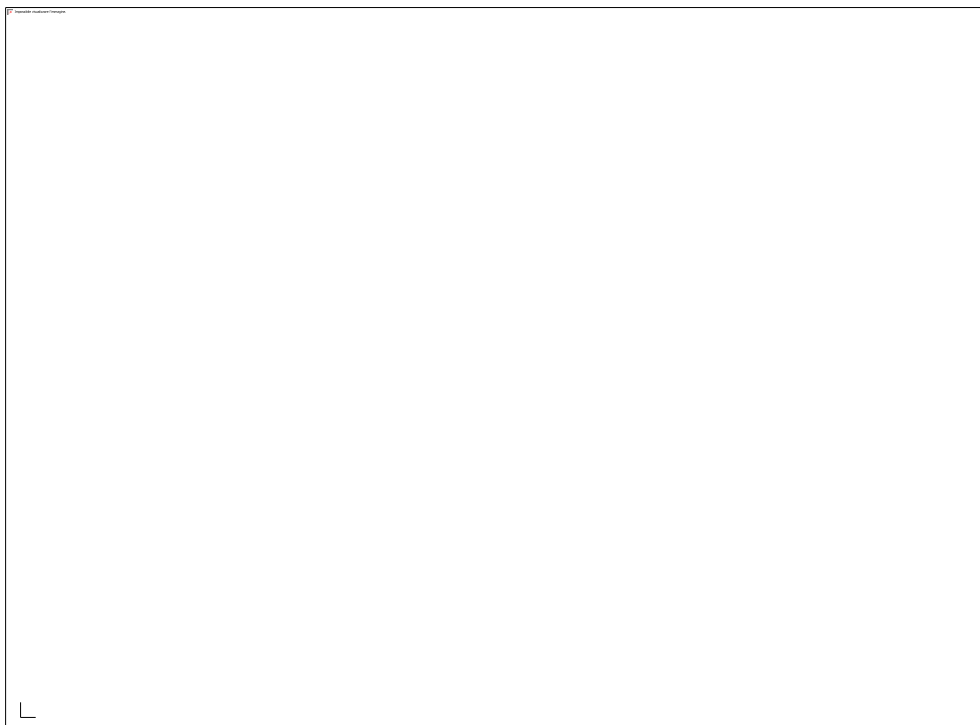


Fig. 10.1 – Sez. 10 – Pendio senza barriera

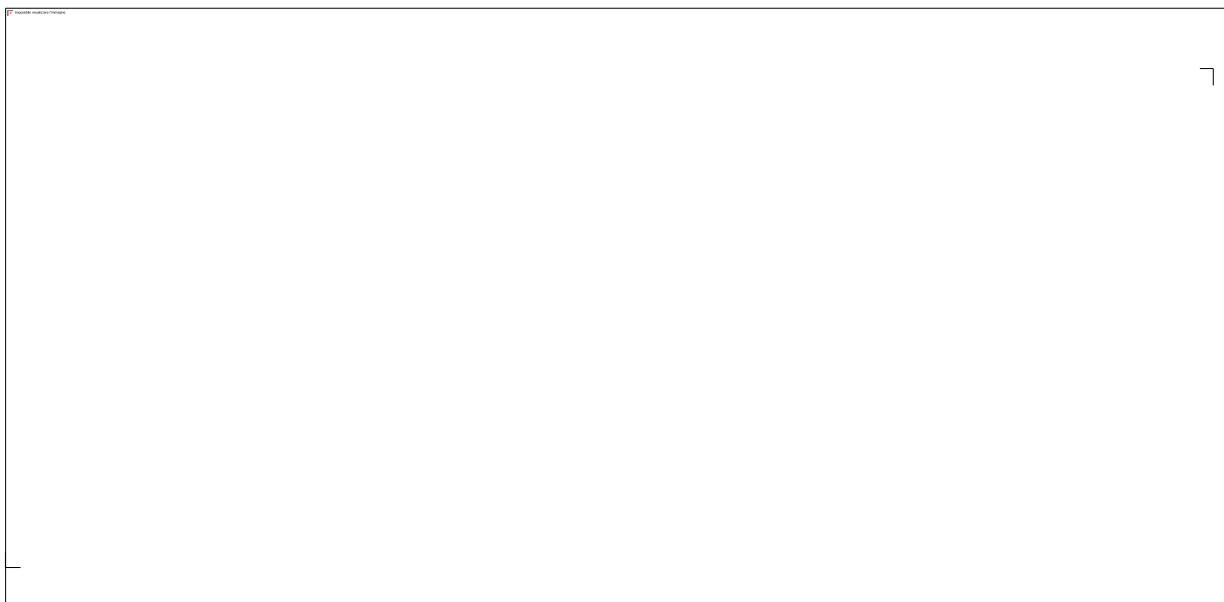
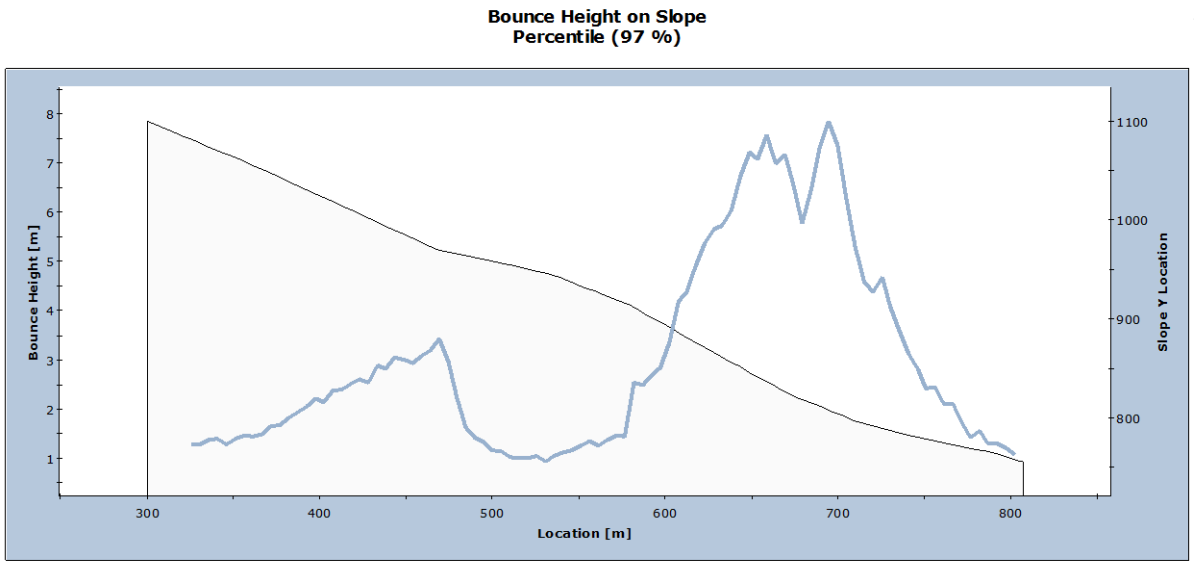
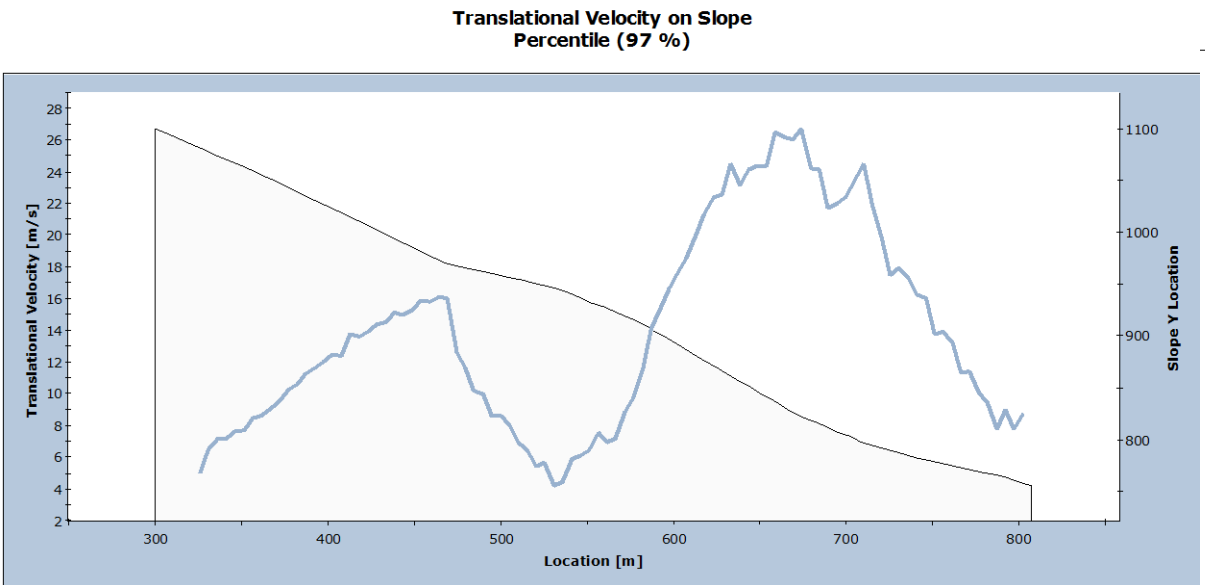


Fig. 10.2 – Sez. 10 – Frequenza dei punti d'arresto delle traiettorie



Total number of rock paths: 998

Fig. 10.3 – Sez. 10 – Involuppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile



Total number of rock paths: 998

Fig. 10.4 – Sez. 10 – Involuppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile

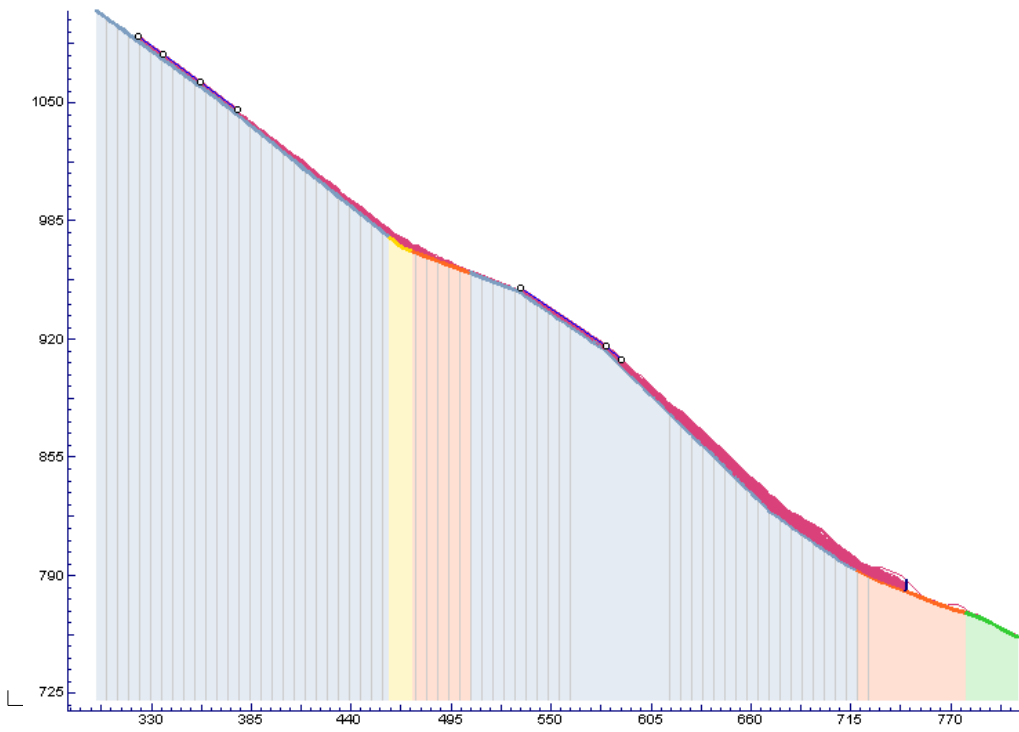


Fig. 10.5 – Sez. 10 – Pendio con barriera

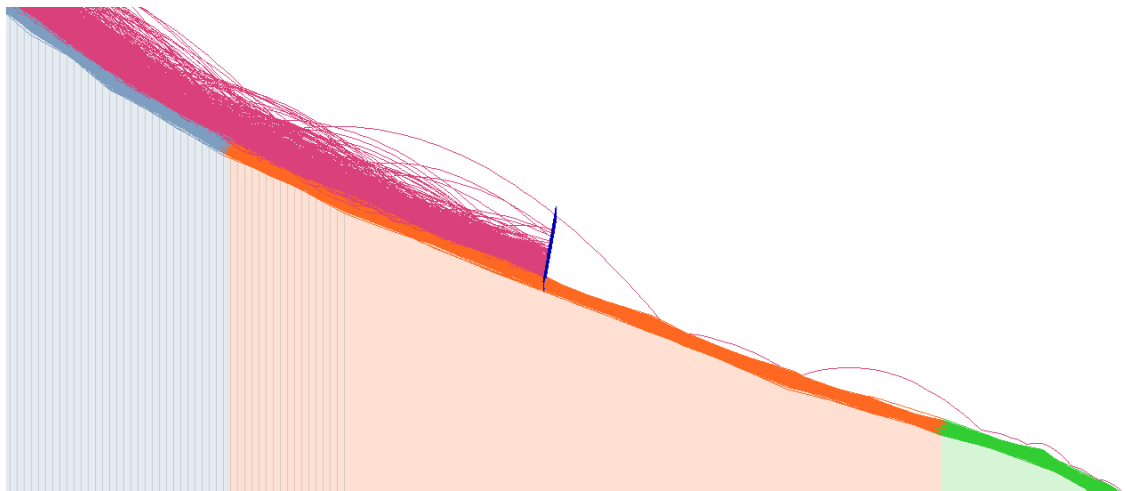
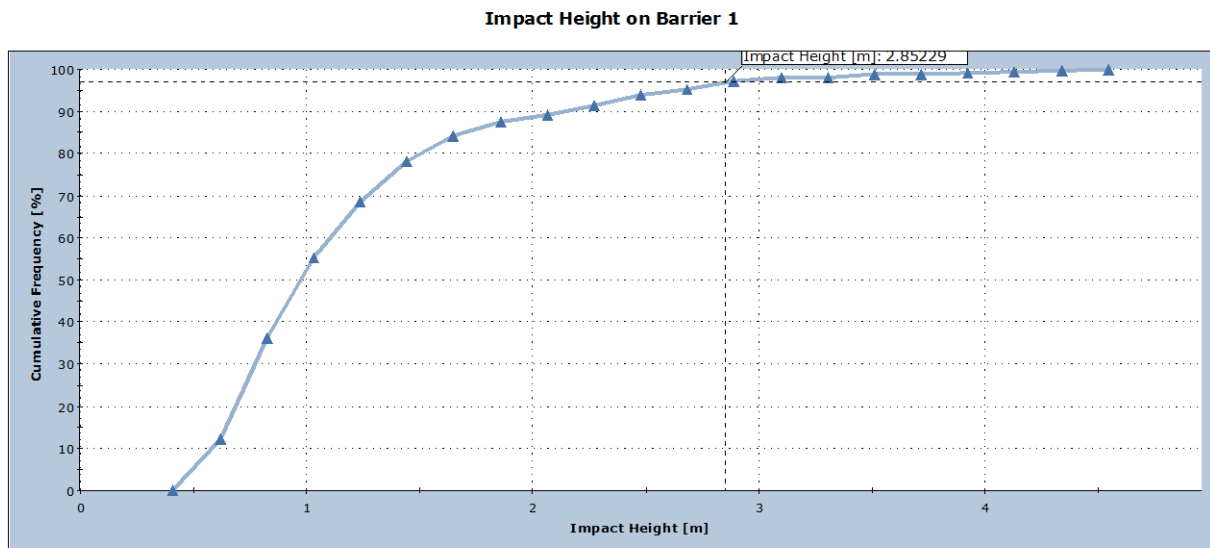
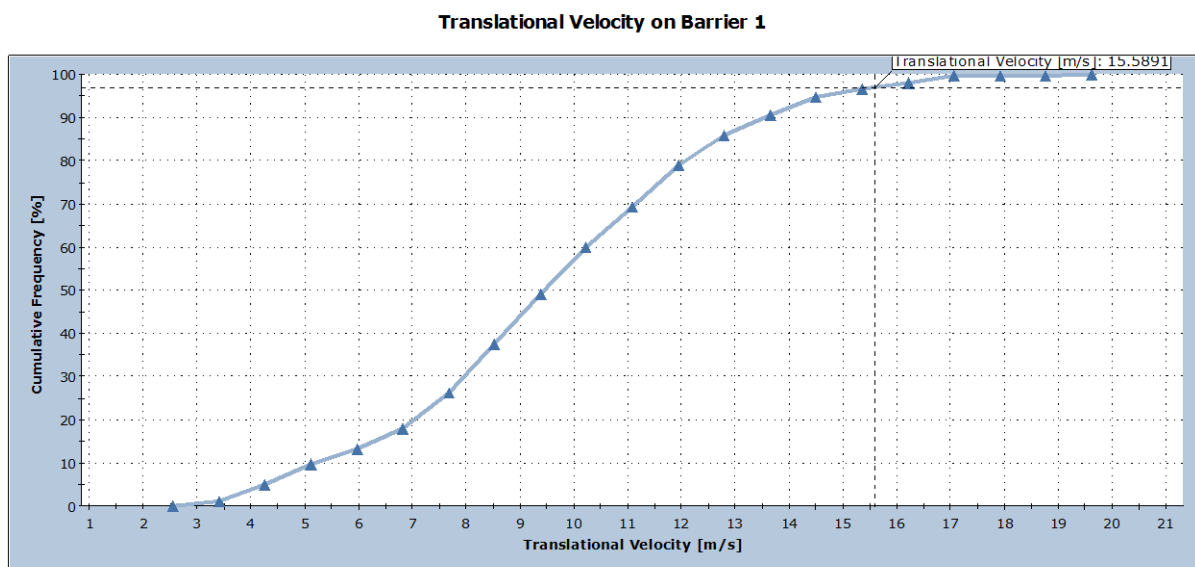


Fig. 10.6 – Sez. 10 – Barriera con traiettorie



Total number of rocks on Barrier 1: 493
 Impact Height: min = 0.513062, max = 4.43898

Fig. 10.7 – Sez. 10 – Frequenza cumulativa delle altezze di caduta sulla barriera (quota 808.0 m). Il 97mo percentile è a 2.8 m



Total number of rocks on Barrier 1: 493
 Translational Velocity: min = 2.98288, max = 19.1926

Fig. 10.8 – Sez. 10 – Frequenza cumulativa delle velocità di caduta sulla barriera (quota 808.0 m). Il 97mo percentile è a 15.6 m/s

Sezione di caduta massi No.		10
Barriera paramassi No.		23 - 24
Modello Barriera		RMC 200/A
Massima energia nominale della barriera	MEL	2000[kJ]
Massimo livello di energia effettivo della barriera		2083[kJ]
Dati		
Simulazione sviluppata con		1000traiettorie
Limite di confidenza dell'approccio statistico		97%della popolazione
Inclinazione media del pendio	$[\alpha]$	35.00[°]
Tolleranza per l'inclinazione della barriera	$[\beta]$	5.00[°]
Altezza delle traiettorie sulla verticale per 97% dei casi	$[H_v]$	2.8[m]
Altezza della traiettorie sul piano della barriera $[\cos(\alpha - \beta) * H_v]$	$[H_t]$	2.70[m]
Distanza minima tra la barriera e l'infrastruttura	$[D_i]$	10.00[m]
Velocità (traslazione) - limite di confidenza 97%	$[V_t]$	15.60[m/s]
Dimensione	$[V_o]$	2.00[m ³]
Forma del blocco	$[shape]$	cubo
Per per unità di volume della roccia	$[\gamma]$	2650.00[kg/m ³]
Coefficienti di sicurezza parziale		
Qualità delle indagini Topografiche	$[\gamma_{dp}]$	1.05
Qualità delle indagini Geomeccaniche - dimensione	$[\gamma_{VolF}]$	1.02
Qualità delle indagini Geomeccaniche - peso specifico	$[\gamma_{\gamma}]$	1.00
Qualità della simulazione di caduta massi	$[\gamma_{tr}]$	1.05
Traiettoria di progetto		
Velocità di progetto $[V_t * \gamma_{tt} * \gamma_{dp}]$	$[V_d]$	17.20[m/s]
Massa di progetto $[V_o * \gamma_{VolF} * \gamma * \gamma_{\gamma}]$	$[M_d]$	5406.00[kg]
Altezza di progetto $[H_t * + \text{raggio massa} * 1.05]$	$[H_d]$	3.37[m]
Energia di progetto $[0.5 * M_d * V_d^2]$	$[E_d]$	799.56[kJ]
Caratteristiche della barriera RMC		
Energia massima in accordo con ETAG 27	$[MEL]$	2083.00[kJ]
Livello energetico di servizio in accordo con ETAG 27	$[SEL]$	730.00[kJ]
Deformazione dinamica massima MEL	$[D_b]$	5.25[m]
Altezza standard della barriera tra 4 m e 5 m		
Altezza nominale della barriera (Certificata)	$[H_b]$	5.0[m]
Altezza residua della barriera dopo il 1 ^o impatto	$[H_{res}]$	3.6[m]
Franco libero superiore della barriera	$[F_{min}]$	0.5[m]
Metodo di progettazione		
Progettazione finalizzata a livello energetico (MEL or SEL)		MEL
Maximum Energy Level - livello energetico	$[E_{BARRIERA}]$	2083.00[kJ]
Fattore di amplificazione che considera il rischio esistente per :		
(1)_modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili	$[i]$	1.00
Numero di campate costituenti la barriera:		piu' di 3
Fattore di riduzione per la capacità della barriera	$[\gamma_E]$	1.2
Fattore di amplificazione per la deformazione della barriera	$[\gamma_{DB}]$	1.3
Prestazioni di progetto della barriera		
Energia di progetto $[E_d / (\gamma_E * i)]$	$[E_{sd}]$	799.56[kJ]
Deformazione di progetto $[D_b * \gamma_{DB}]$	$[D]$	6.825[m]
Altezza di progetto della barriera $[H_d + F_{min}]$	$[H_{tot}]$	3.9[m]
Verifica della barriera		
Verifica energetica $[(E_{sd} - E_{barriera} / \gamma_E) \leq 0]$		-936.3Soddisfatto
Verifica della deformazione $[(D - D_i) \leq 0]$		-3.2Soddisfatto
Altezza della barriera $[(H_{tot} - H_b) \leq 0]$		-1.1Soddisfatto

Tabella 10 – Verifica della barriera alla sezione 10 in accordo a UNI 11211:2012

11

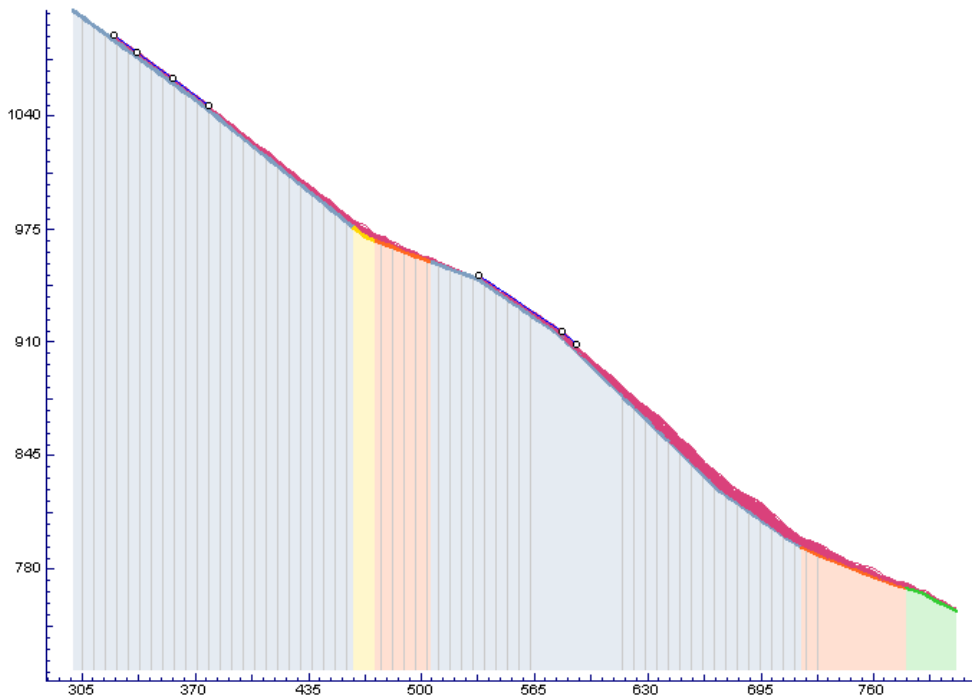


Fig. 11.1 – Sez. 11 – Pendio senza barriera

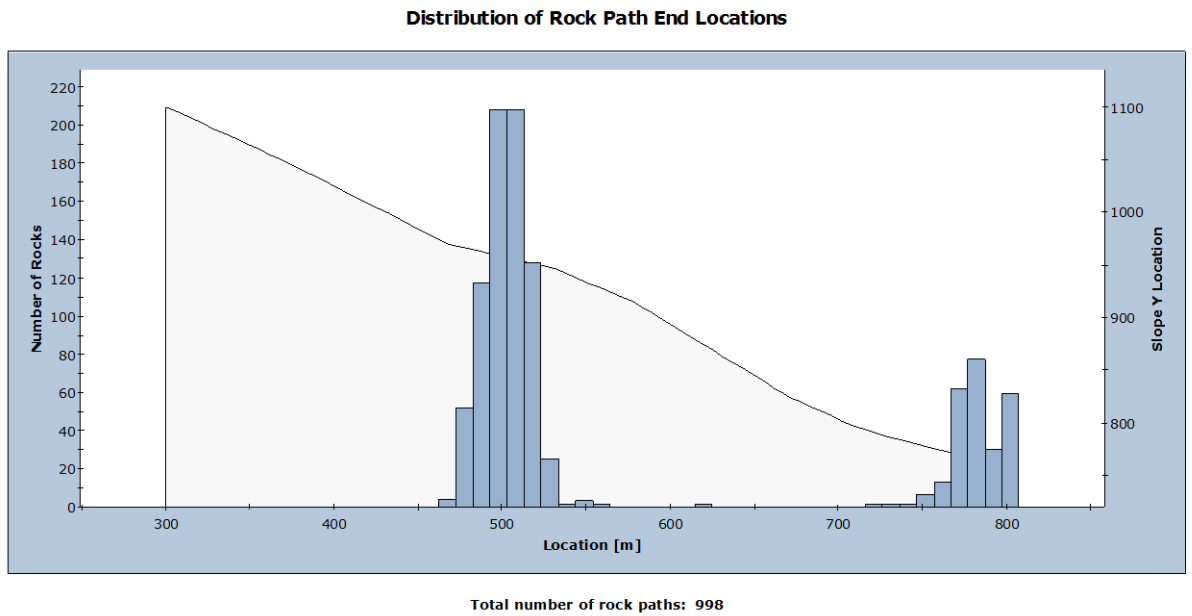
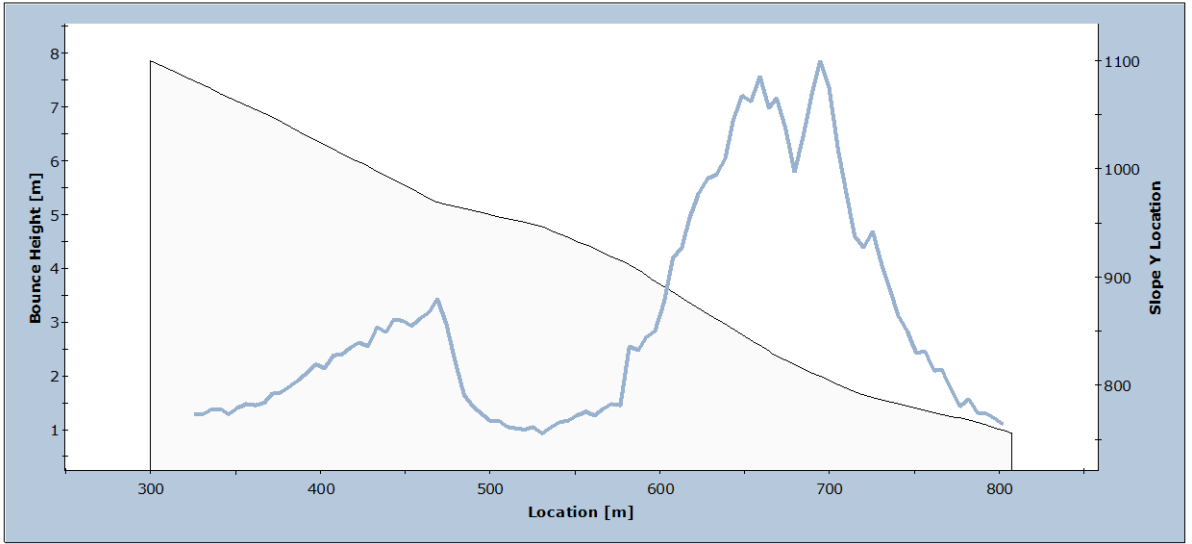


Fig. 11.2 – Sez. 11 – Frequenza dei punti d'arresto delle traiettorie

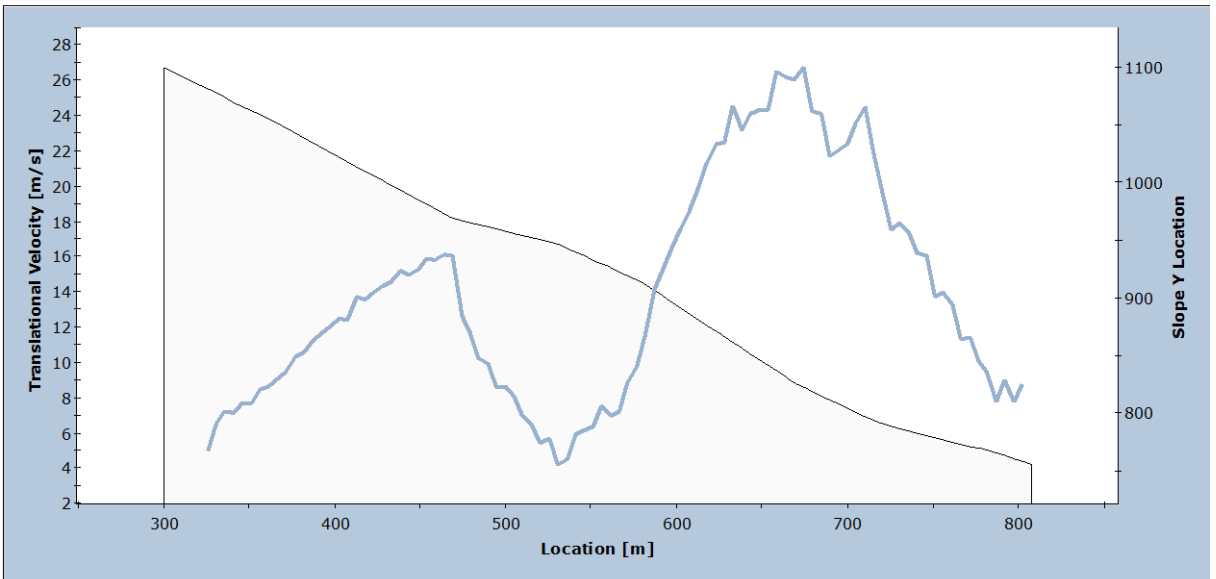
**Bounce Height on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 998

Fig. 11.3 – Sez. 11 – Involuppo delle altezze delle traiettorie al 97mo percentile

**Translational Velocity on Slope
Percentile (97 %)**



Total number of rock paths: 998

Fig. 11.4 – Sez. 11 – Involuppo delle velocità delle traiettorie al 97mo percentile

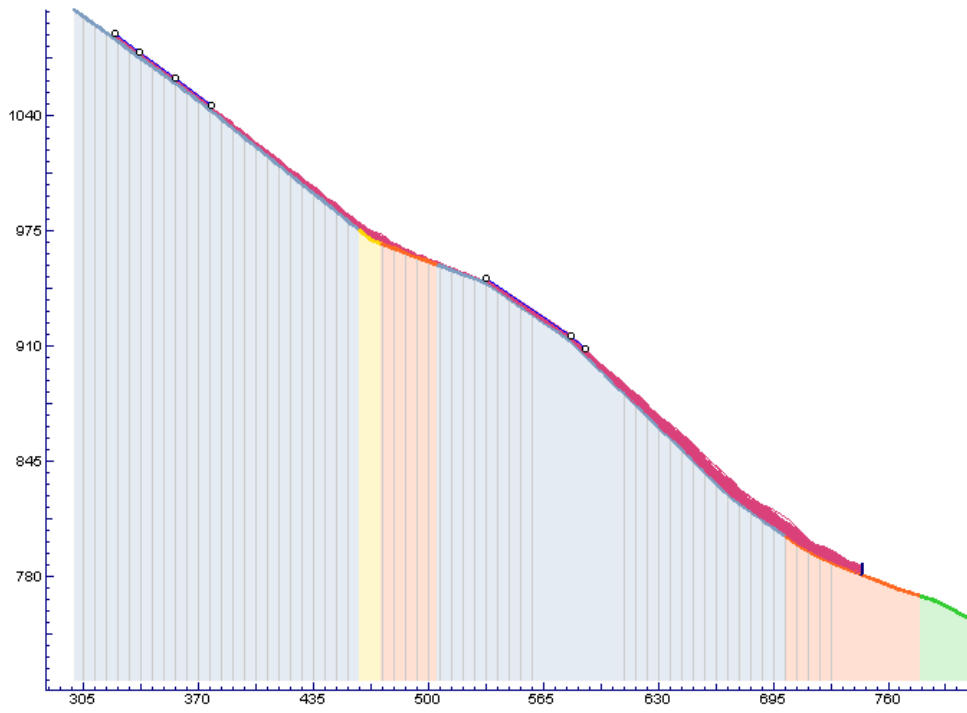


Fig. 11.5 – Sez. 11 – Pendio con barriera

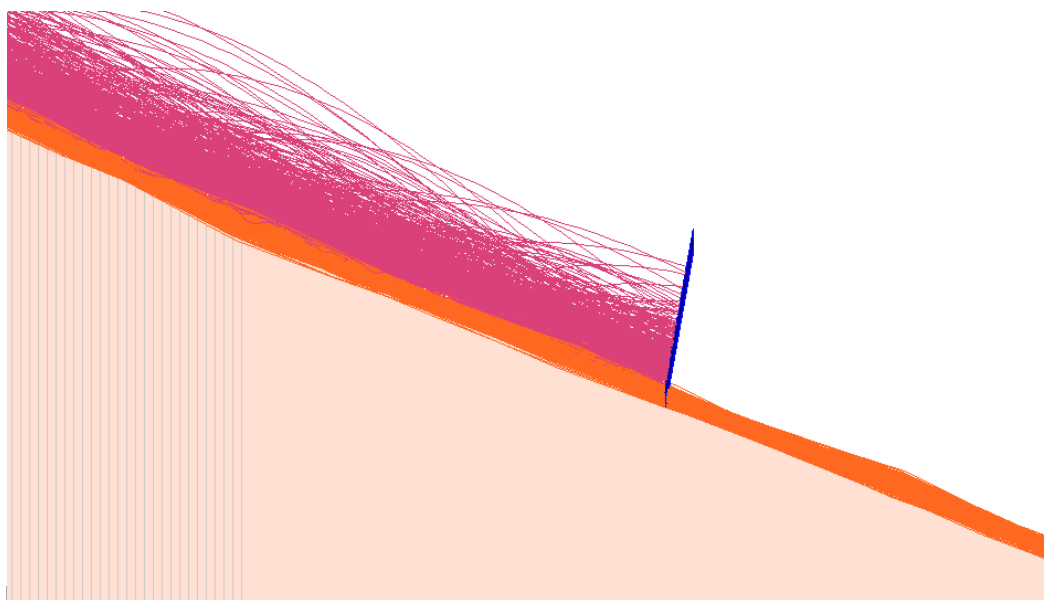
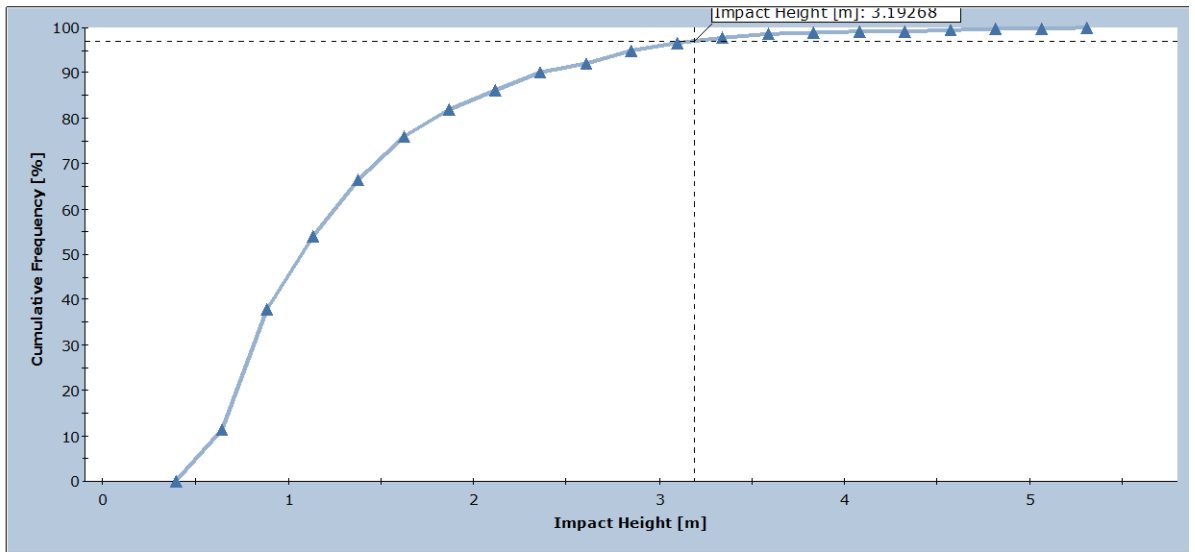


Fig. 11.6 – Sez. 11 – Barriera con traiettorie

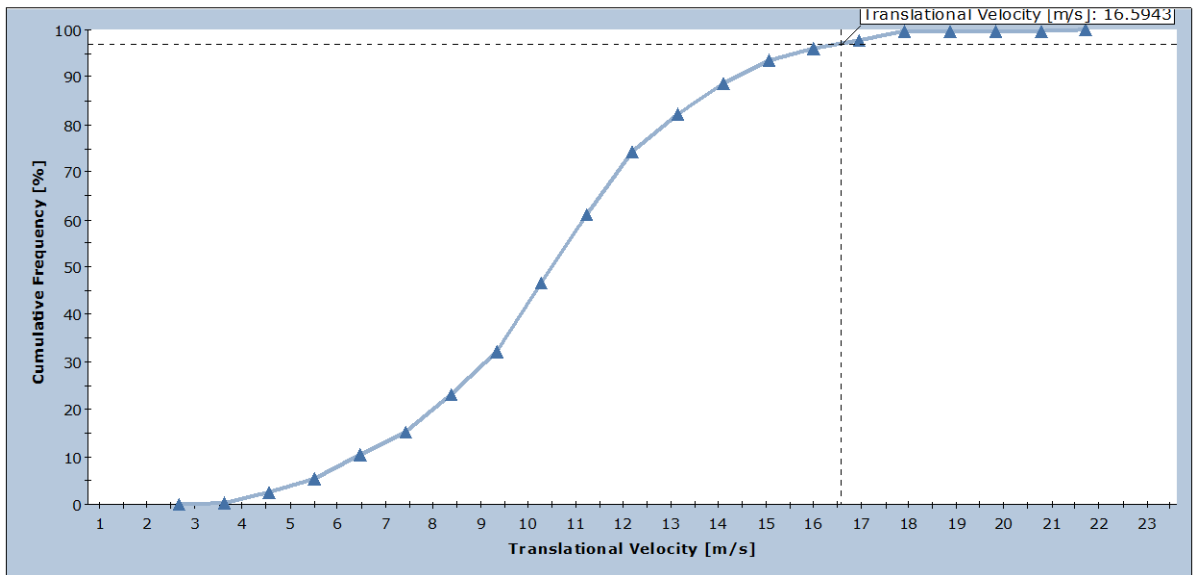
Impact Height on Barrier 1



Total number of rocks on Barrier 1: 501
Impact Height: min = 0.517192, max = 5.18346

Fig. 11.7 – Sez. 11 – Frequenza cumulativa delle altezze di caduta sulla barriera (quota 774.0 m). Il 97mo percentile è a 3.1 m

Translational Velocity on Barrier 1



Total number of rocks on Barrier 1: 501
Translational Velocity: min = 3.13375, max = 21.2447

Fig. 11.8 – Sez. 11 – Frequenza cumulativa delle velocità di caduta sulla barriera (quota 774.0 m). Il 97mo percentile è a 16.6 m/s

Sezione di caduta massi No.		11
Barriera paramassi No.		25 - 26 - 27
Modello Barriera		RMC 300/A
Massima energia nominale della barriera	MEL	3000 [kJ]
Massimo livello di energia effettivo della barriera		3136[kJ]
Dati		
Simulazione sviluppata con		1000traiettorie
Limite di confidenza dell'approccio statistico		97% della popolazione
Inclinazione media del pendio	[α]	40.00[°]
Tolleranza per l'inclinazione della barriera	[β]	5.00[°]
Altezza delle traiettorie sulla verticale per 97% dei casi	[Hv]	3.1[m]
Altezza della traiettorie sul piano della barriera [$\cos(\alpha - \beta) * Hv$]	[Ht]	2.91[m]
Distanza minima tra la barriera e l'infrastruttura	[Di]	10.00[m]
Velocità (traslazione) - limite di confidenza 97%	[Vt]	16.60[m/s]
Dimensione	[Vol]	2.00[m3]
Forma del blocco	[shape]	cubo
Per per unità di volume della roccia	[γ]	2650.00[kg/m3]
Coefficienti di sicurezza parziale		
Qualità delle indagini Topografiche	[γ_{dp}]	1.05
Qualità delle indagini Geomeccaniche - dimensione	[γ_{VolF}]	1.02
Qualità delle indagini Geomeccaniche - peso specifico	[$\gamma\gamma$]	1.00
Qualità della simulazione di caduta massi	[γ_{tr}]	1.05
Traiettoria di progetto		
Velocità di progetto [$Vt * \gamma_{tt} * \gamma_{dp}$]	[Vd]	18.30[m/s]
Massa di progetto [$Vol * \gamma_{VolF} * \gamma * \gamma\gamma$]	[Md]	5406.00[kg]
Altezza di progetto [$Ht * +$ raggio massa*1.05]	[Hd]	3.57[m]
Energia di progetto [$0.5 * Md * Vd^2$]	[Ed]	905.36[kJ]
Caratteristiche della barriera RMC		
Energia massima in accordo con ETAG 27	[MEL]	3136.00[kJ]
Livello energetico di servizio in accordo con ETAG 27	[SEL]	1073.00[kJ]
Deformazione dinamica massima MEL	[Db]	6.05[m]
Altezza standard della barriera tra 5 m e 6 m		
Altezza nominale della barriera (Certificata)	[Hb]	6.0[m]
Altezza residua della barriera dopo il 1e impatto	[Hres]	4.4[m]
Franco libero superiore della barriera	[Fmin]	0.5[m]
Metodo di progettazione		
Progettazione finalizzata a livello energetico (MEL or SEL)		MEL
Maximum Energy Level - livello energetico	[$E_{BARRIERA}$]	3136.00[kJ]
Fattore di amplificazione che considera il rischio esistente per :		
(1) modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili	[i]	1.00
Numero di campate costituenti la barriera:		piu' di 3
Fattore di riduzione per la capacità della barriera	[γ_F]	1.2
Fattore di amplificazione per la deformazione della barriera	[γ_{DB}]	1.3
Prestazioni di progetto della barriera		
Energia di progetto [$Ed / (\gamma_E * i)$]	[Esd]	905.36[kJ]
Deformazione di progetto [$Db * \gamma_{DB}$]	[D]	7.865[m]
Altezza di progetto della barriera [$Hd + Fmin$]	[Htot]	4.1[m]
Verifica della barriera		
Verifica energetica [$(Esd - Ebarriera / \gamma_E) \leq 0$]		-1708.0 Soddisfatto
Verifica della deformazione [$(D - Di) \leq 0$]		-2.1 Soddisfatto
Altezza della barriera [$(Htot - Hb) \leq 0$]		-1.93 Soddisfatto

Tabella 11 – Verifica della barriera alla sezione 11 in accordo a UNI 11211:2012