



derivante dalla pioggia scorrente sulla roccia mette in risalto la presenza di fratture recenti che interessano l'ammasso.

allo stato attuale dell'arte pertanto, e con specifico riferimento alle osservazioni delle situazioni più critiche descritte nelle schede dell'Allegato 1 e delle modellazioni e verifiche riportate, non si può non concludere che la parete effettivamente presenta porzioni di roccia più o meno svincolata dall'ammasso che devono essere considerate potenzialmente instabili.

E' verosimile che i crolli a grande scala dalla parete siano avvenuti in un passato remoto e cioè in concomitanza del passaggio del ghiacciaio wurmiano, quindi in epoca ben superiore alla storia documentata.

Dei crolli di minor entità, che hanno lasciato le riconoscibili "cicatrici" sulla parete, sono certamente avvenuti in un passato più recente, anche se non ne è rimasta traccia nell'effimera memoria umana, forse perché non hanno causato danni gravi.

Si ricordi comunque che si è data evidenza, anche fotografica, della presenza di frammenti con volumi di alcuni decimetri cubi rotolati dalla parete fino a oltre 20 m di distanza e si è direttamente osservato che dei massi instabili, smossi al passaggio durante le ispezioni, sono precipitati espandendosi su un'analogia estensione di piazzale.

Si conclude che, per i motivi geologici sopra riportati e per le osservazioni eseguite, la parete costituisce effettivamente un elemento geomorfologico che genera pericolo per crollo, e che tale pericolo coinvolge anche il territorio immediatamente sottostante.

Questo trova piena corrispondenza, ed a sua volta supporta, la circostanza che la Carta di Sintesi Geologica del PUP classifichi la parete e la zona sottostante come ad elevata pericolosità per crollo, con tutti i vincoli conseguenti.



6. SIMULAZIONI NUMERICHE DEI FENOMENI DI CROLLO

6.1 Simulazioni 3D relative al territorio vasto

Una prima verifica è stata quella di indagare se i fenomeni di crollo che possono generarsi sull'area vasta, comprendendo quindi anche i crolli che possono avvenire dalla soprastante falesia di Sardagna possano interessare la parete rocciosa e quindi il piazzale sottostante.

Allo scopo si riprendono anche i dati del rilevamento per uno studio direttamente eseguito da Geoalp nella primavera 2017 per conto di Patrimonio del Trentino e che ha esaminato questa problematica con riferimento alla parte NW della parete.

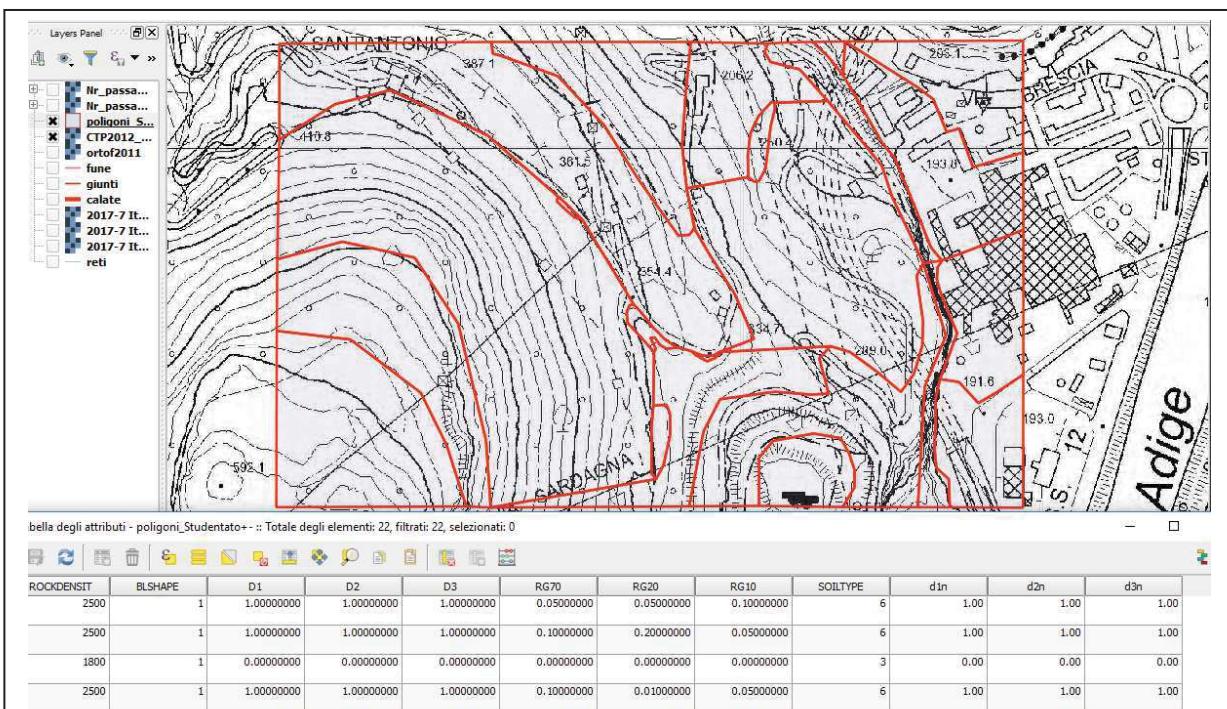
La verifica viene ora estesa ad un'ampia porzione di territorio superiore alla parete in modo di estendere la validità della verifica relativamente a tutta l'estensione della parete rocciosa di interesse.

Utilizzando il rilievo PAT LiDAR quale base topografica, si è inizialmente ricostruito il modello numerico del versante: date le dimensioni del problema da analizzare si è scelto di utilizzare i dati con precisione di 1 metro, cioè generando una griglia di punti con maglia quadrata di 1 x 1 m cui associare le varie caratteristiche geomorfologiche e geologiche del modello (attributi).

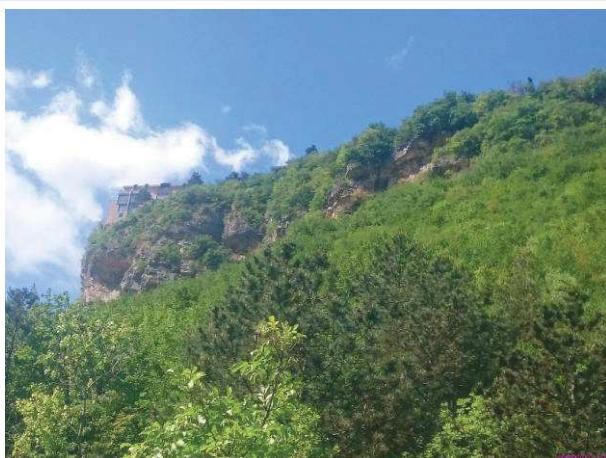
Oltre ad annotare le posizioni dei potenziali punti sorgente si è preso nota delle loro dimensioni e delle caratteristiche morfologiche del terreno del versante (es. rugosità), della presenza di vegetazione, del tipo di suolo, eccetera.

Queste informazioni sono state ordinate in apposito ambiente GIS (utilizzato il software QGIS ®) generando uno shape file contenente tutte queste - ed altre - caratteristiche delle aree di interesse.

Come detto, l'areale sorgente potenziale dei crolli non si è limitato alla parete retrostante al sito, ma è stato esteso fino alle parete posta ancora più in alto, fino a Sardagna.



Modello numerico del versante per le verifiche di rotolamento massi: indicate le aree e gli attributi associati a ciascun poligono.



Panoramica delle pareti sottostanti Sardagna ed evidenze di crolli alla base e lungo il pendio sottostante a tali pareti.

Per la simulazione delle traiettorie di rotolamento dei massi lungo il versante si è utilizzato uno specifico programma – Rocky for 3D (Rockyfor3D_v52_install2017) - messo a punto da Ecorisq.org.

Si tratta di un programma di recente concezione, utilizzato anche presso il Servizio Geologico della PAT, che fornisce ottimi riscontri fra le simulazioni e la realtà oggettiva di campagna.

Per eseguire le simulazioni di caduta massi con la definizione delle varie traiettorie, questo codice necessita della preparazione preliminare di numerosi elaborati, che elenchiamo di seguito:

- 1 griglia con il modello digitale del terreno:

si è utilizzato il rilievo Lidar PAT (DTM con precisione 1 x 1m) ritagliando la zona di interesse dopo unione delle sezioni 1053 e 1101.

- 1 griglia con il peso di volume dei diversi litotipi:

l'area di interesse è stata suddivisa in varie sotto-aree litologicamente omogenee e per ciascuna area i valori sono stati definiti sulla base dei rilievi di campagna e sulla scorta anche dei dati di letteratura specializzata.

- 1 griglia con la tipologia geometrica dei massi:

la scelta della forma dei massi (prisma a 3 assi) deriva dalle osservazioni di campagna sui massi già rotolati e dalle indicazioni ottenute dallo studio delle fratturazioni dei punti sorgente individuati sulle pareti rocciose soprastanti.

- 3 griglie con le dimensioni degli assi del masso di progetto:

anche in questo caso i parametri utilizzati sono stati definiti in funzione dei rilievi sui massi e sulle pareti rocciose con frammenti pericolanti: si sono così suddivise numerose aree caratterizzate da volumetrie di massi specifiche per ciascuna sotto-area. Il programma consente poi anche di aumentare e diminuire fino al 50%, in modo statisticamente casuale, delle dimensioni dei 3 assi dei massi di progetto.

- 3 griglie con la definizione della "rugosità" del terreno:

duranti i rilievi di campagna, particolarmente alla base delle pareti rocciose, ma non solo, si sono definiti, traguardando il pendio verso il basso, i parametri delle asperità che i massi incontreranno rotolando lungo il pendio e suddividendo il pendio in zone ad asperità omogenea.



- 1 griglia con la definizione del tipo di sottosuolo:

per tale elaborato ci si è basati principalmente sulle osservazioni di campagna, ma si sono anche scavati dei piccoli pozzetti, con piccone, per verificare se la copertura humica mascherasse tipologie di suoli diverse da quelle direttamente osservabili in superficie.

Per raccogliere le informazioni necessarie, in campagna si è pertanto rilevato tenendo sempre registrati tutti i dati di input necessari alla definizione dei parametri richiesti dal programma.

A seguire si riporta una scheda – tipo, utilizzata in campagna che esemplifica le registrazioni dei dati eseguite.

Table 1: Field recording sheet for rockfall simulation with Rockyfor3D

General							
Date*		Nr. Polygon*		* each polygon represents a homogeneous unit; size depends on the mapping scale			
Location*		Slope angle*	(° / %)				
Name*	Zone*	<input type="checkbox"/> start / source	<input type="checkbox"/> transit	<input type="checkbox"/> deposit			
Polygon characteristics							
1. Dominating rock (deposited in the polygon or potentially falling from release area)							
Block shape	<input type="checkbox"/> 1. rectangle	<input type="checkbox"/> 2. ellipsoid	<input type="checkbox"/> 3. Sphere	<input type="checkbox"/> 4. Disc			
Block dimensions (d1, d2, d3): (m)	x (m)	x (m)		
Rock density (kg.m ⁻³):							
2. Soil / underground type in the polygon							
Material constituting the underground	<input type="checkbox"/> river / swamp / other material in which a rock could penetrate completely	<input type="checkbox"/> fine soil material (depth > ~100 cm)	<input type="checkbox"/> fine soil material (depth < ~100 cm) / sand/gravel mix in the valley	<input type="checkbox"/> scree (Ø < 10 cm) / medium compact soil with small rock fragments / forest road	<input type="checkbox"/> talus slope (Ø > 10 cm) / compact soil with large rock fragments	<input type="checkbox"/> bedrock with thin weathered material or soil cover	<input type="checkbox"/> bedrock asphalt road
(soiltype) values needed for Rockyfor3D	0	1	2	3	4	5	6 7
3. Surface roughness in the polygon							
MOH: typical obstacle height normal to the slope surface (m) that block encounters in 70%, 20% and 10% of the cases during a rebound on the slope surface. Should be measured looking down the slope!					MOH for 70% of the sample area (rg70)	0 - 100 (m)	
					MOH for 20% of the sample area (rg20)	0 - 100 (m)	
					MOH for 10% of the sample area (rg10)	0 - 100 (m)	
Lying tree stems*	Mean height =	m	Area covered =	%			
4. Forest*							
Representative plot size: m	x m				
DBH* (cm)	*DBH: Tree diameter at breast height Record all the DBH ≥ 5 cm measured in the plot: e.g., 8, 31, 17, 13, ...						
Stems / ha							
Mean DBH (cm)		Coniferous (%)					
Stddev DBH (cm)							
Species*							
5. Rockfall activity indicators / silent witnesses*							
Mean nr. of rockfall impacts on trees*		Height(s) of rockfall impacts on trees (m)*					
Depth impact craters (m)*		Fresh, deposited rocks in Polygon*		Yes / No			

Scheda di campagna utilizzata per il rilevamento geologico.

Table 2: The soiltypes used by Rockyfor3D and the related R_n values

Soiltype	General description of the underground	mean R_n value	R_n value range
0	River, or swamp, or material in which a rock could penetrate completely	0	0
1	Fine soil material (depth > ~100 cm)	0.23	0.21 - 0.25
2	Fine soil material (depth < ~100 cm), or sand/gravel mix in the valley	0.28	0.25 - 0.31
3	Scree (\varnothing < ~10 cm), or medium compact soil with small rock fragments, or forest road	0.33	0.30 - 0.36
4	Talus slope (\varnothing > ~10 cm), or compact soil with large rock fragments	0.38	0.34 - 0.42
5	Bedrock with thin weathered material or soil cover	0.43	0.39 - 0.47
6	Bedrock	0.53	0.48 - 0.58
7	Asphalt road	0.35	0.32 - 0.39

Size of the surface roughness (MOH)	Possible R_g values (in m)
No roughness, obstacles absent	0
> 0 – 10 cm	0.03, 0.05, 0.08, 0.1
> 10 – 50 cm	0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.5
> 50 cm – 1 m	0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1
> 1 – 2.5 m	1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 2, 2.5
> 2.5 – 10 m	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
> 10 m	100

Valori tabellati di alcuni dei parametri necessari per l'utilizzo del codice utilizzato. Tab. 2 = tipi di suolo.

Si sono predisposte tutte le griglie sopra elencate (con codici Grass e Saga si è eseguita la conversione da raster a griglia vettoriale) e poi si sono definiti anche gli altri parametri necessari alle simulazioni (fra parentesi è il parametro utilizzato):

- numero di massi lasciati rotolare da ogni cella sorgente (10)
- possibile variazione % del volume dei massi (50%)
- altezza iniziale (velocità) di caduta dei massi (0)

Con questi assunti iniziali il codice - programma ha generato 1.069.113 massi aventi dimensioni da 0.9 a 2.2 m³ con lati da 1.0 a 1.5 m che sono stati lasciati rotolare lungo il pendio partendo, in numero di 10, da ogni cella di 1 m² presente sul versante.

Circa la scelta delle dimensioni del masso di progetto si è fatto riferimento a quanto osservato sulla parete rocciosa e sul pendio dove si sono osservati i massi già precipitati nel passato.

Sebbene i volumi instabili in parete di Sardagna siano anche ben maggiori delle dimensioni citate, sul pendio i massi hanno dimensioni contenute: ciò deriva dalla circostanza che l'ammasso instabile è fessurato e che cadendo esso si frantuma in singoli unità di dimensioni contenute; a scopo cautelativo, si è comunque considerata la possibilità di crolli, dalla parete rocciosa soprastante il sito, di massi che non si frammentino e che rimangano integri anche durante il rotolamento con dimensioni fino a 2.2 m³.

La simulazione è stata eseguita senza tener conto della presenza del bosco, data la non remota possibilità che un incendio possa distruggere il bosco e comunque date le ridotte dimensioni delle rade macchie boscate ed i piccoli diametri dei fusti.



- rock volume variation = +/- 50
- nr. of simulations per source cell = 10
- nr. of simulated falling rocks (total nr. simulations) = 1069113
- additional initial fallheight = 0.00000 m
- Simulation without forest and with nets

Overall simulated block volumes:

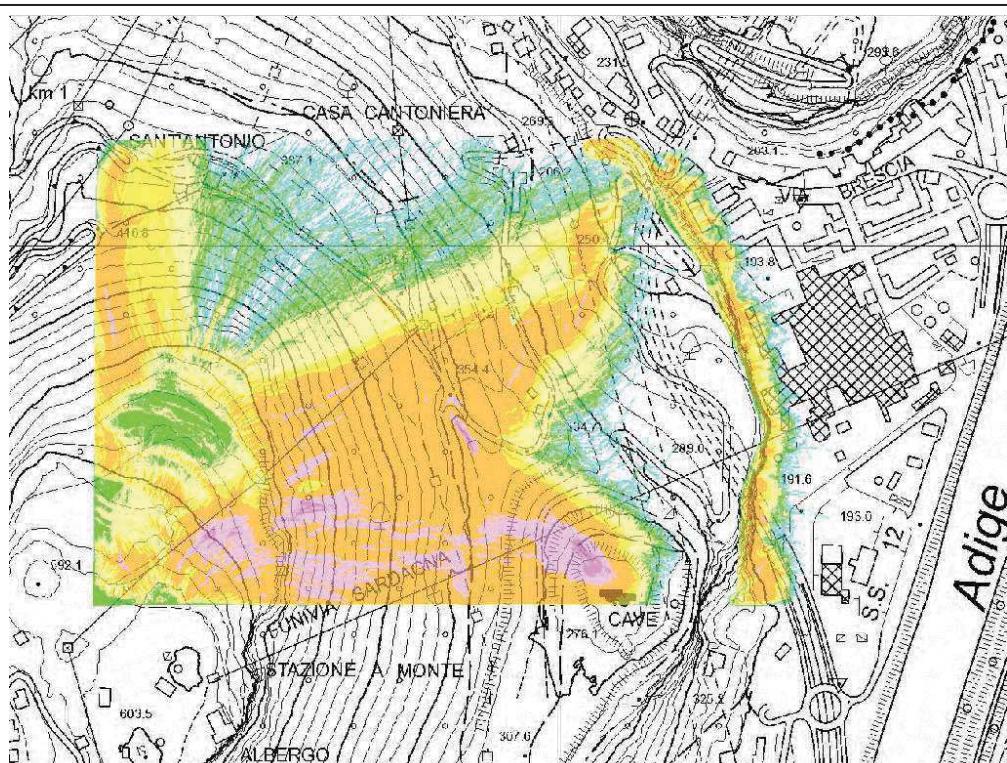
- min = 0.900000 m³
- mean = 1.900000 m³
- max = 2.200000 m³

Overall simulated energy values:

- maximum of the mean energy values = 3678.400000 kj
- maximum energy value = 8515.500000 kj

Prima di passare al commento dei risultati si vuole ricordare ancora che le simulazioni hanno comportato il "lancio" virtuale di un numero notevolissimo (1.069.113) di massi, 10 da ogni 1 m² del versante: ciò comporta che questi calcoli simulano degli eventi che possono sì accadere sul versante ma non in un singolo istante, bensì in un periodo di anni non quantificabile, ma comunque molto elevato.

Appare pertanto una situazione di pericolo, che ancorchè reale (basta un singolo masso per determinare il pericolo), risulta enfatizzata.



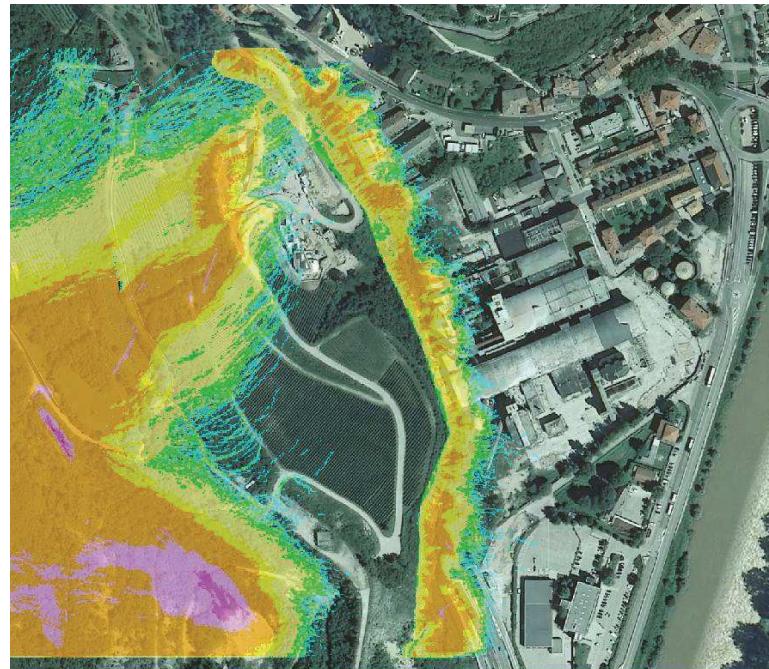
Valore	Colore
1	Blu
3	Ciano
5	Verde
10	Verde chiaro
50	Giallo
100	Arancione
500	Arancione rosso
1000	Rosso
2000	Rosso scuro
5000	Nero

Visualizzazione, sulla carta tecnica provinciale, delle traiettorie di caduta dei massi di cui al modello numerico precedentemente esposto.

Si è considerata l'area vasta, fino alle pareti sottostanti la località Sardagna rivolte verso il sito.

I numeri rappresentano il numero di traiettorie che passano su ciascuna cella (1 x 1 m) del modello numerico del versante.

L'esito della simulazione dimostra che verso la parete non arrivano i massi che possono staccarsi dalla falesia di Sardagna. Il piazzale ex - Ital cementi viene interessato solo dai massi che si staccano direttamente dalla parete retrostante al sito.



Dettaglio della precedente, su ortofoto 2011.

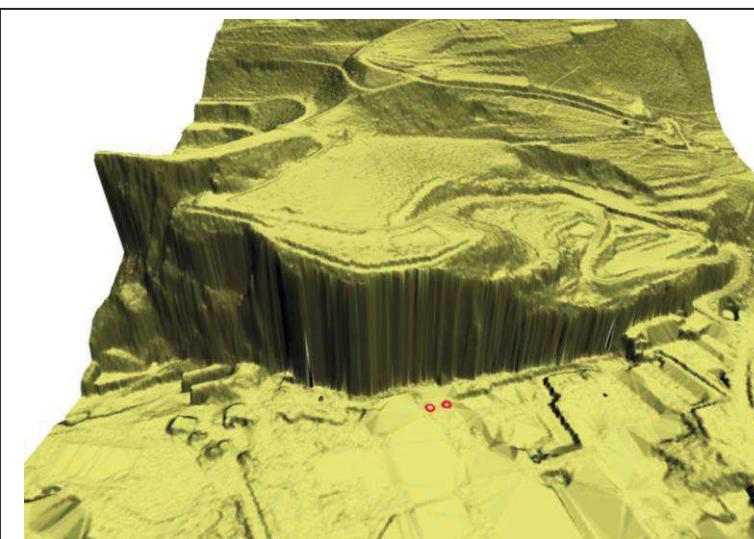
Il significato dei risultati di questa simulazione è che la sommità della parete rocciosa di interesse, e quindi anche il piazzale sottostante, non sono esposti al rischio per caduta di massi provenienti né dalla falesia di Sardagna né dal territorio immediatamente soprastante la parete: la pericolosità di caduta massi è pertanto relativa ai crolli che possono originarsi esclusivamente dalla parete di interesse.

6.2 Simulazioni 2D relative ai crolli dalla parete rocciosa

Facendo ora diretto riferimento alla discussione delle instabilità della parete rocciosa incombente sul sito, si sono eseguite le simulazioni numeriche di crollo utilizzando il codice RocFall della Rocscience (Toronto).

Si è tenuto così in conto la circostanza che, nella parte centrale e meridionale della parete, vi siano aggetti importanti: la testata della parete, ed anche alcune porzioni lungo lo sviluppo verticale della stessa, sporgono maggiormente rispetto al piede della parete.

In questa configurazione, il rilievo Lidar PAT attualmente disponibile non riesce a modellare compiutamente la morfologia della parete.



In presenza di pareti rocciose aggettanti il rilievo Lidar PAT attualmente a disposizione dello scrivente (a scansione verticale) non è rappresentativo della situazione di dettaglio.



Avendo però a disposizione il nuovo rilievo fotogrammetrico si è potuto modellare con precisione l'andamento della parete ed ottenere delle sezioni rappresentative rispecchianti fedelmente anche la morfologia degli aggetti.

Sulle tutte le 16 sezioni disponibili si è costruito il modello numerico del terreno, assegnando alle varie porzioni di parete gli appropriati valori dei volumi instabili e dei coefficienti di restituzione dell'energia.

I coefficienti di restituzione dell'energia definiscono sia la quota parte di energia cinetica (traslativa e rotazionale) che viene dispersa durante un impatto di un masso con la parete e sia la quota parte che viene mantenuta dal masso stesso.

Tali coefficienti sono maggiori per gli affioramenti di roccia pulita (urto di tipo semi elastico) e diminuiscono passando ad una superficie detritica e ancor di più passando ad un suolo soffice, dove la dissipazione dell'energia si avvicina a quella che caratterizza un urto di tipo anelastico. Si sono utilizzati valori elevati per la parete rocciosa compatta, valori intermedi per le sporgenze ricoperte di suolo e detrito e valori minori per la base, dove si è modellata, per via della copertura costituita dalle macerie degli edifici abbattuti, la presenza di un terreno dalle caratteristiche riconducibili a quelle di un detrito.

I volumi dei massi dei quali si sono simulate le traiettorie di caduta rispecchiano quelli descritti nelle schede delle instabilità riportate nell'**Allegato 1**.

L'esito delle simulazioni è contenuto nell'**Allegato 2**, di seguito riportato, dove per ciascuna sezione lungo la quale si sono eseguite le verifiche di rotolamento si riporta:

- ubicazione della sezione modellata sulla foto di base della fotogrammetria.

- modello del terreno sovrapposto alla sezione e con la traiettoria dei massi: per ogni sezione si sono modellate varie sorgenti di distacco dei massi, così come rilevato durante le ispezioni in parete. La parte alta della parete può rilasciare i volumi maggiori (Formazione dei calcari di Nago), mentre la parte media ed inferiore (Formazione dei calcari di Malcesine in transizione con la Formazione dei calcari di Chiusole) è interessata da rilasci di volumetrie inferiori. Sulle schede si riporta il volume dei massi simulati. Il numero delle simulazioni eseguite su ciascuna sezione varia da 200 a 300, numero dei massi lasciati cadere da varie posizioni lungo il profilo della sezione, in modo di ottenere una rappresentazione statisticamente significativa.

- su ciascuna sezione si è anche inserita una sezione di controllo denominata "collector001": si tratta di una sezione di controllo relativamente alla quale si riportano le principali caratteristiche cinematiche delle traiettorie dei massi che la attraversano. La posizione della sezione di controllo è stata generalmente posta a 30 m di distanza dal piede della parete.

- la seconda pagina di ciascuna scheda riporta alcuni grafici: quelli sulla parte sinistra riportano, con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete, l'andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi.

- sulla destra della pagina il primo grafico in alto mostra la distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

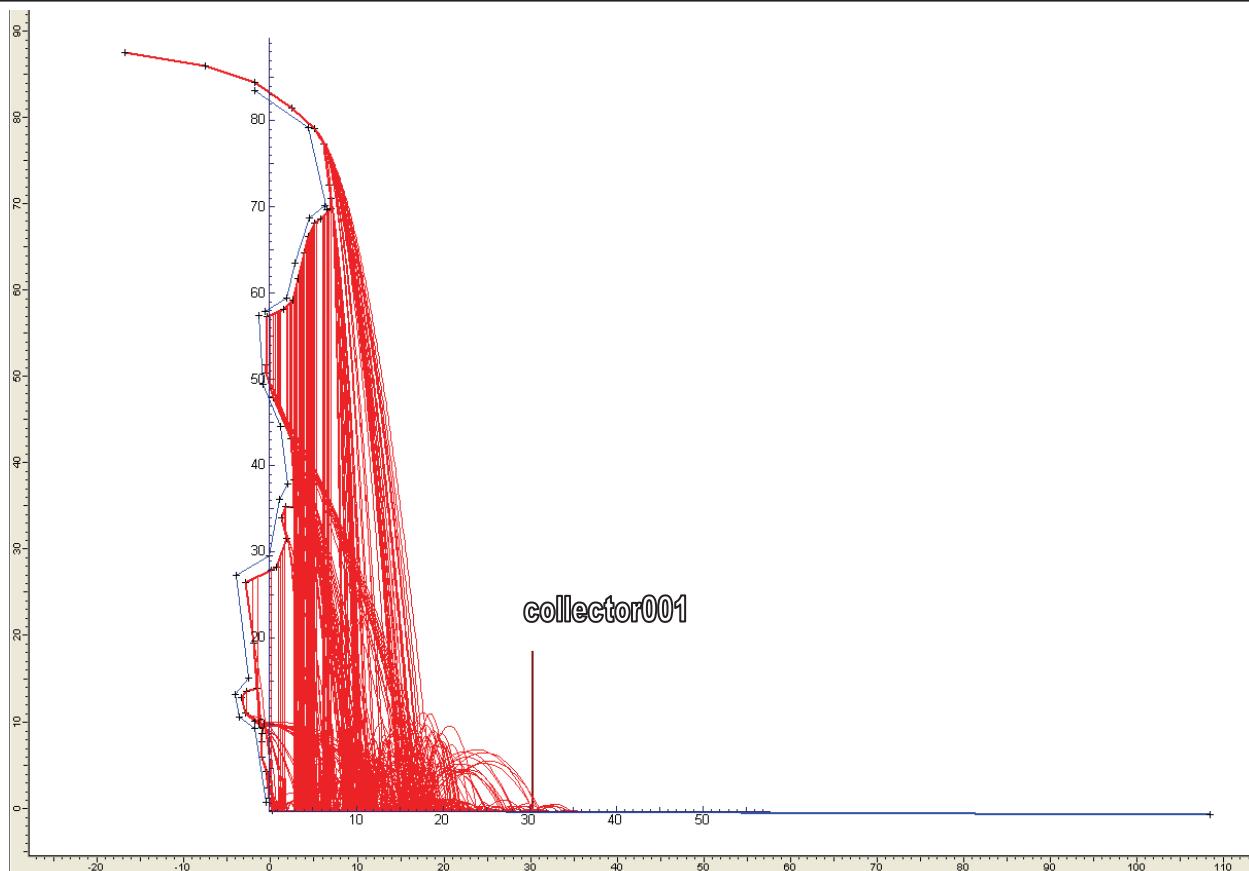
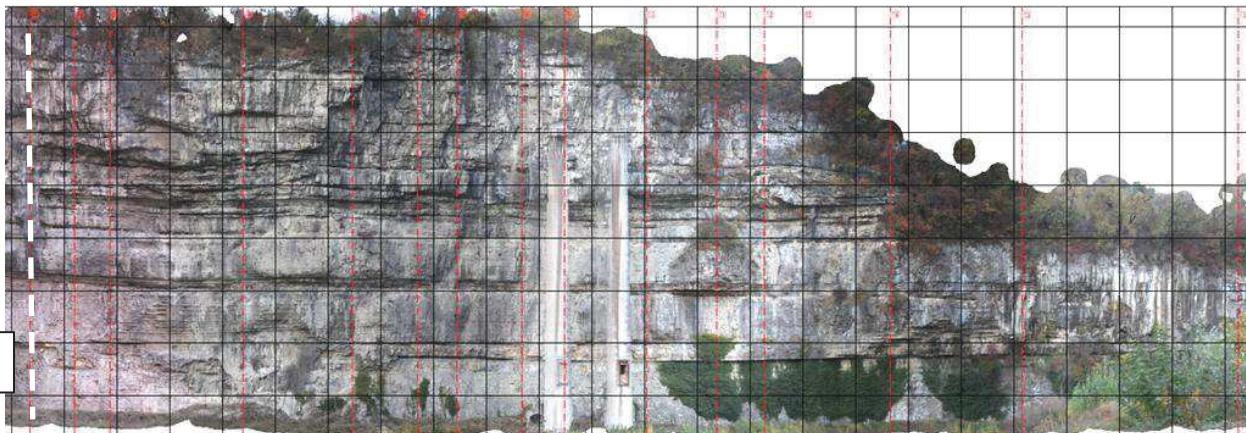
- i due grafici sottostanti indicano, il numero di massi che hanno rispettivamente delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) e delle definite classi di energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza e numero massi / energia).

Quale commento complessivo, rimandando a ciascuna scheda di sezione per i dati di dettaglio, si è trovato che le traiettorie dei massi che più si allontanano dal piede della parete sono quelle relative ai massi che si staccano dalla sommità della parete e che, incontrando degli aggetti, rimbalzano prima di arrivare al piede della parete stessa. In tal modo infatti i massi acquisiscono una componente traslativa del moto nella direzione orizzontale che poi si traduce, all'impatto con la base, in ulteriori rimbalzi, aventi le traiettorie maggiormente allungate verso il piazzale.



ALLEGATO 2

Simulazioni delle traiettorie di caduta dei massi dalla parete rocciosa

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:1 - UBICAZIONE SU FOTO****1**

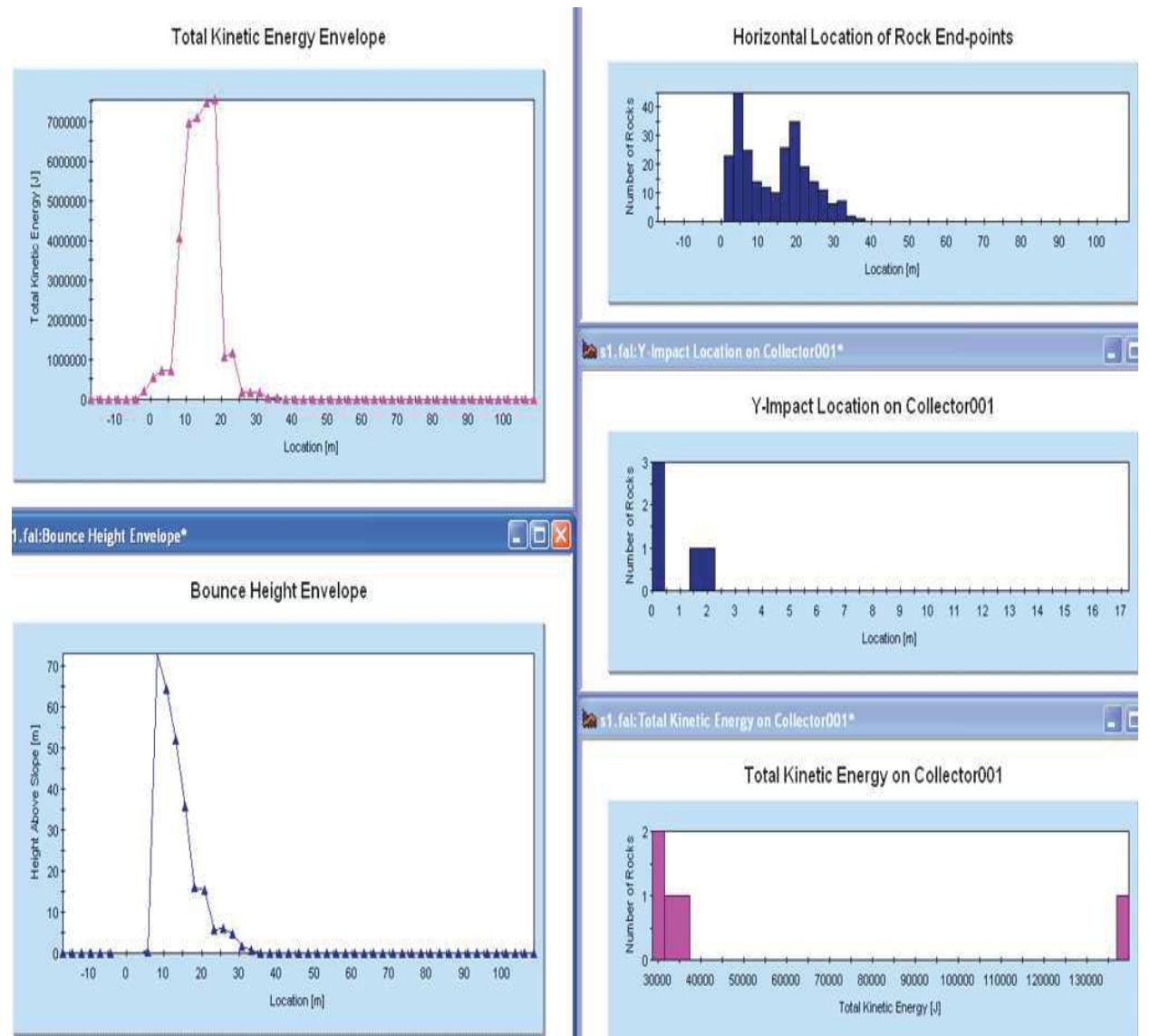
Modello numerico della sezione 1 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 4 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

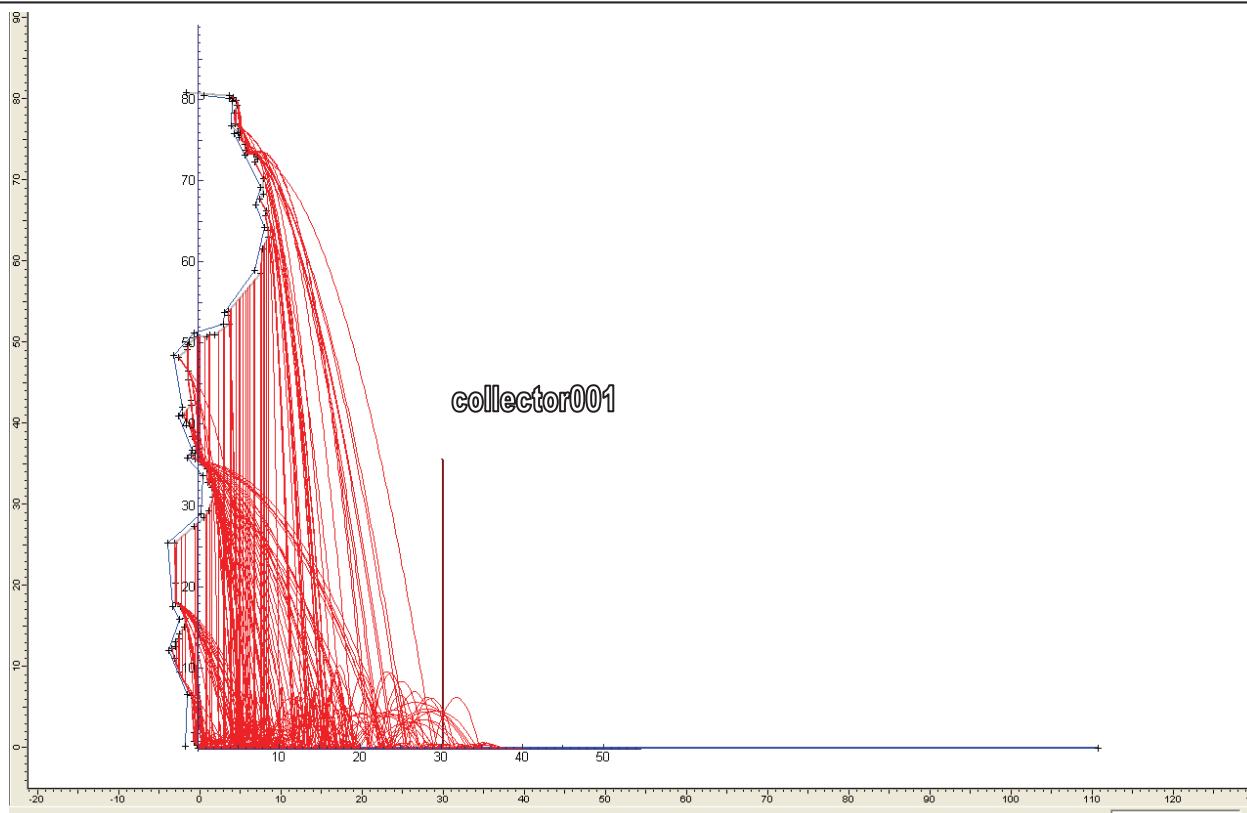
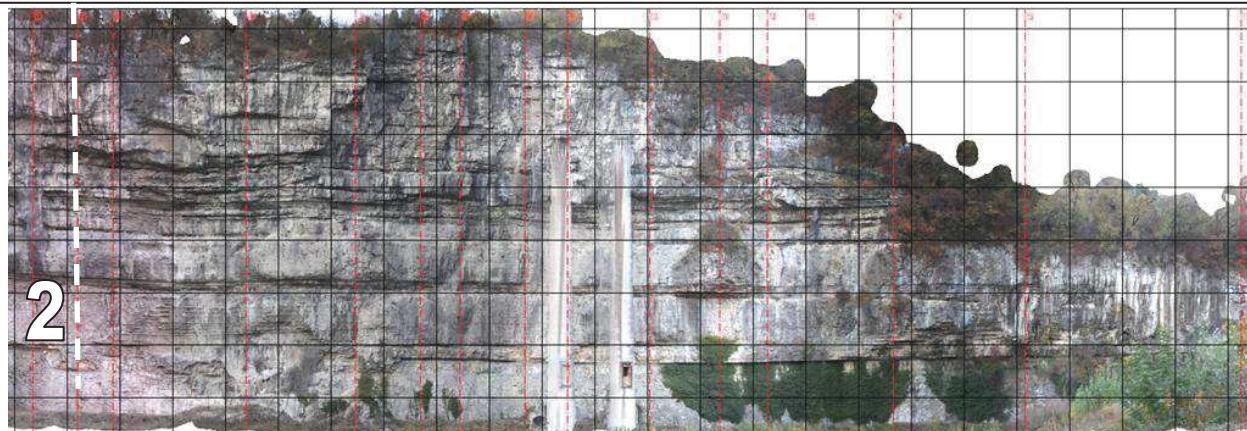
SEZIONE N°:1 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 1: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:2 - UBICAZIONE SU FOTO**

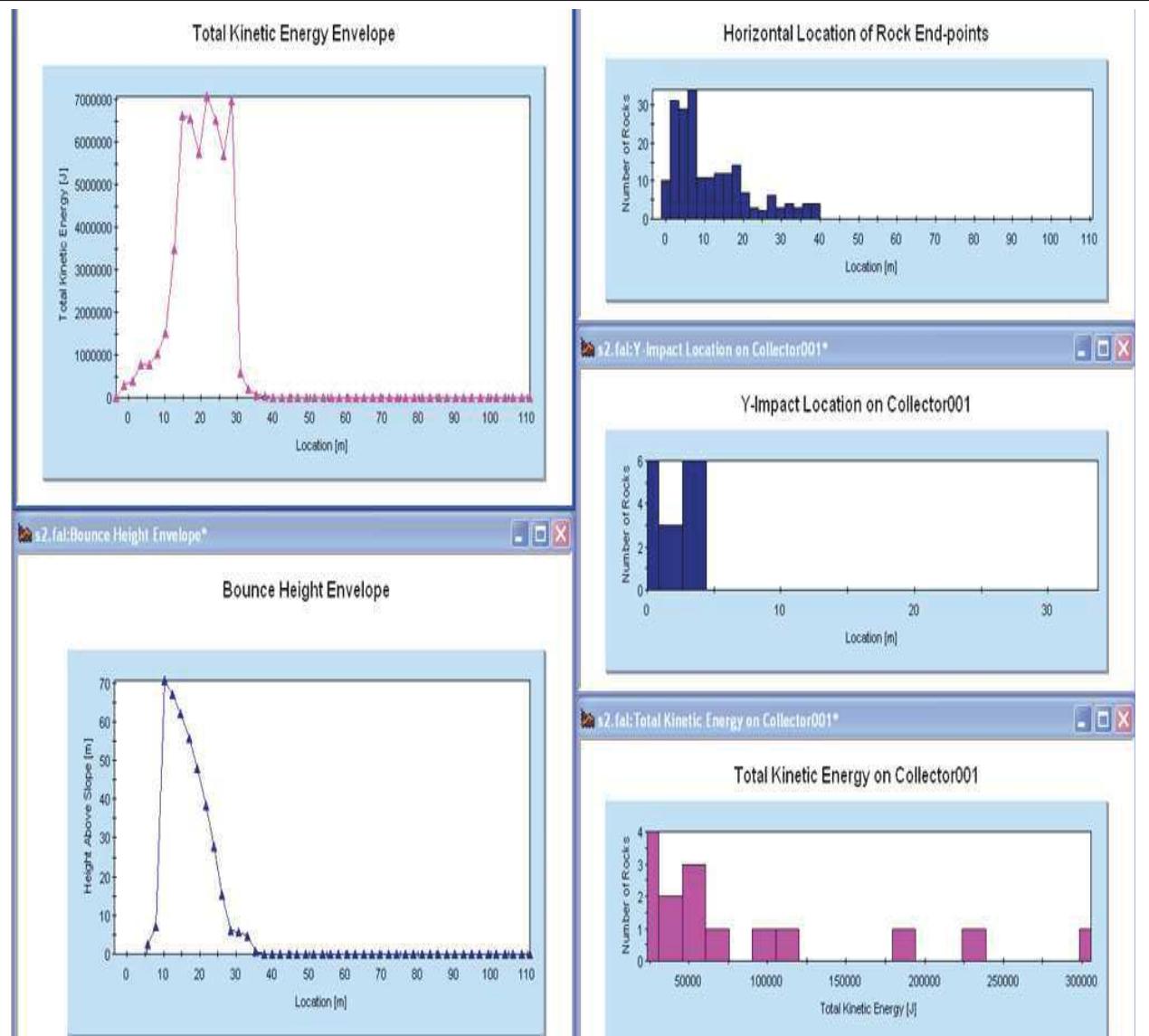
Modello numerico della sezione 2 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 1.5 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

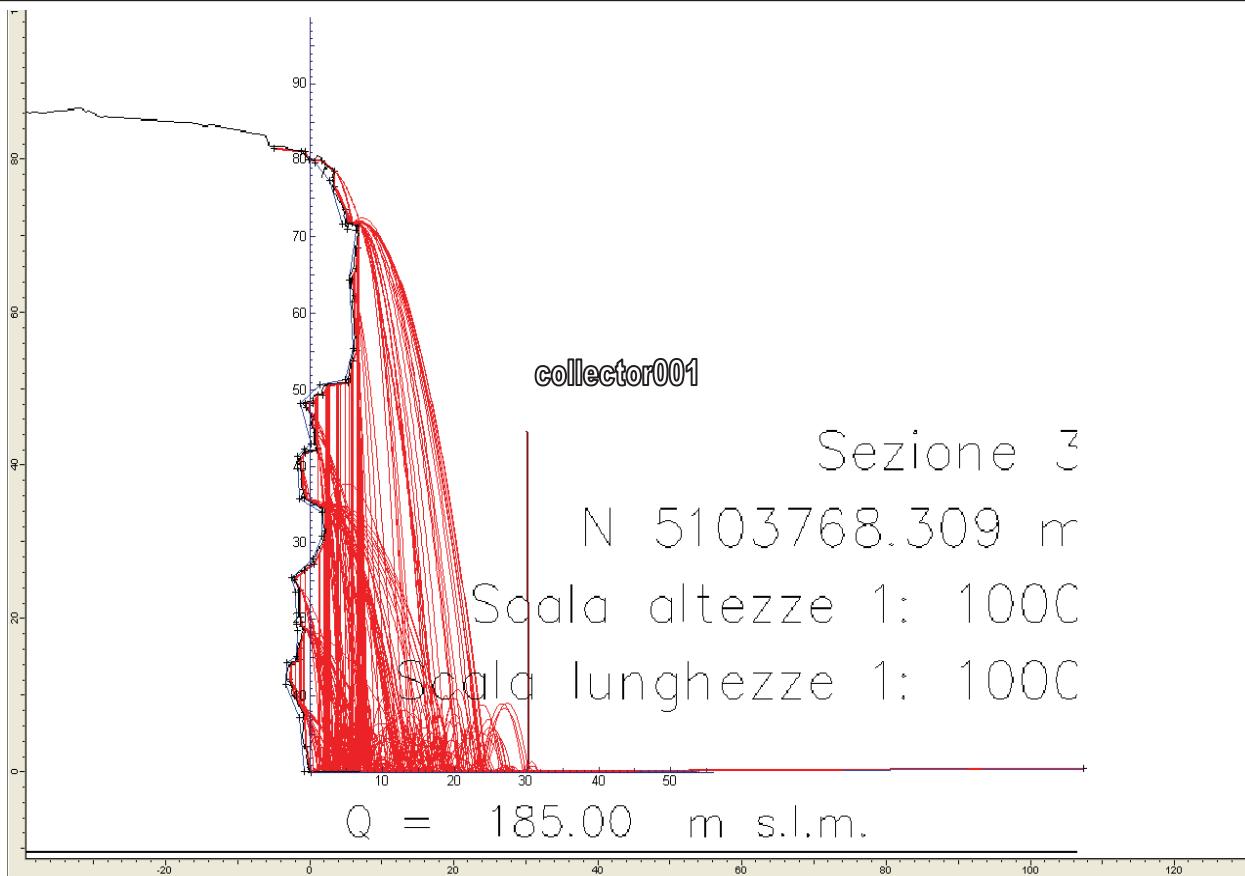
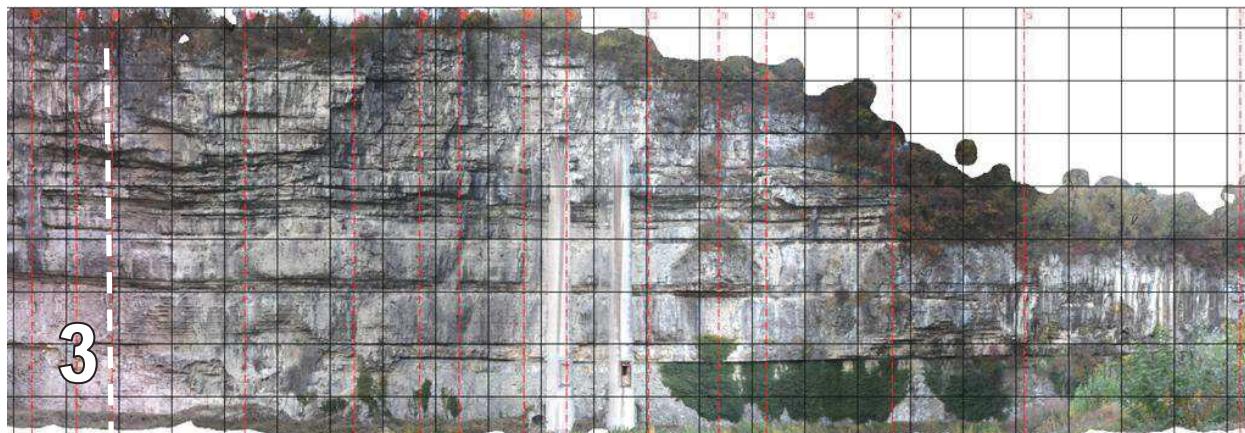
SEZIONE N°:2 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 2: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:3 - UBICAZIONE SU FOTO**

Modello numerico della sezione 3 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 4 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.

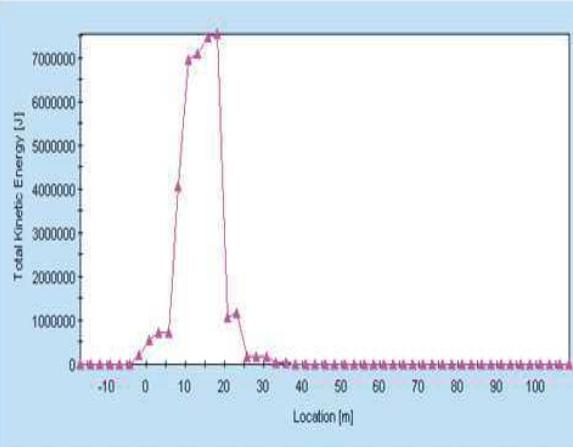


PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

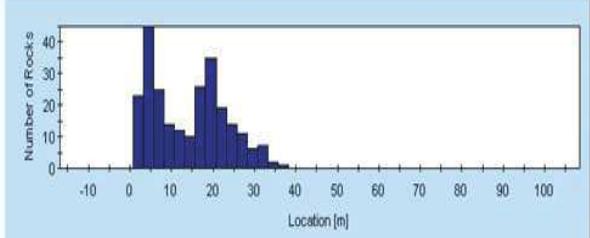
Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°:3 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie

Total Kinetic Energy Envelope

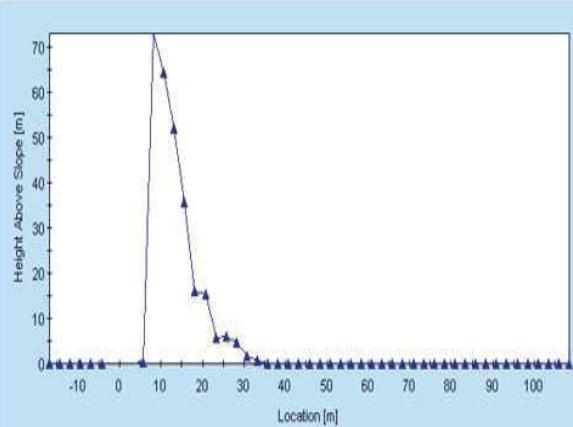


Horizontal Location of Rock End-points

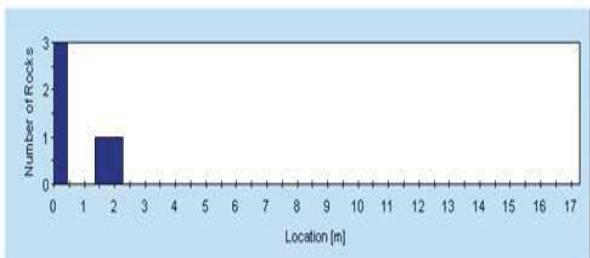


1.fal:Bounce Height Envelope*

Bounce Height Envelope

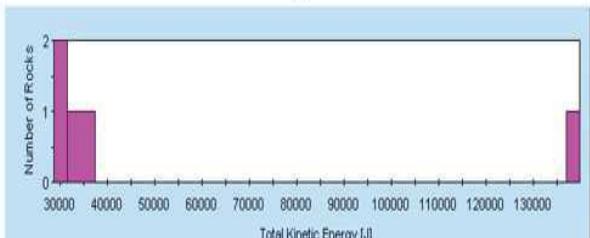


Y-Impact Location on Collector001



1.fal:Total Kinetic Energy on Collector001*

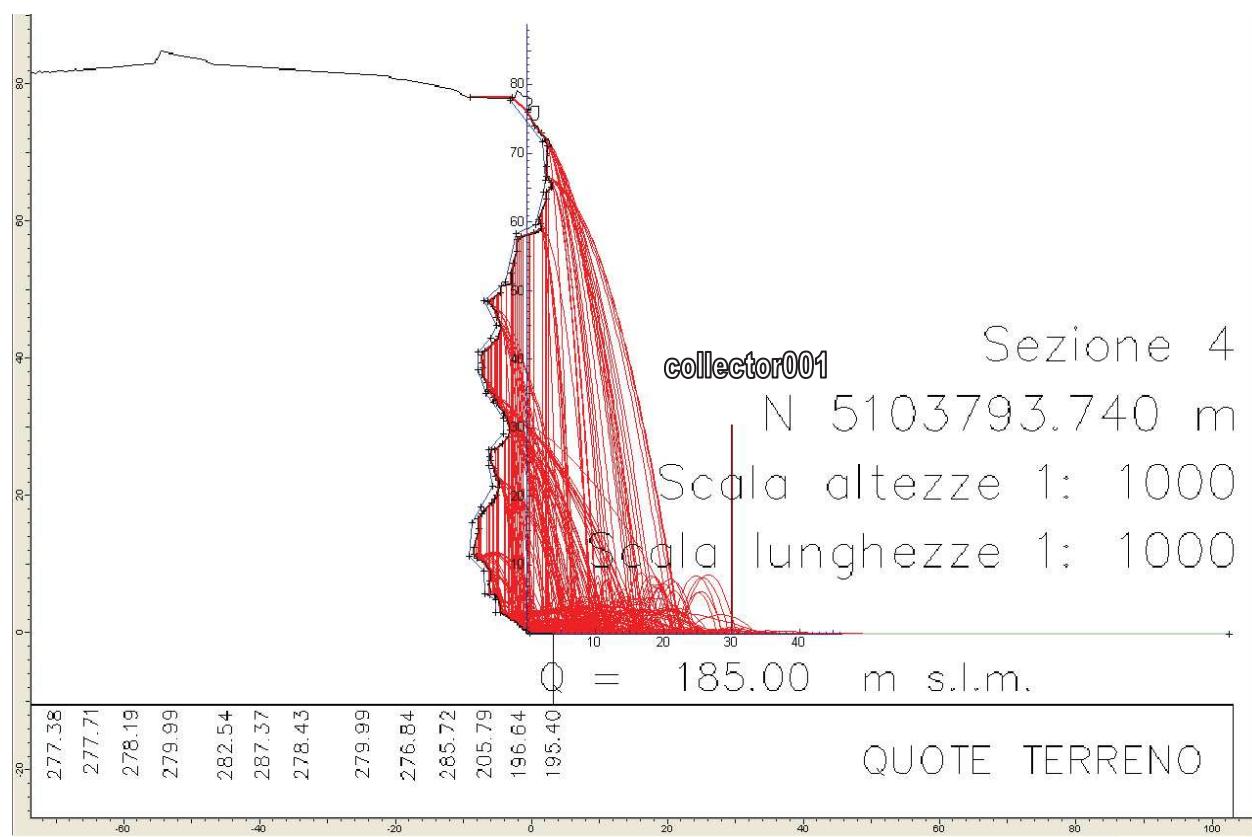
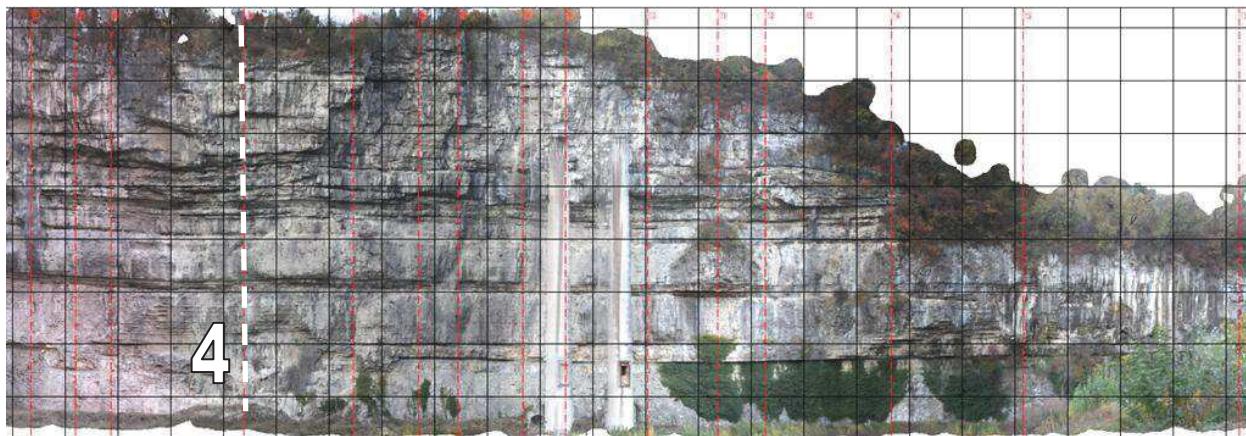
Total Kinetic Energy on Collector001



Sezione 3: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:4 - UBICAZIONE SU FOTO**

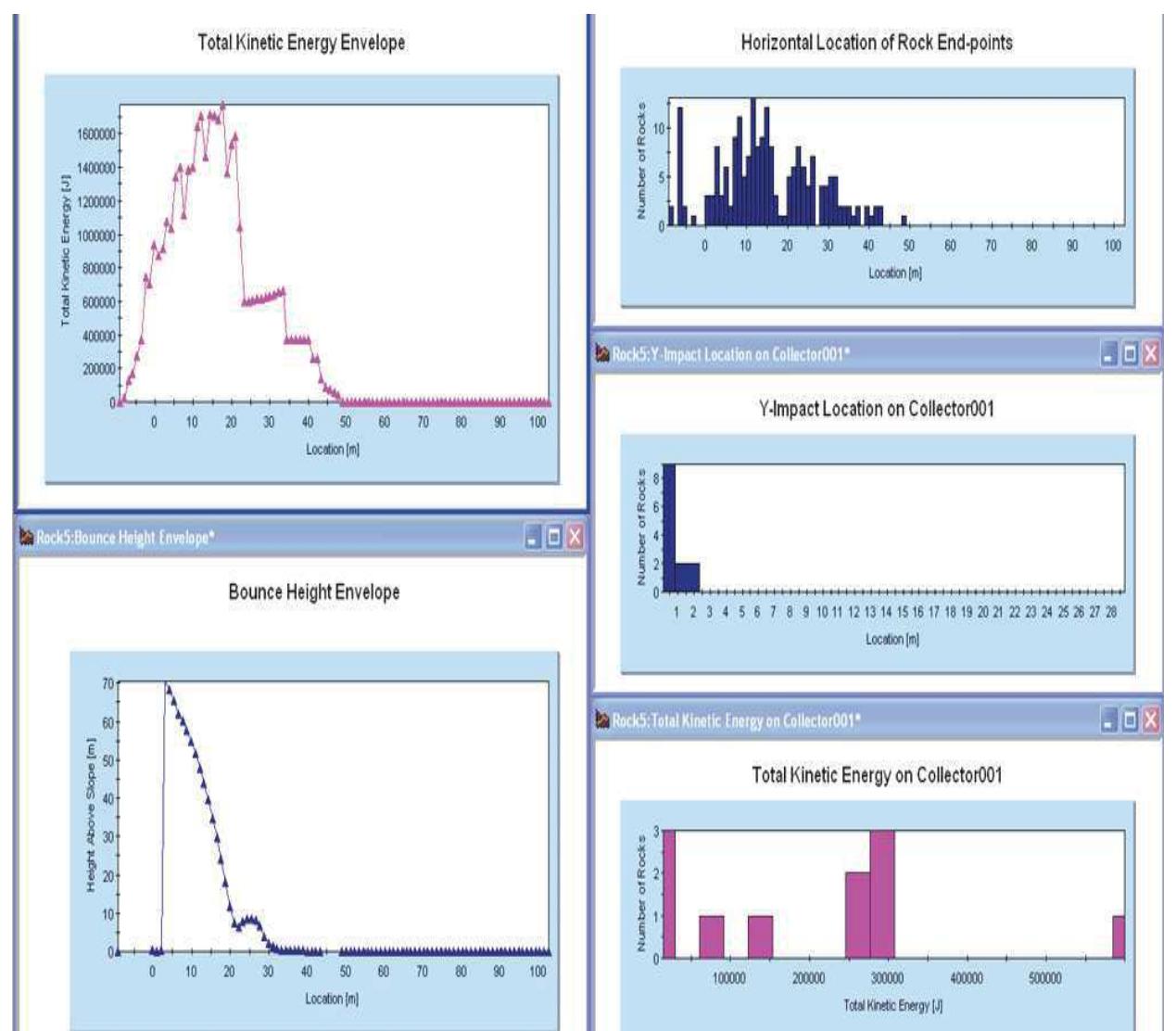
Modello numerico della sezione 4 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 15 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

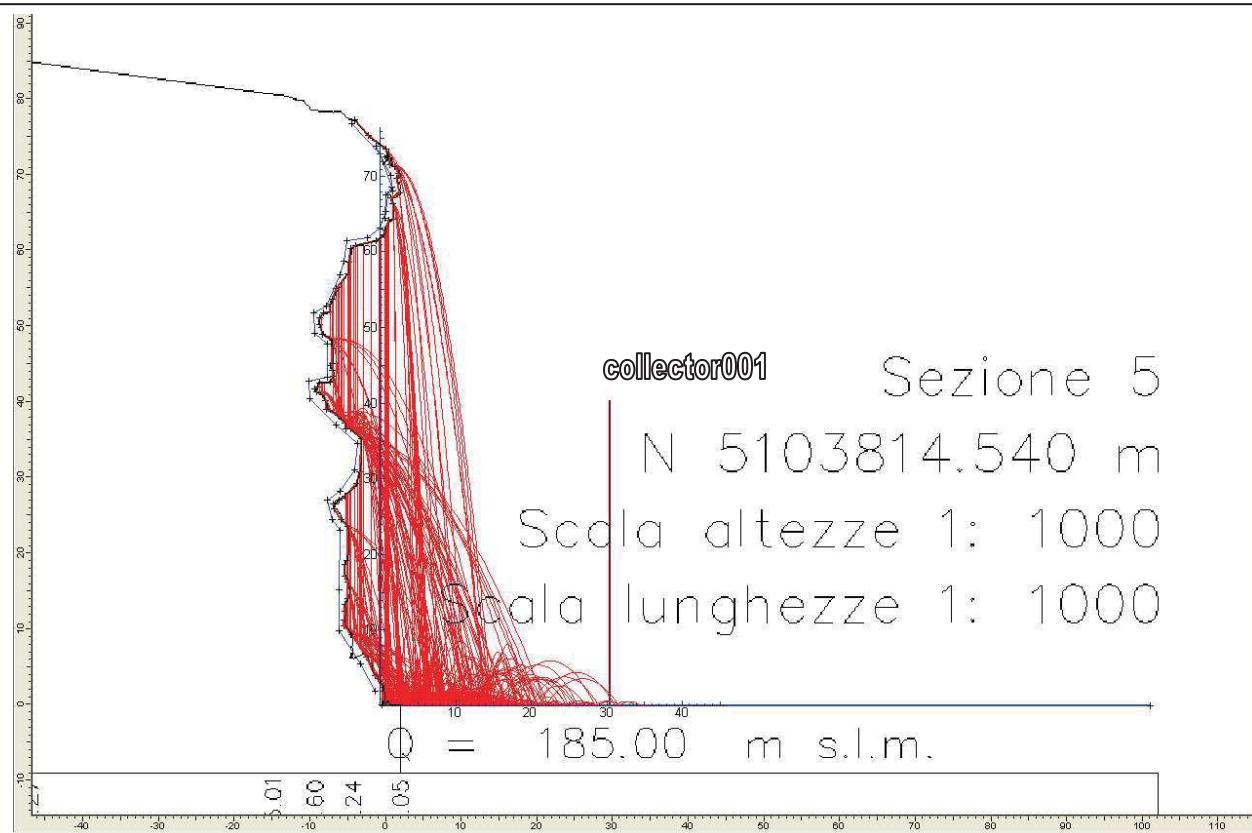
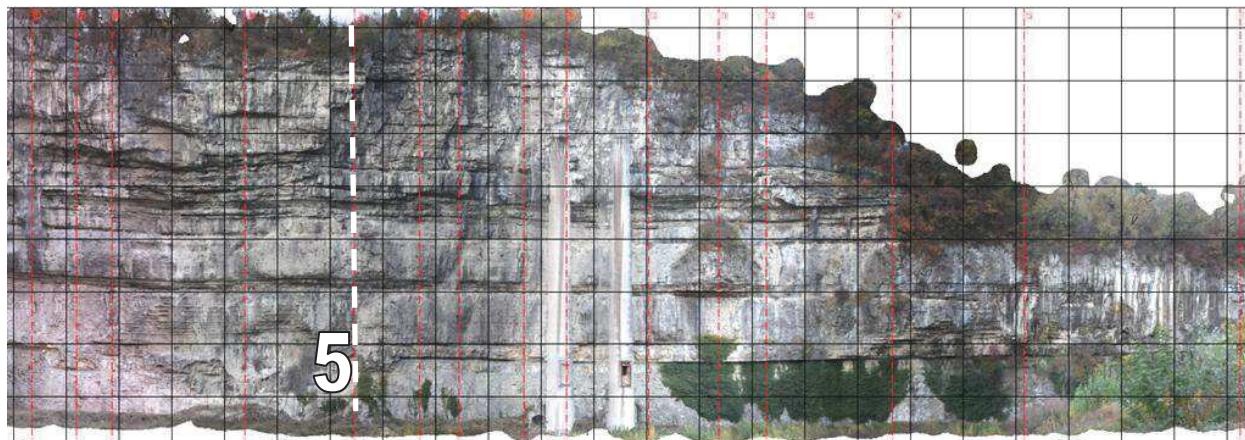
SEZIONE N°:4 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 4: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:5 - UBICAZIONE SU FOTO**

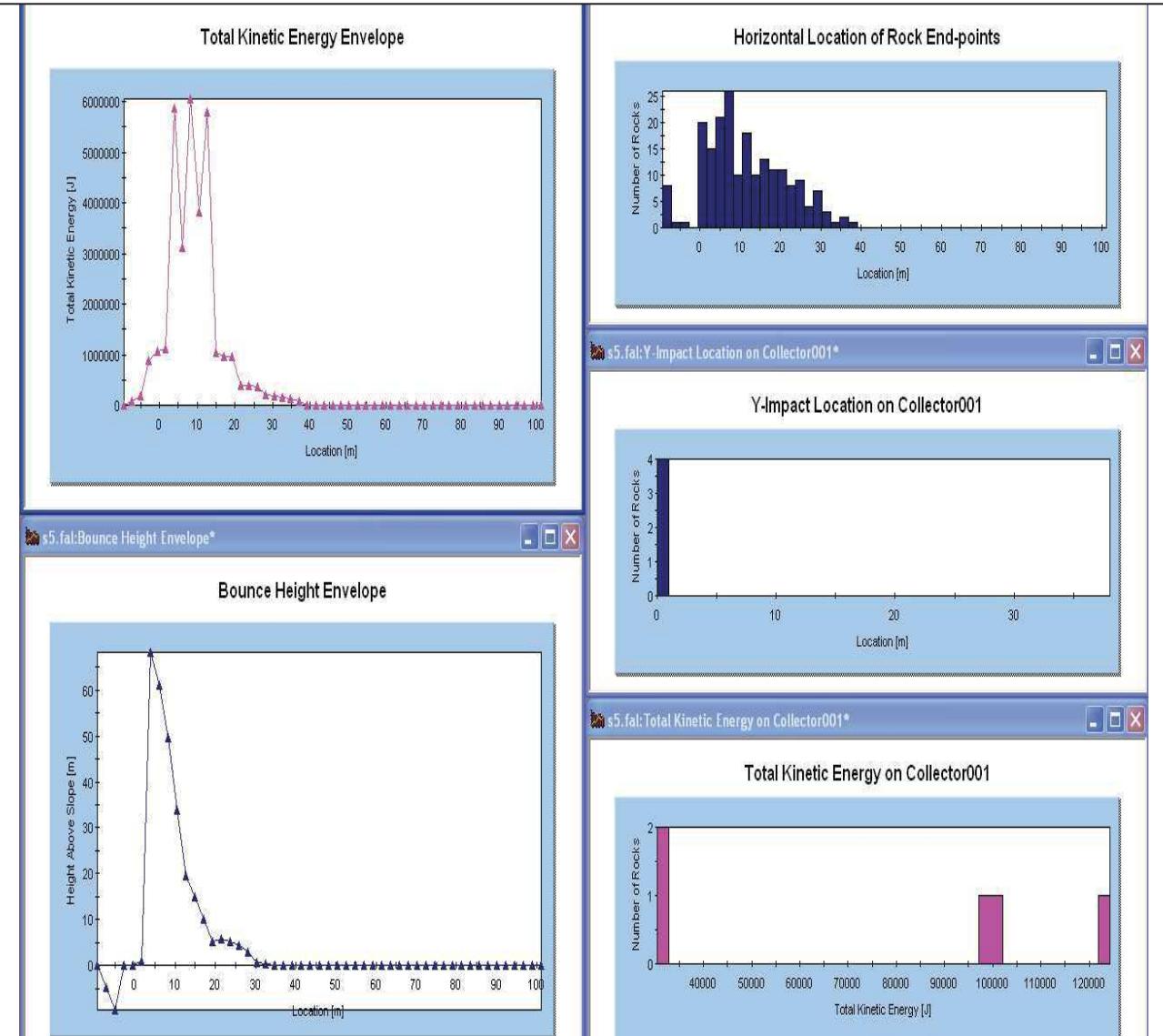
Modello numerico della sezione 5 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 4 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

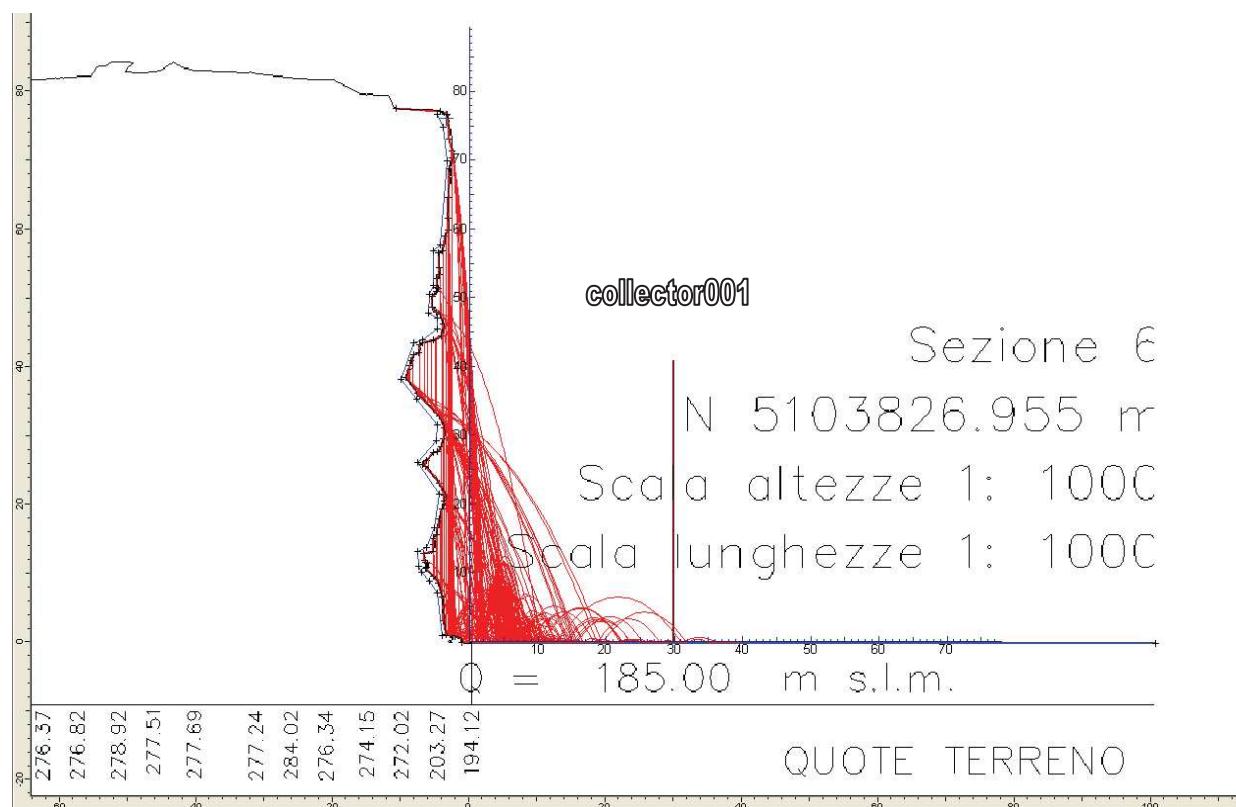
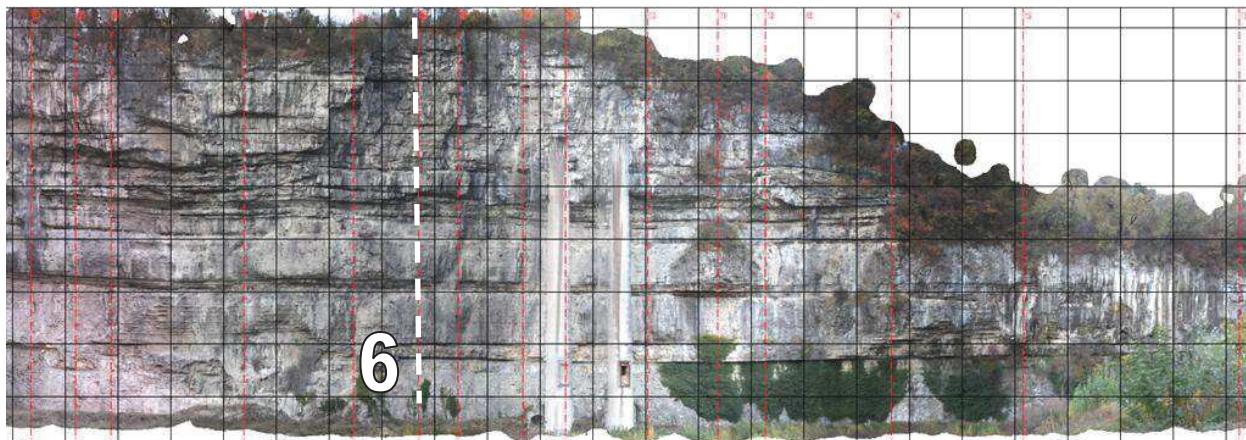
SEZIONE N°:5 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 5: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:6 - UBICAZIONE SU FOTO**

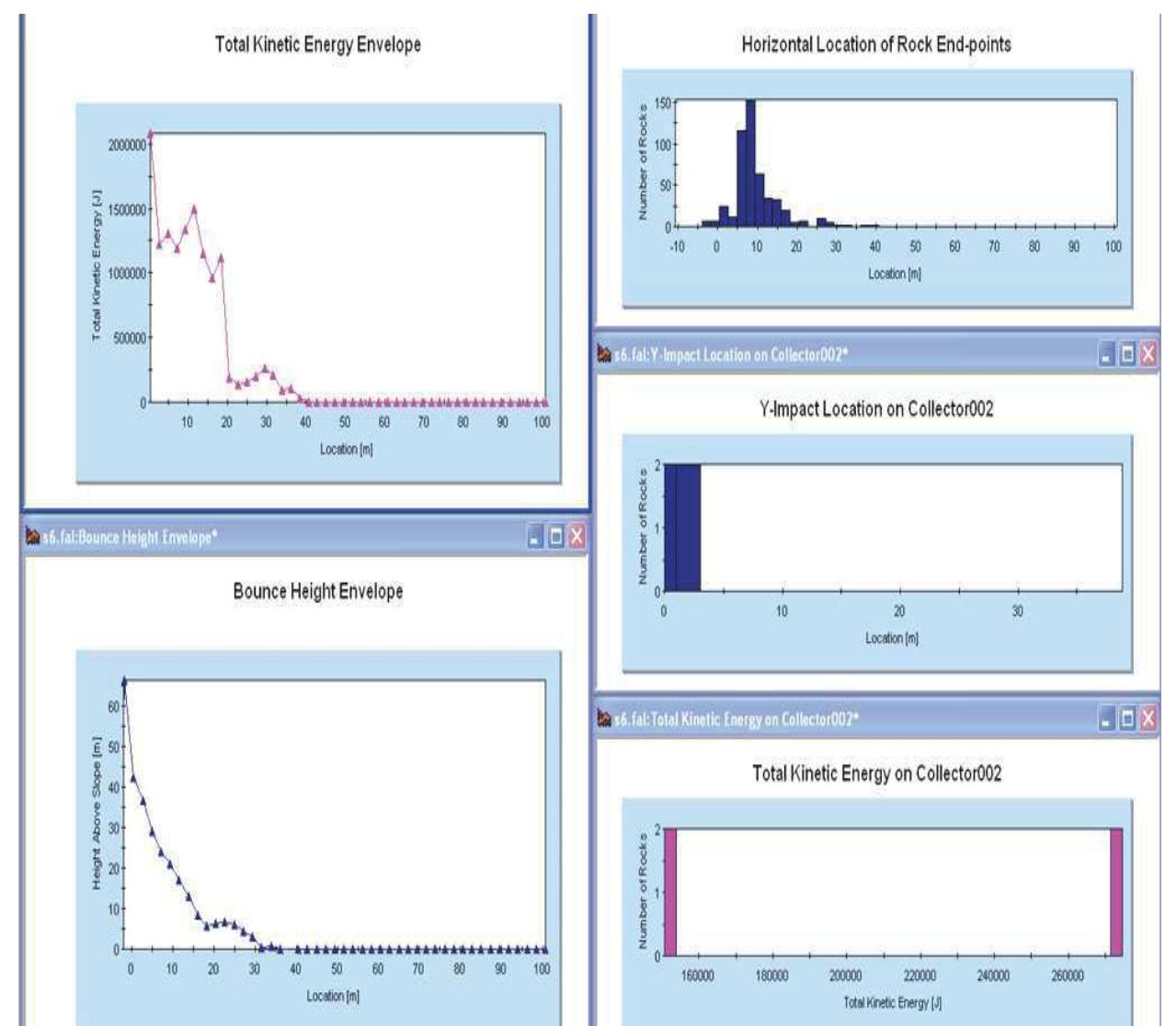
Modello numerico della sezione 6 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 2 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

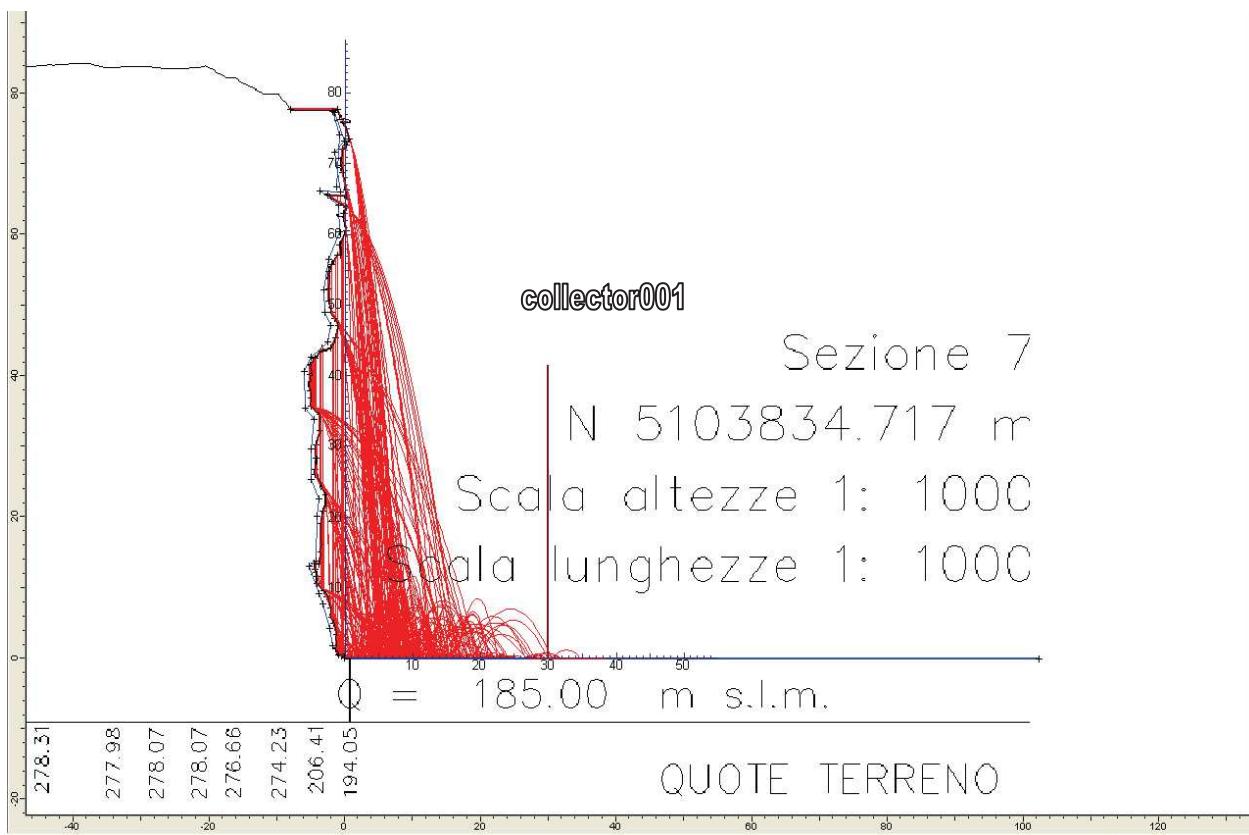
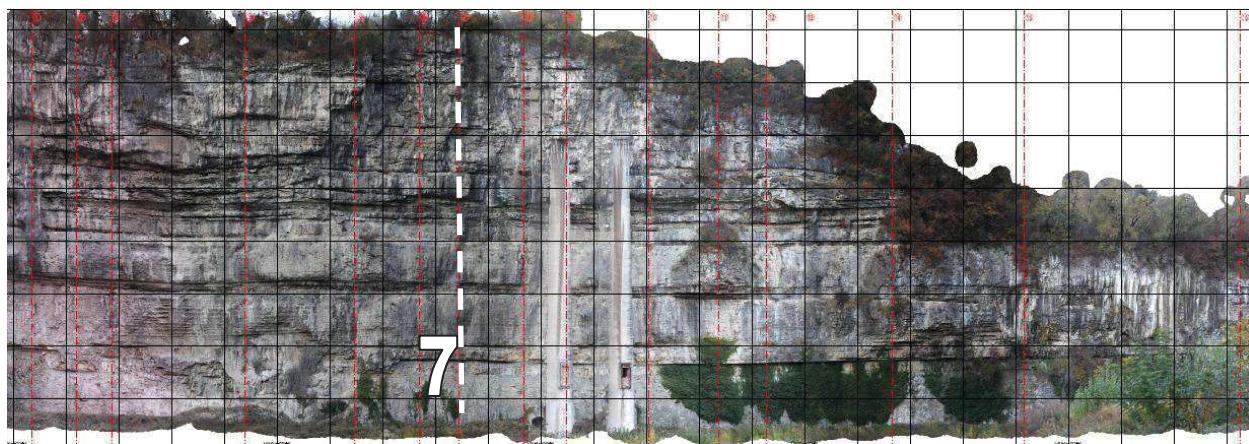
SEZIONE N°: 6 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 6: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°: 7 - UBICAZIONE SU FOTO**

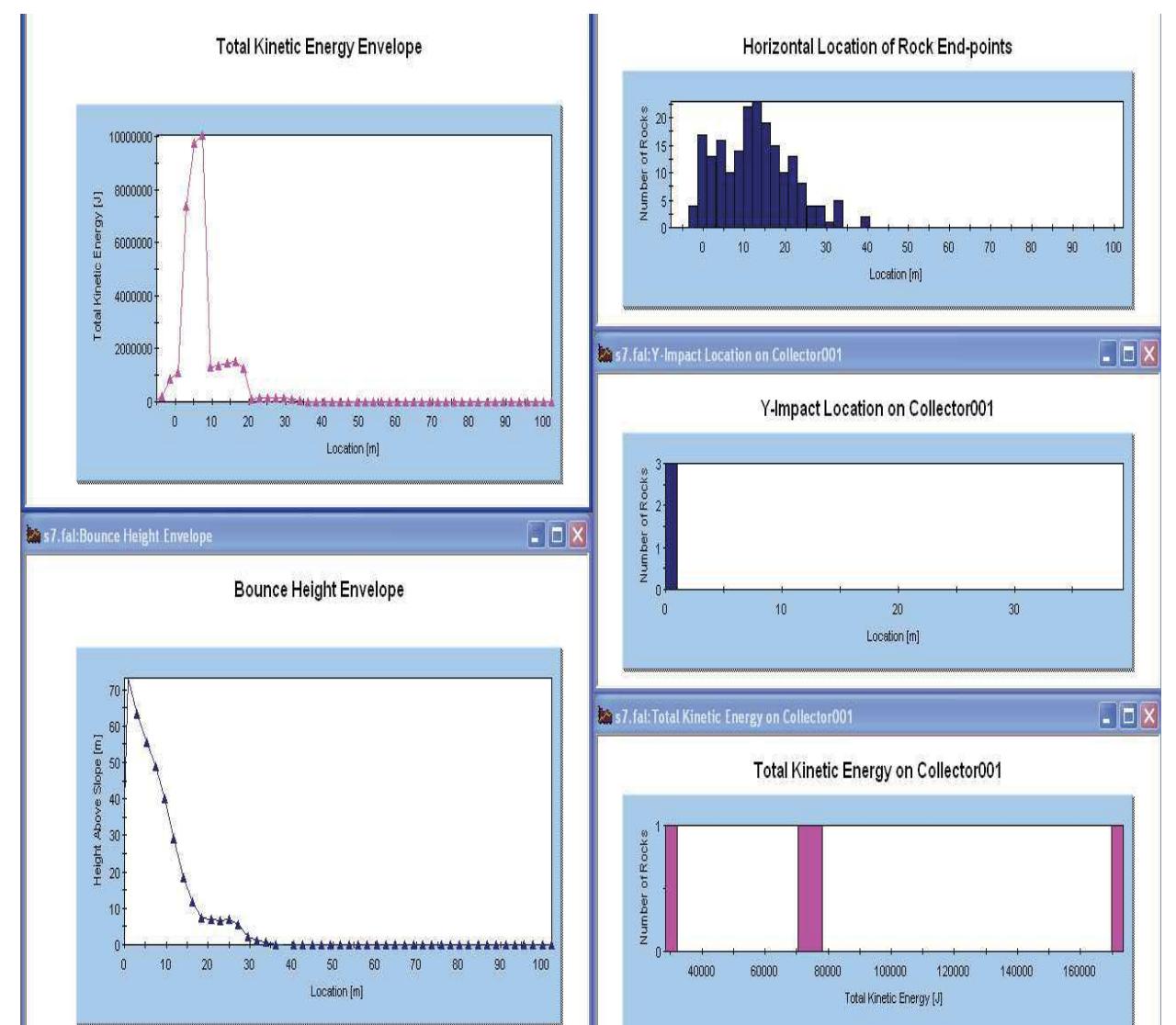
Modello numerico della sezione 7 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 6 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

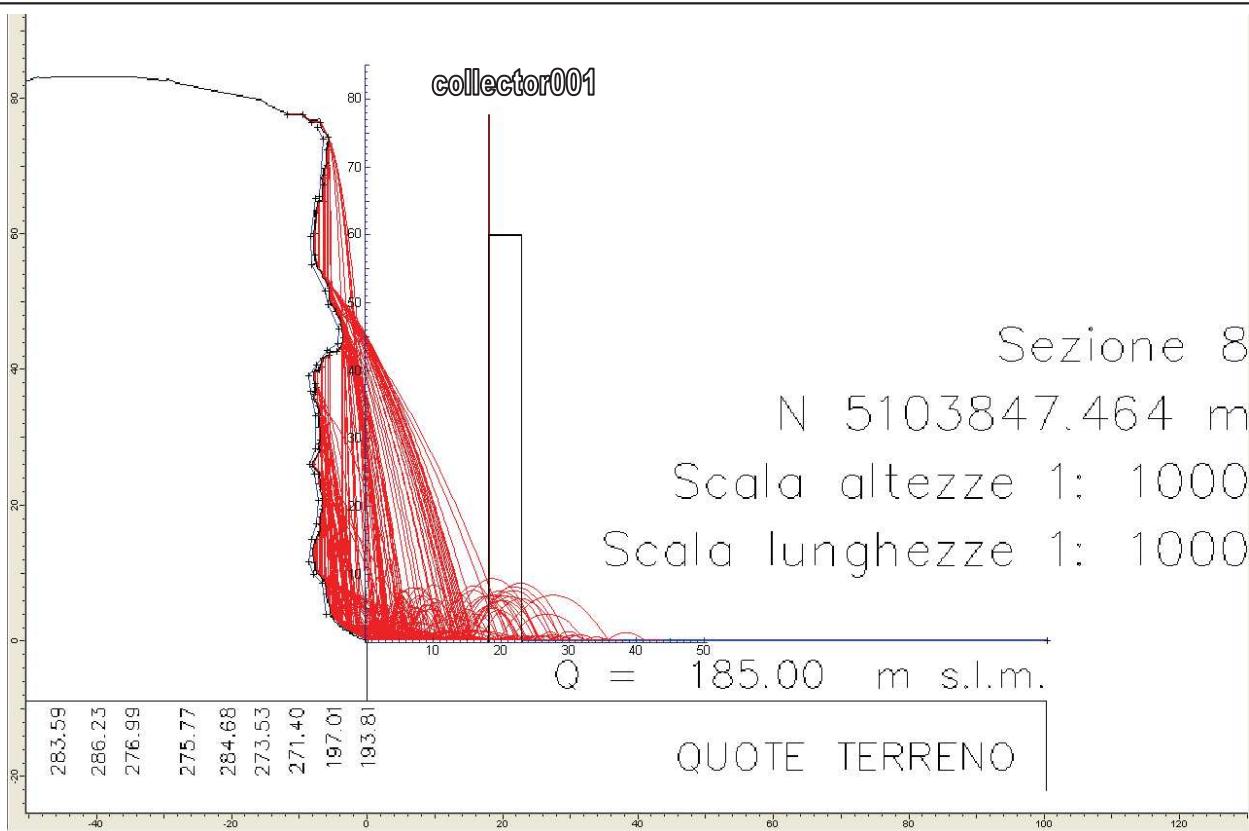
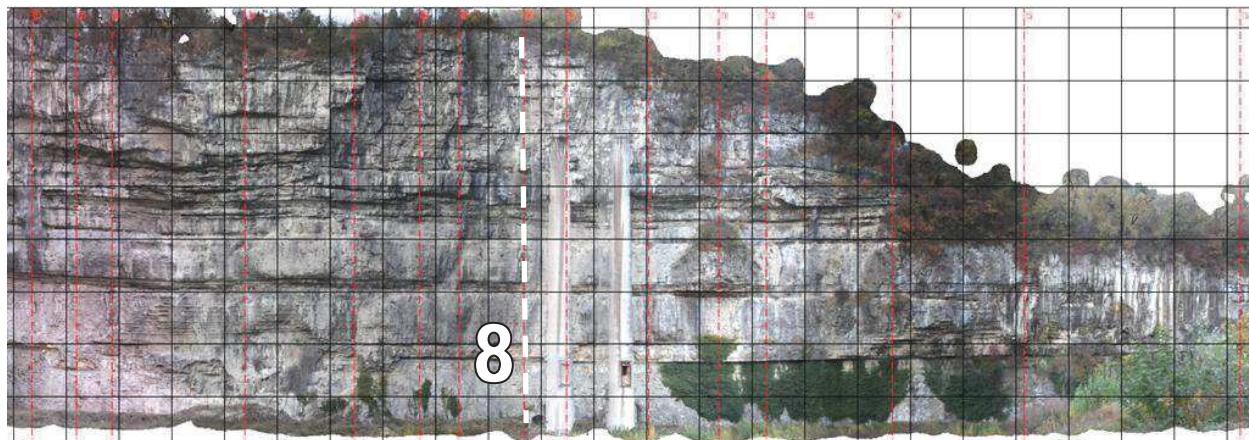
SEZIONE N°: 7 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 7: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:8 - UBICAZIONE SU FOTO**

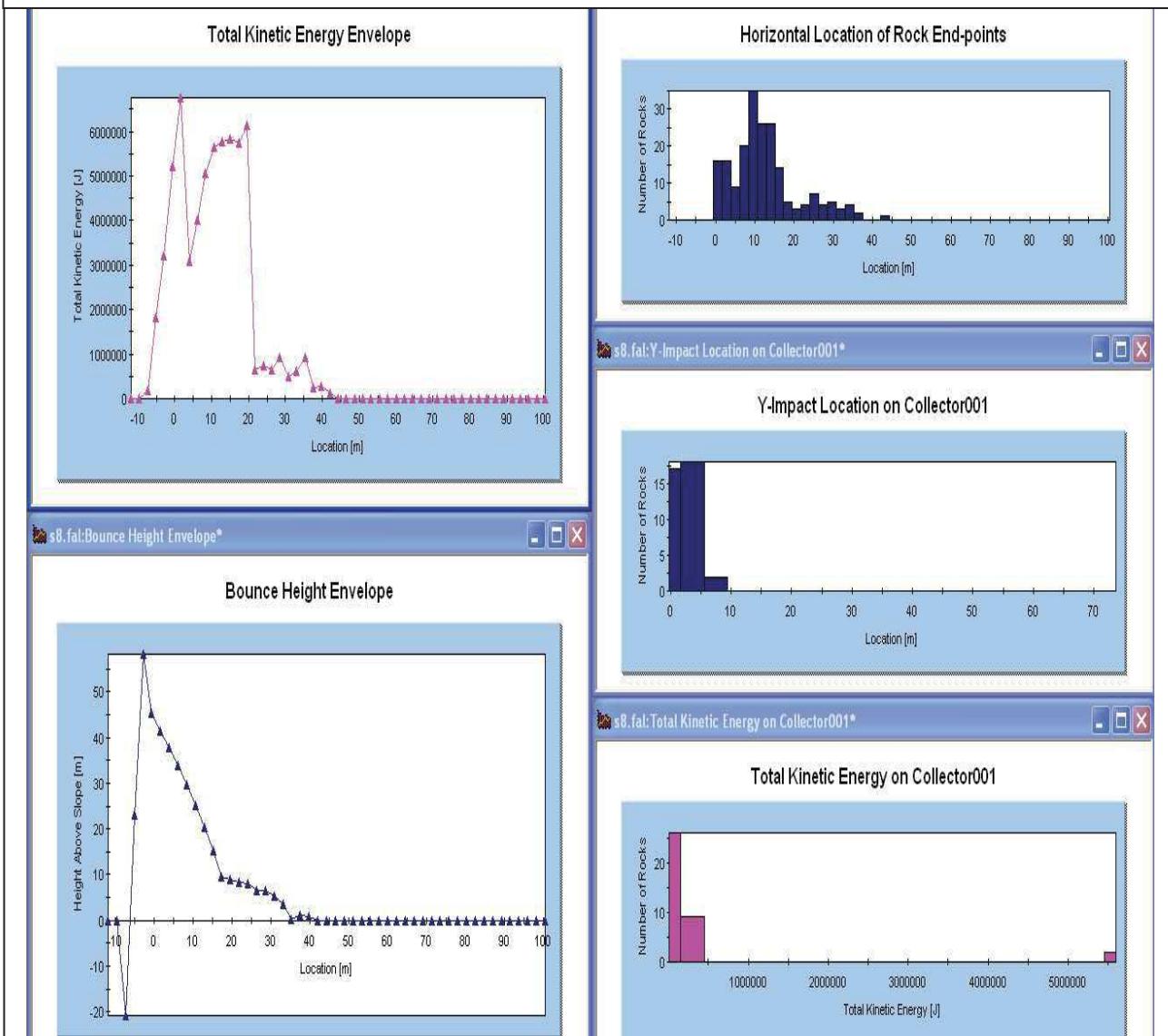
Modello numerico della sezione 8 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 6 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 18 m dal piede della parete (filo ciminiera). A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

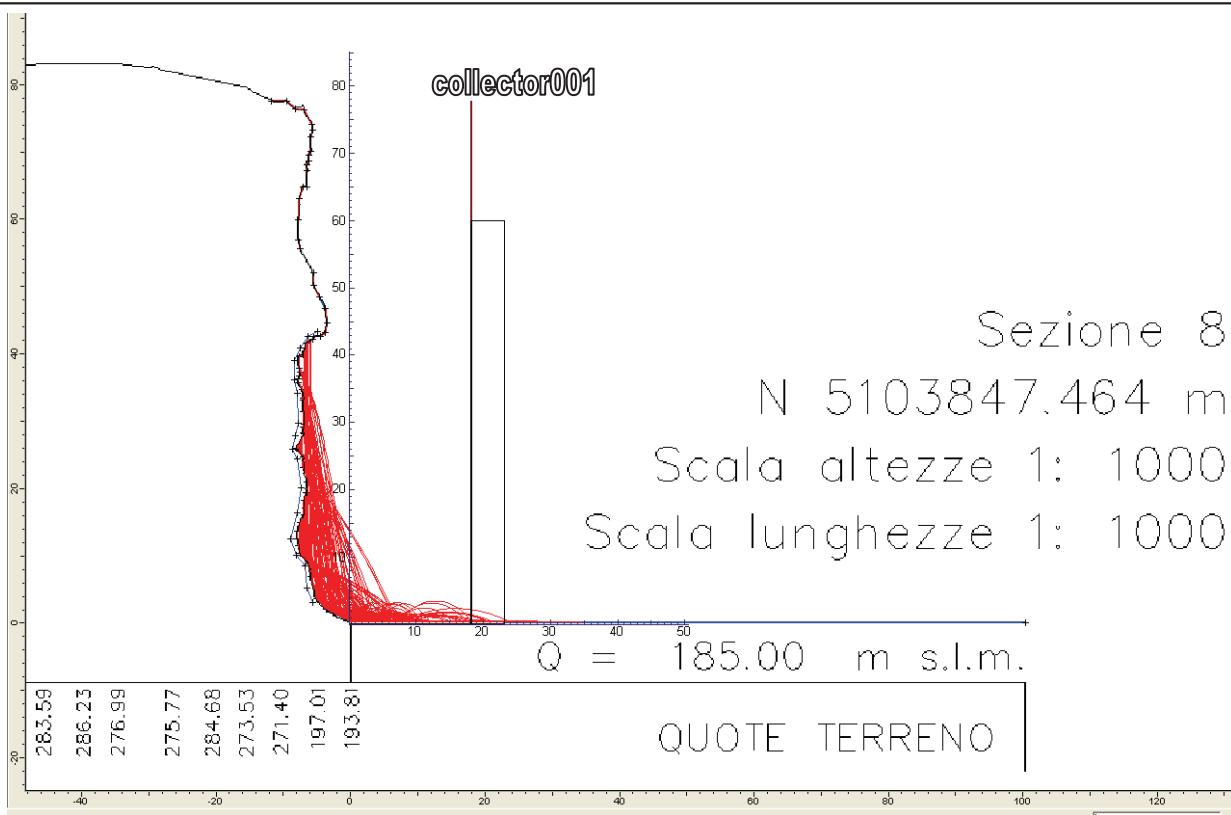
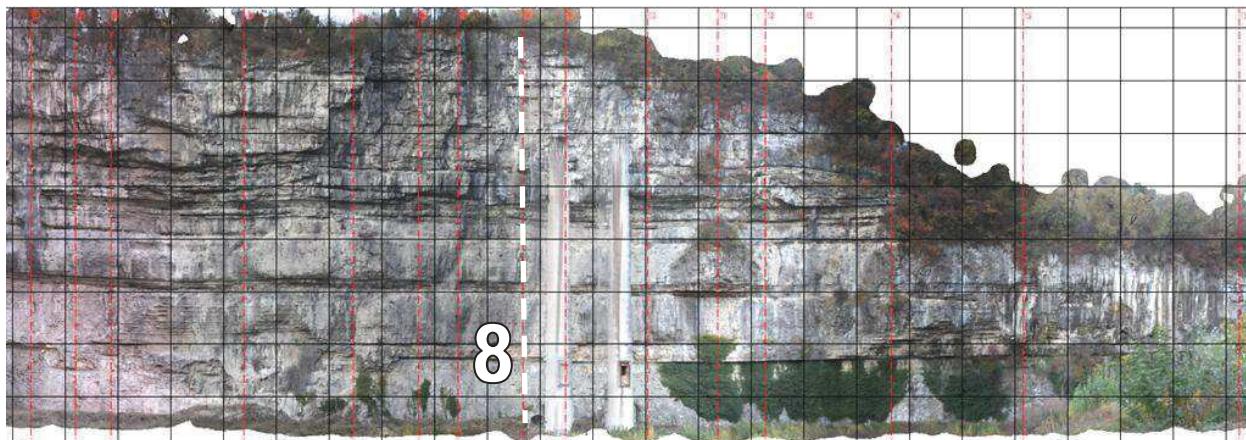
SEZIONE N°:8 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 8: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:8 - UBICAZIONE SU FOTO**

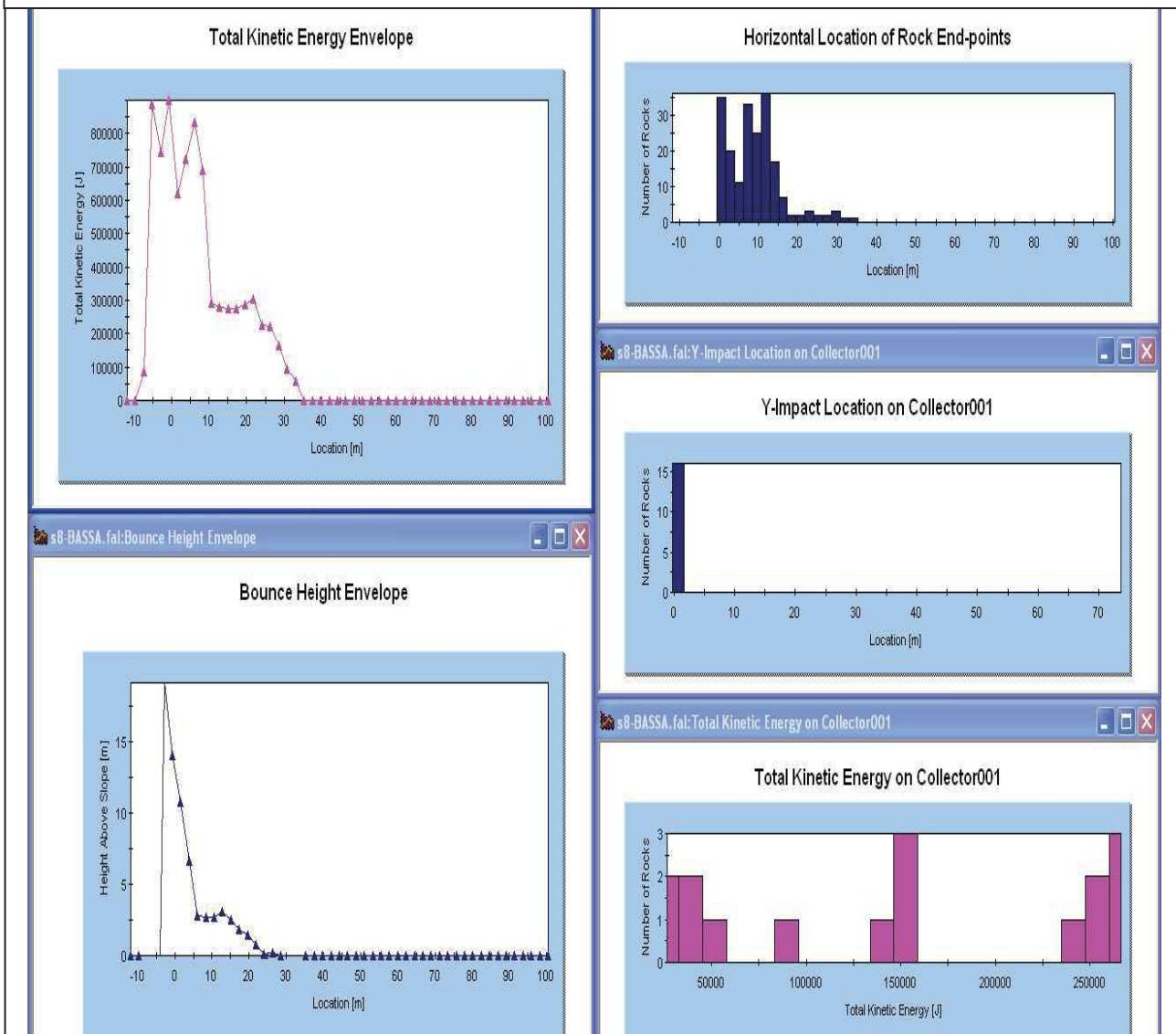
Modello numerico della sezione 8 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 1.5 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla sola parte bassa della parete (es. presenza rete in aderenza sulla parte alta della parete). Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 18 m dal piede della parete (filo ciminiera). A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

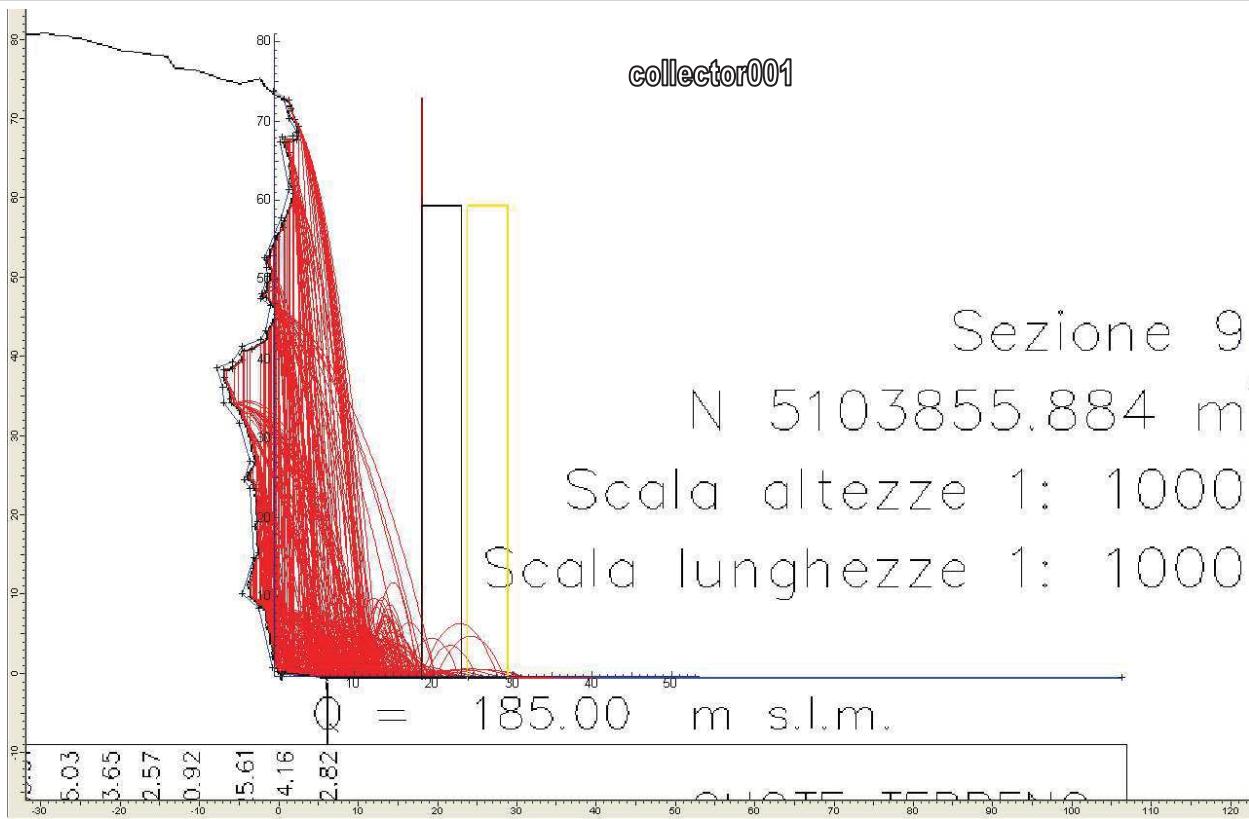
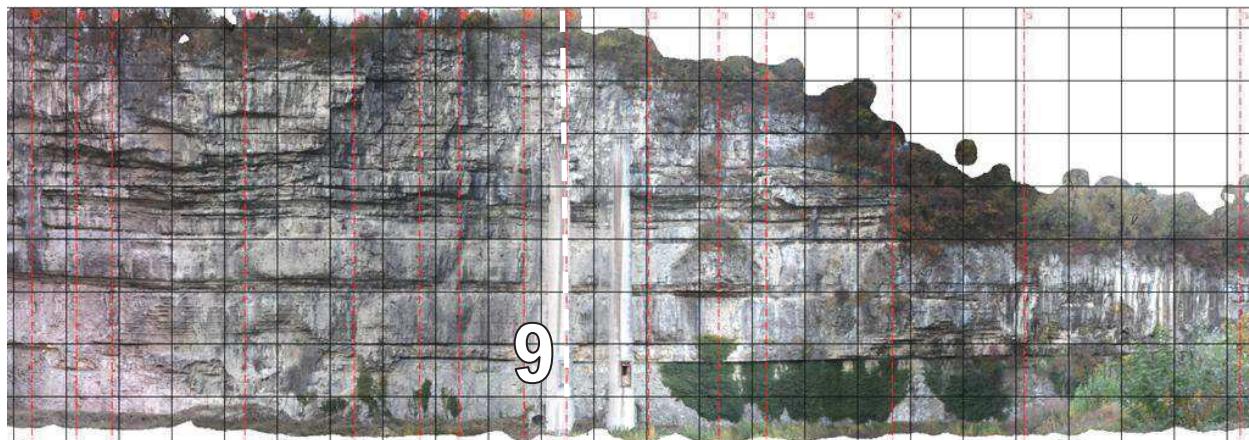
SEZIONE N°:8 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 8: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:9 - UBICAZIONE SU FOTO**

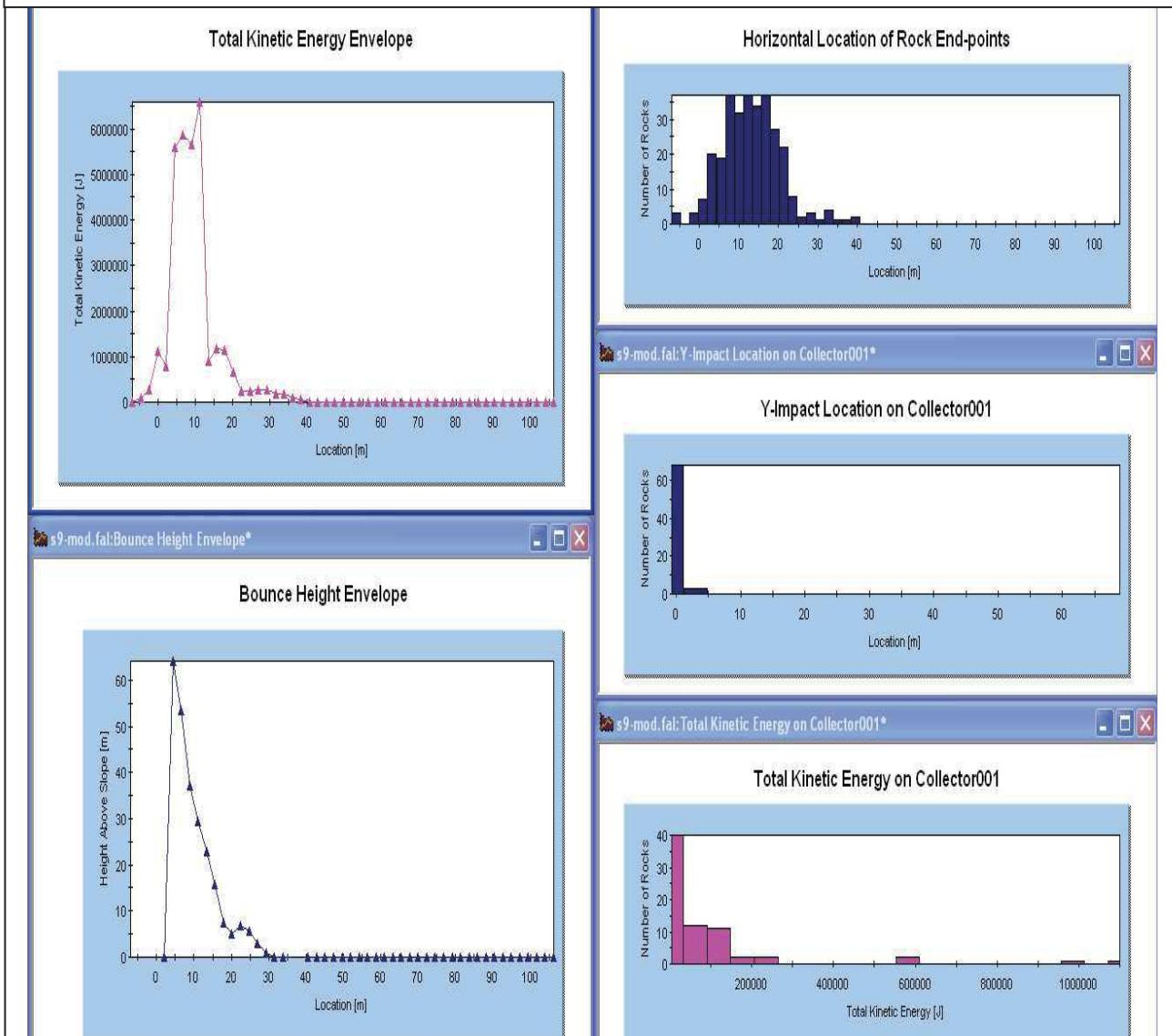
Modello numerico della sezione 9 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 8 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 17 m dal piede della parete (filo ciminiera). A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

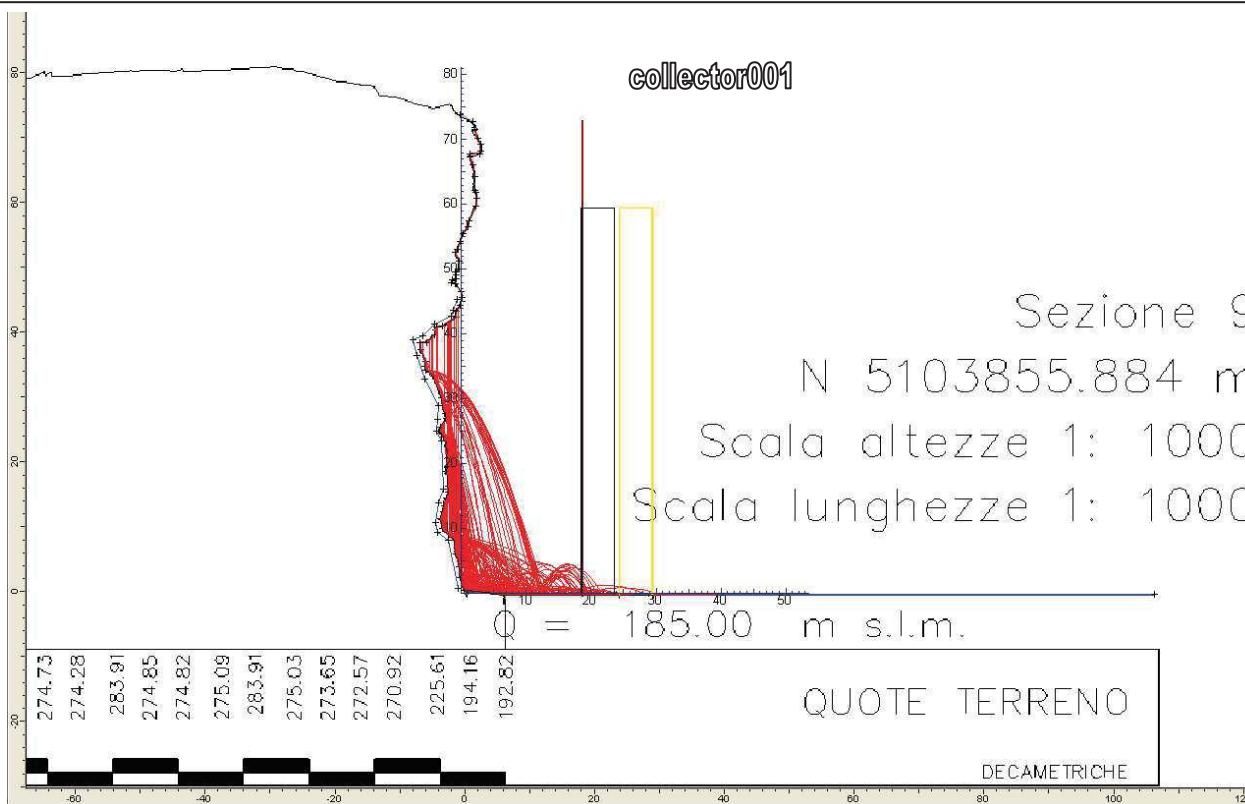
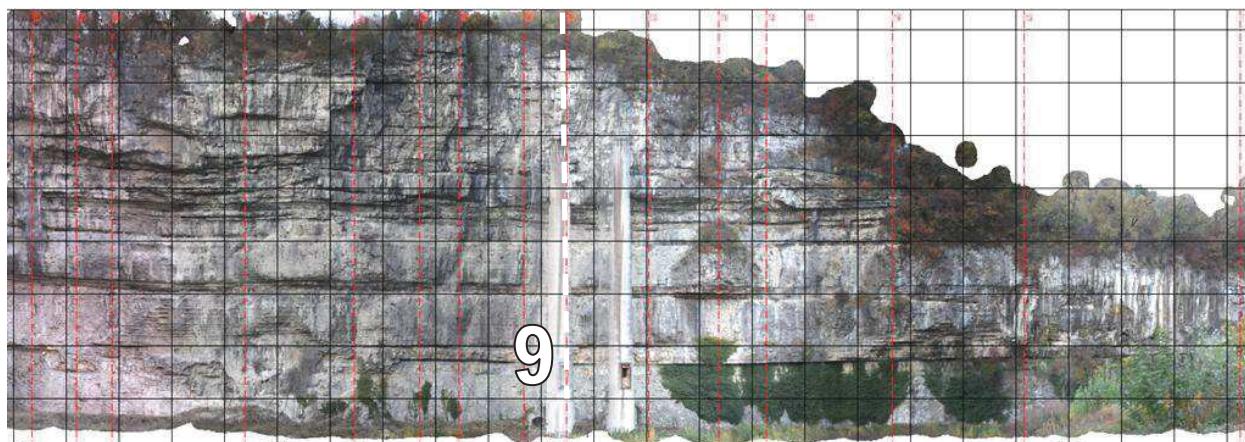
SEZIONE N°:9 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 9: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:9 - UBICAZIONE SU FOTO**

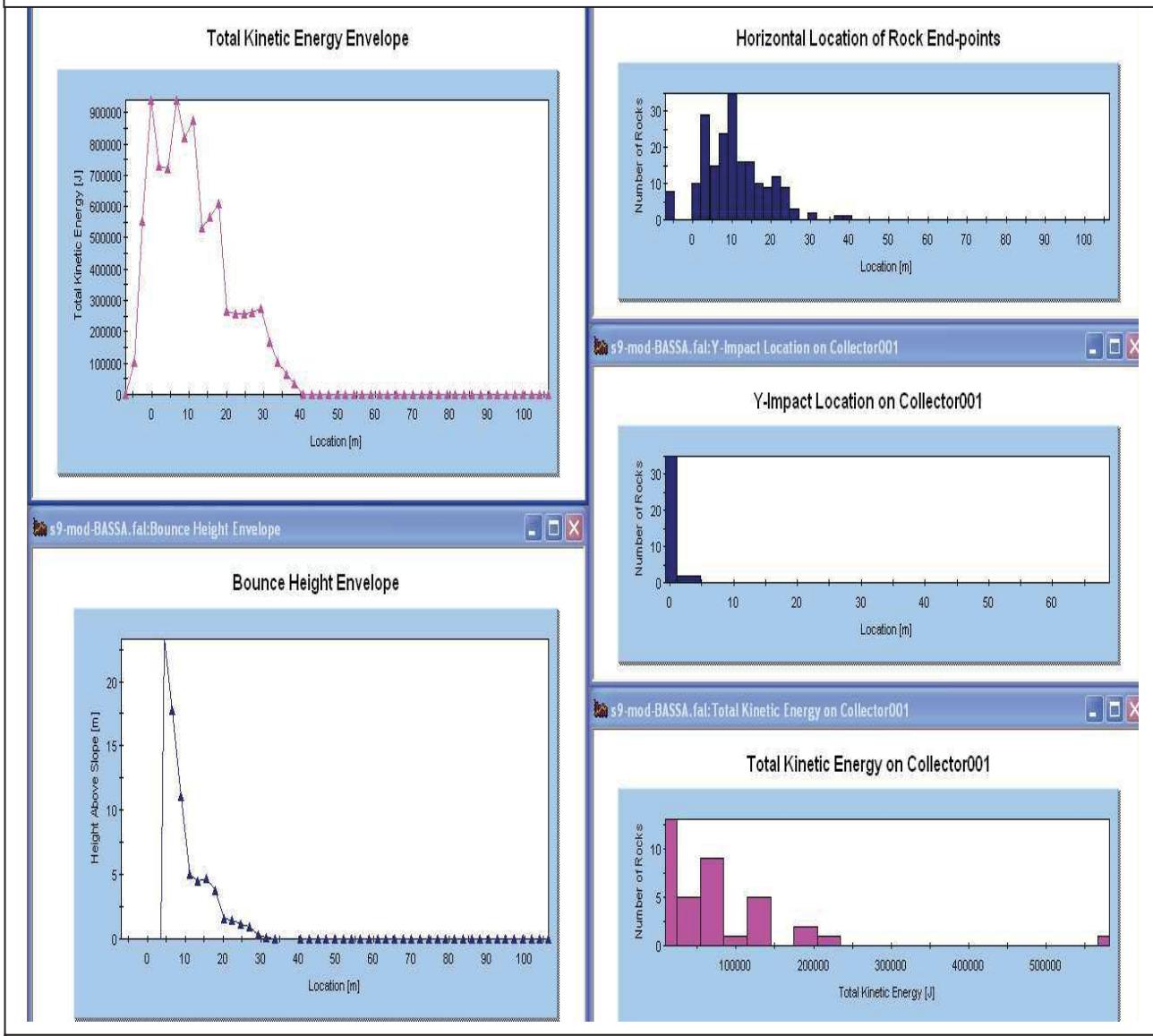
Modello numerico della sezione 9 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 1.5 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla sola parte bassa della parete (es. presenza rete in aderenza sulla parte alta della parete.. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 17 m dal piede della parete (filo ciminiera). A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

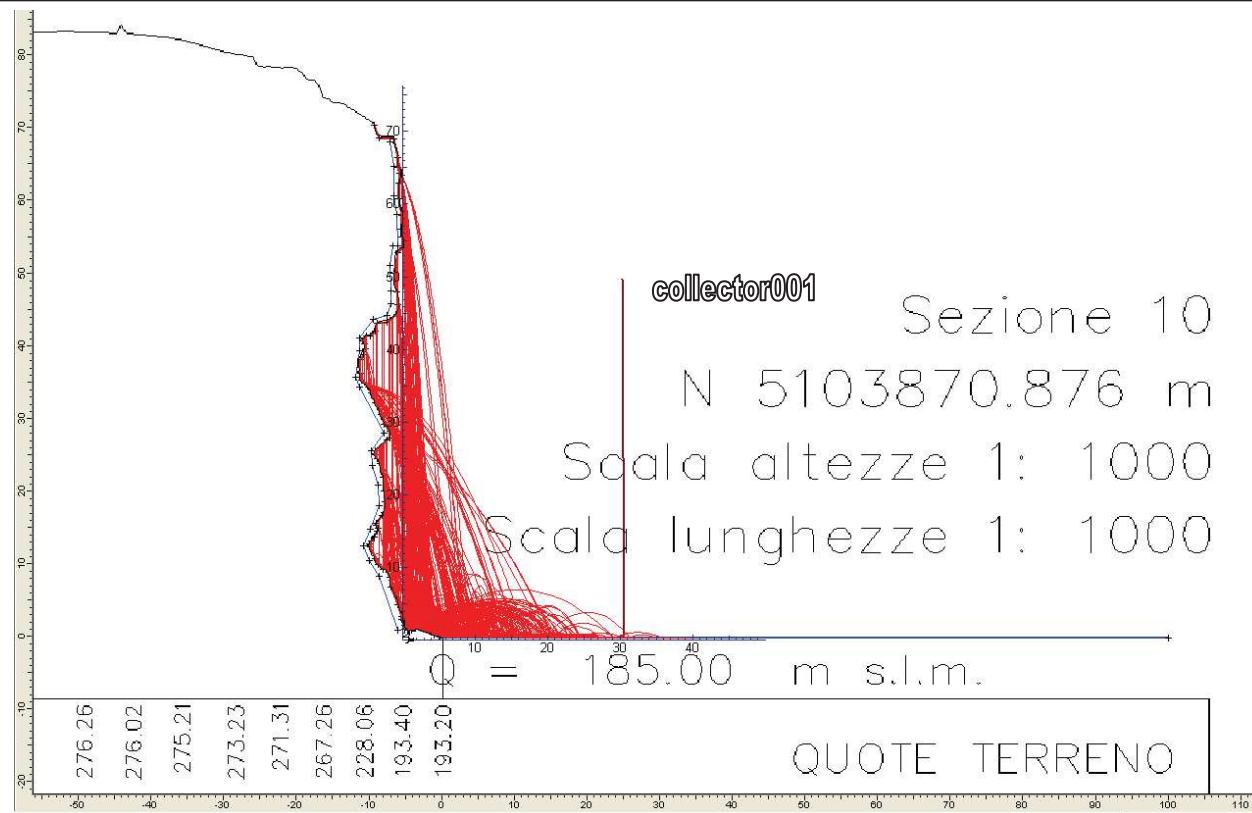
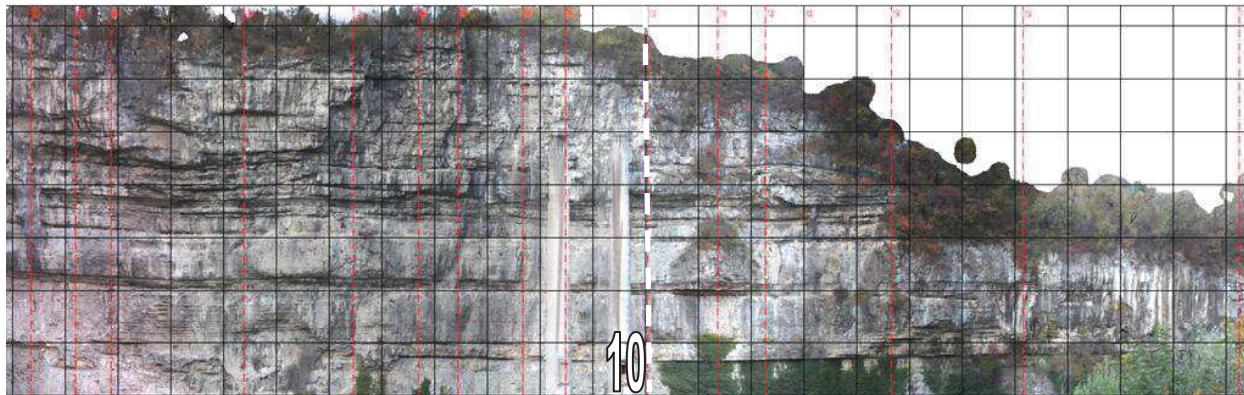
SEZIONE N°:9 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 9: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:10 - UBICAZIONE SU FOTO**

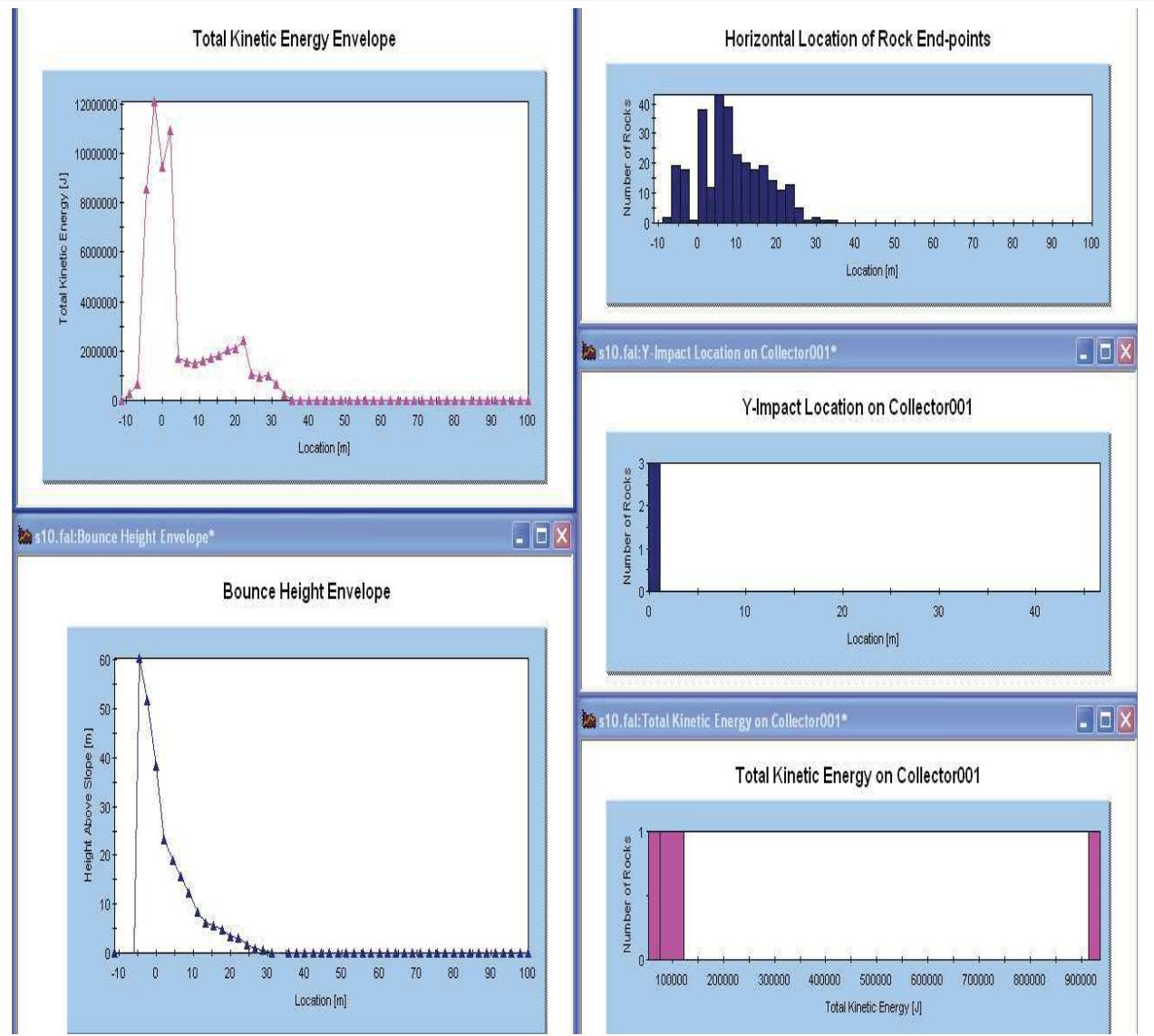
Modello numerico della sezione 10 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 8 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

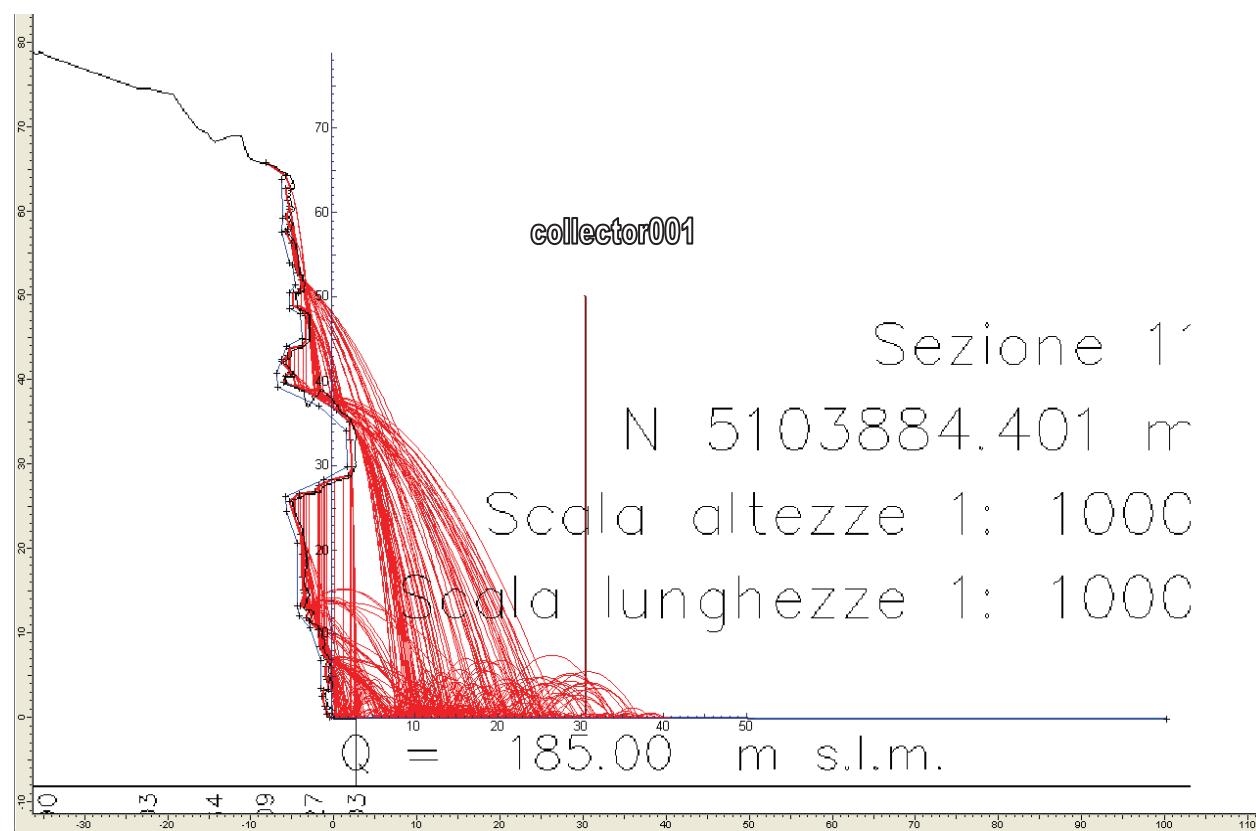
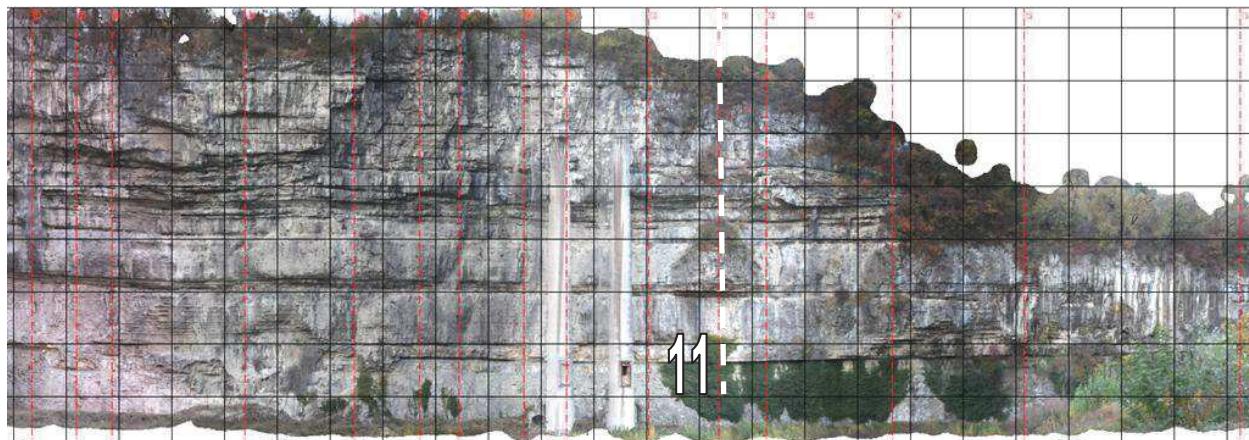
SEZIONE N°: 10 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 10: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:11 - UBICAZIONE SU FOTO**

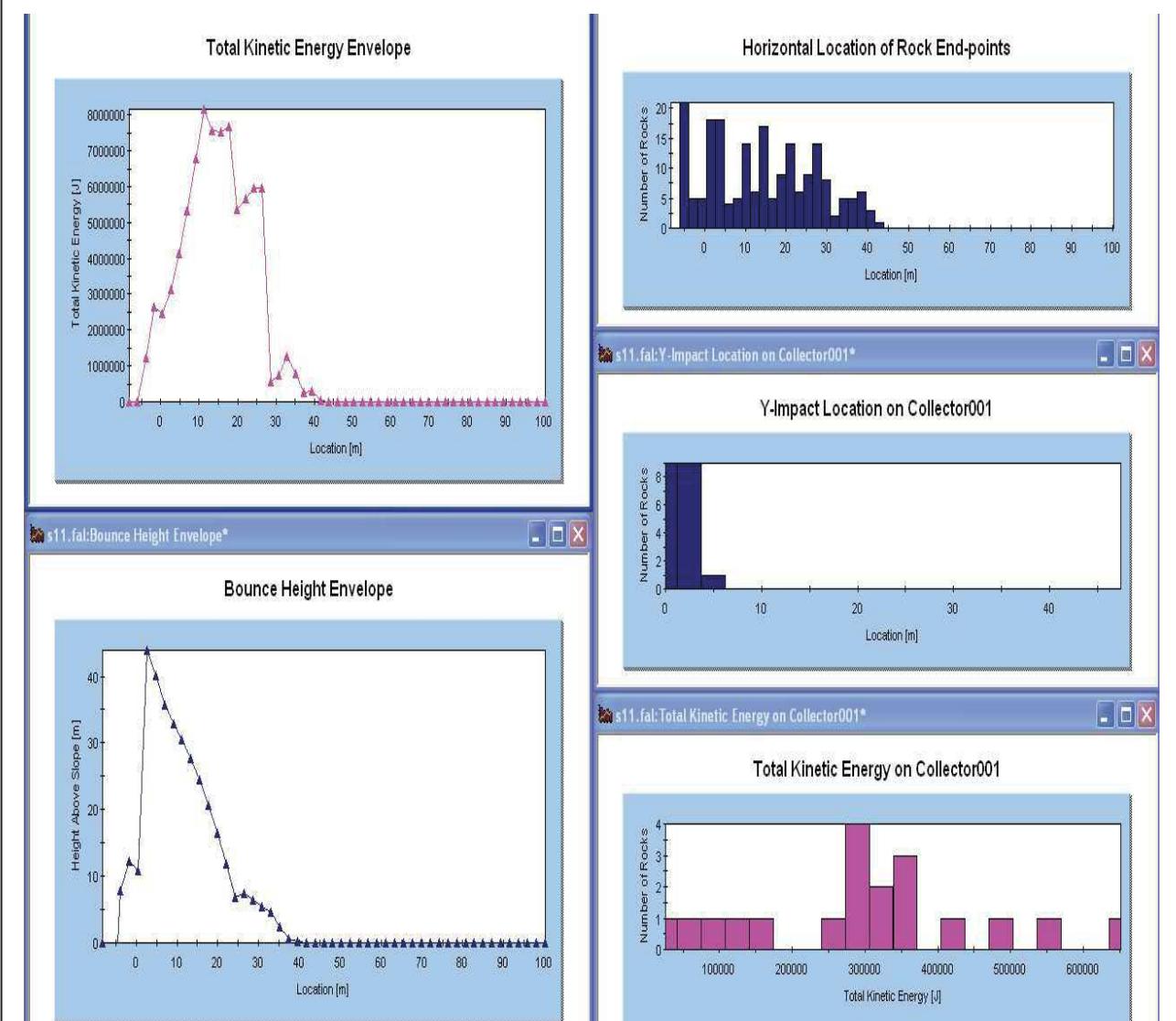
Modello numerico della sezione 11 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 5 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

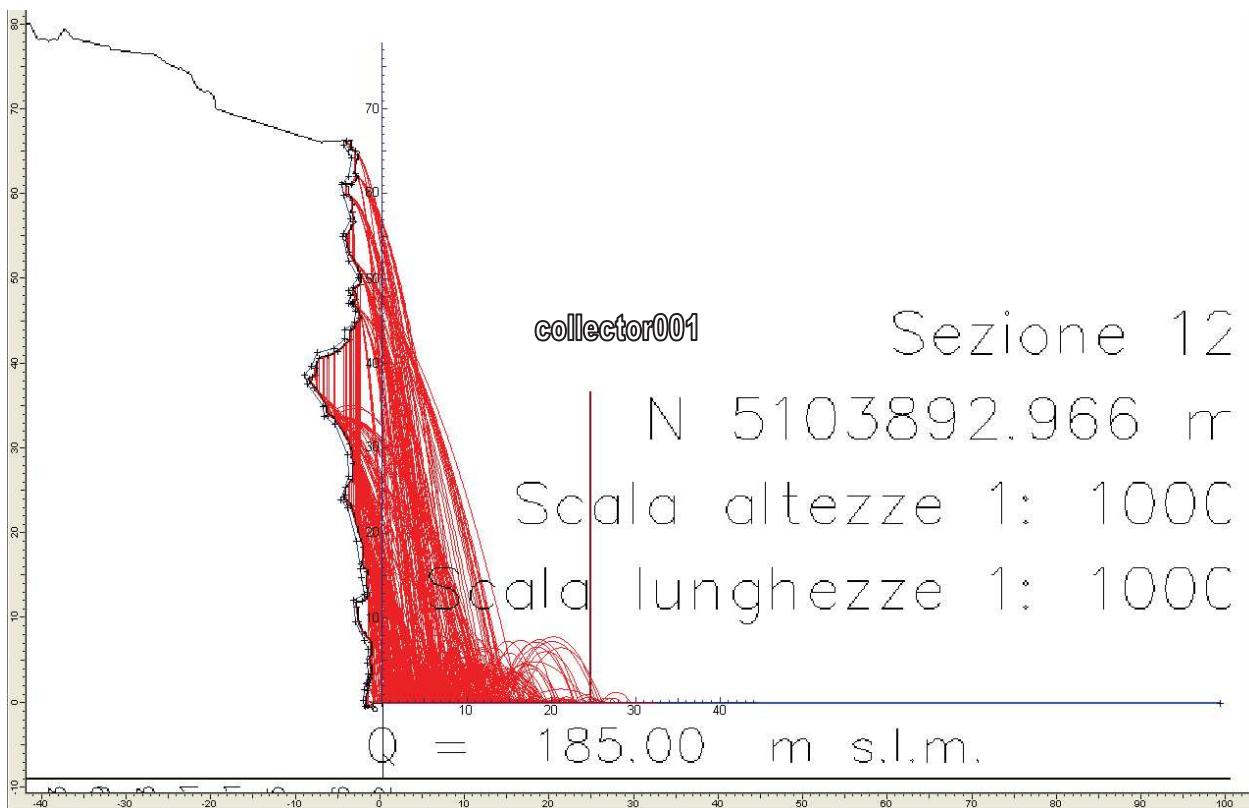
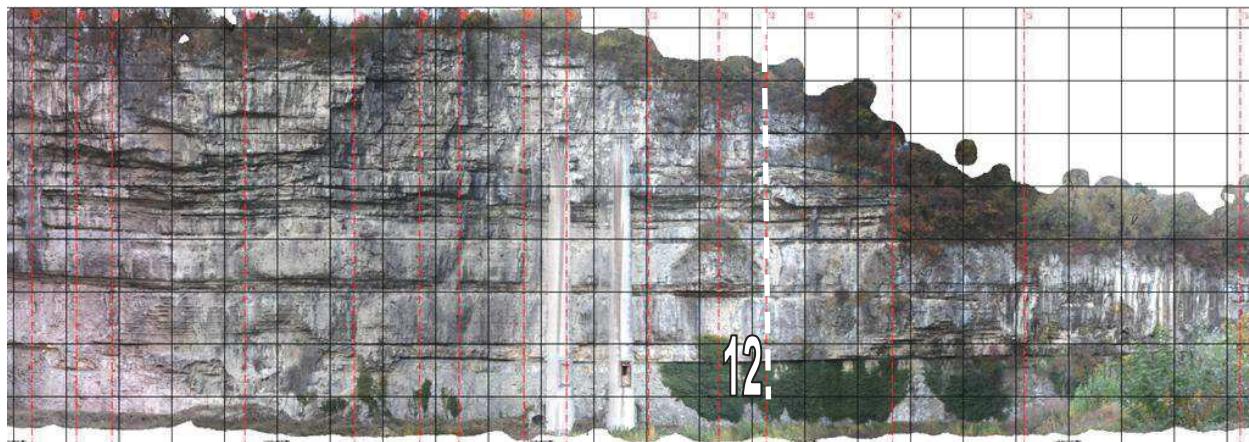
SEZIONE N°: 11 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 11: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°: 12 - UBICAZIONE SU FOTO**

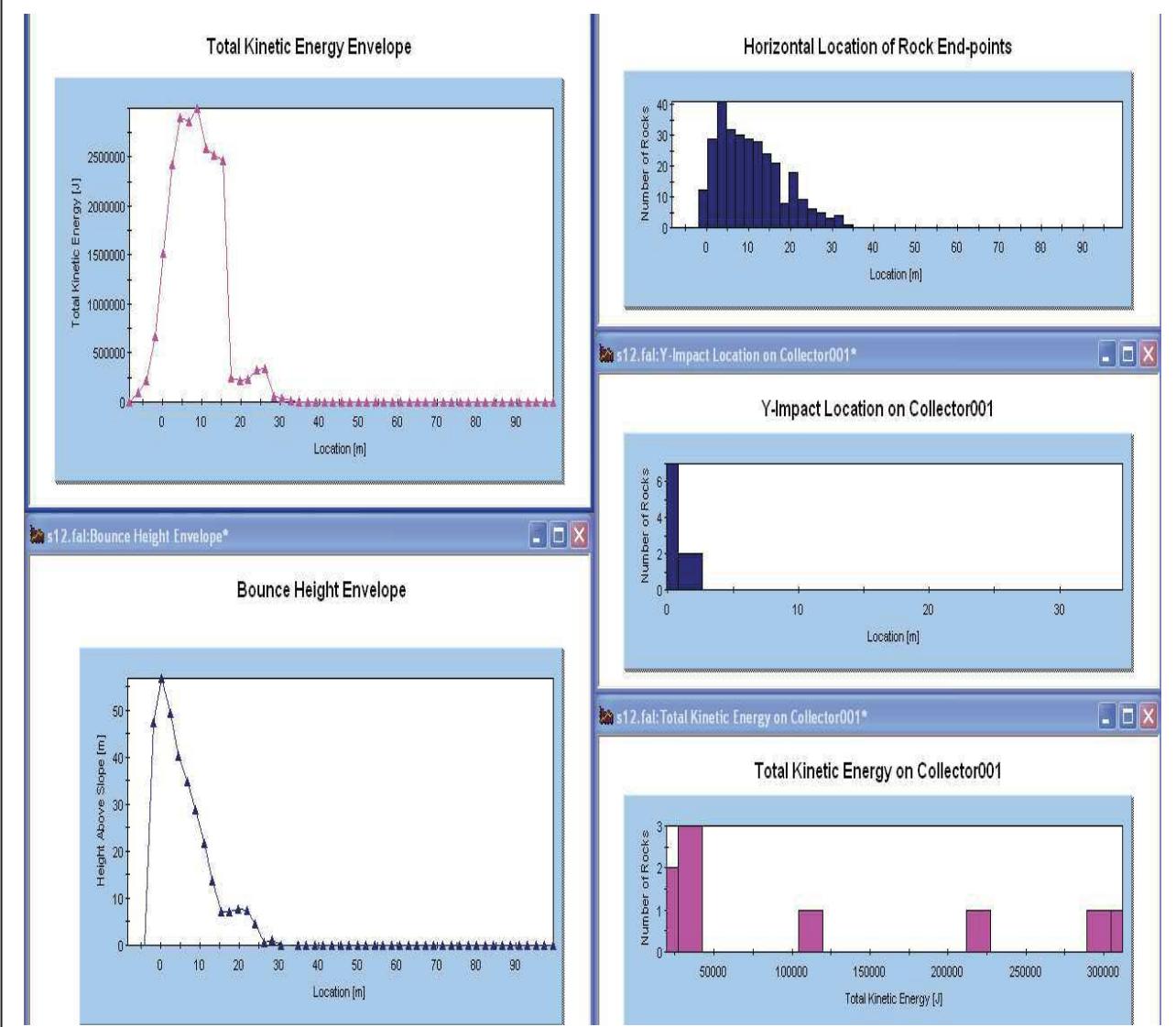
Modello numerico della sezione 12 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 2 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

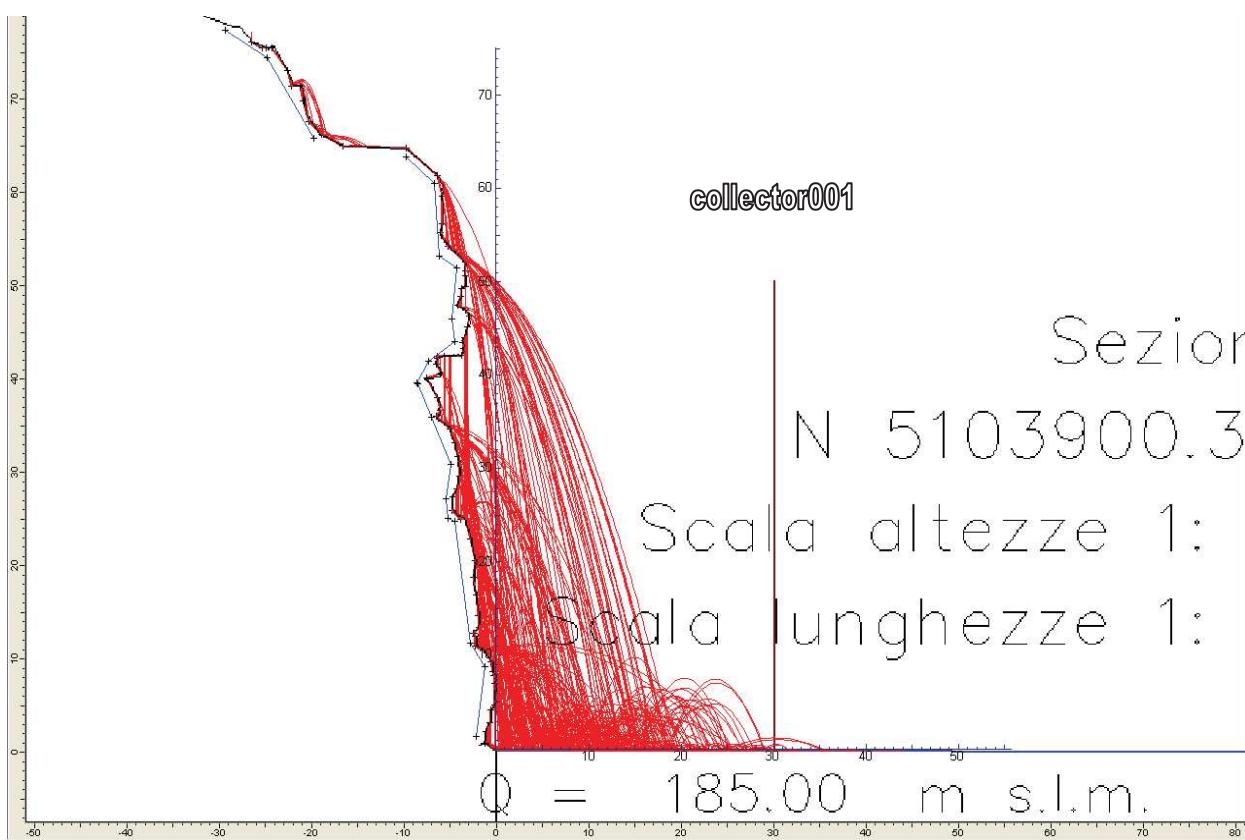
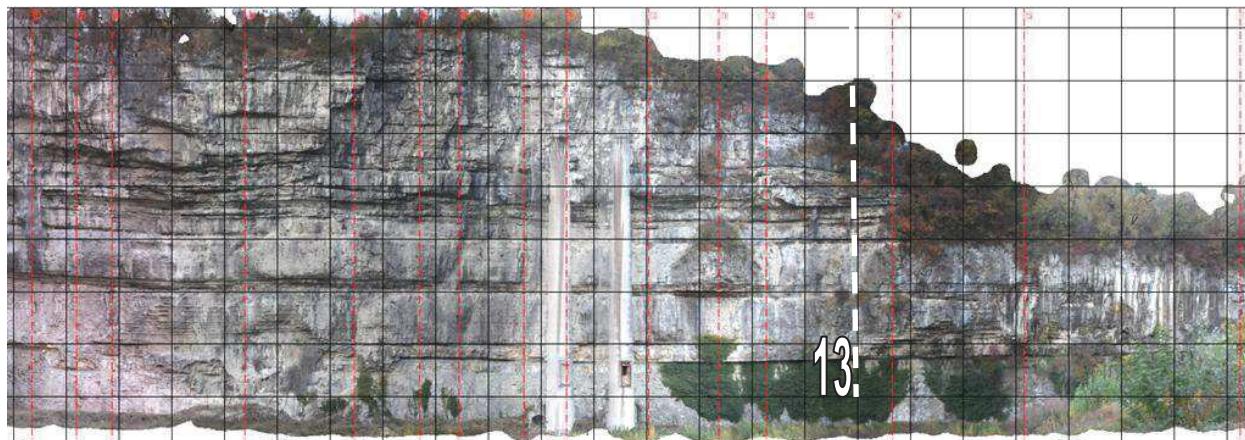
SEZIONE N°: 12 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 12: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°: 13 - UBICAZIONE SU FOTO**

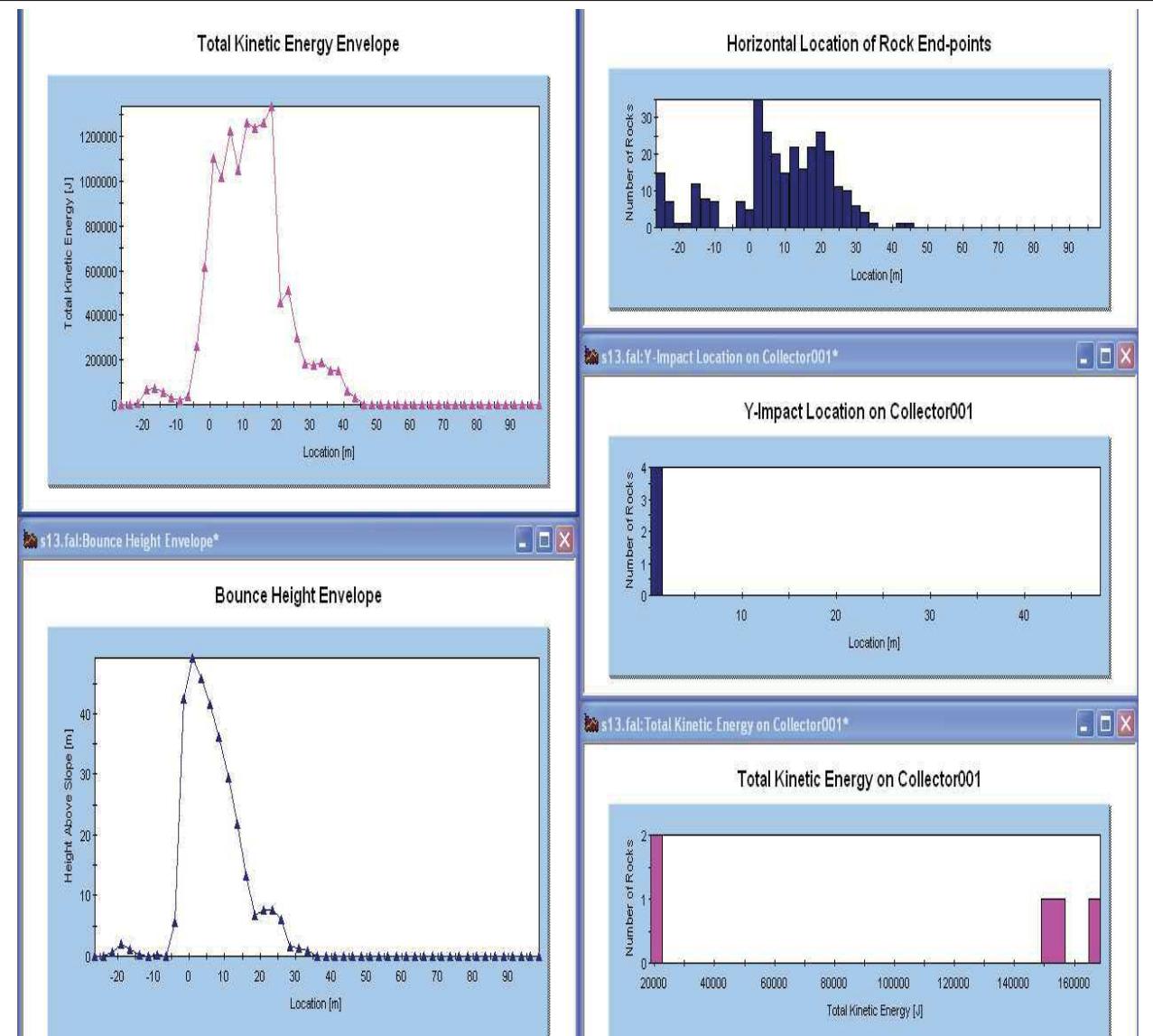
Modello numerico della sezione 13 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 1.5 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°: 13 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



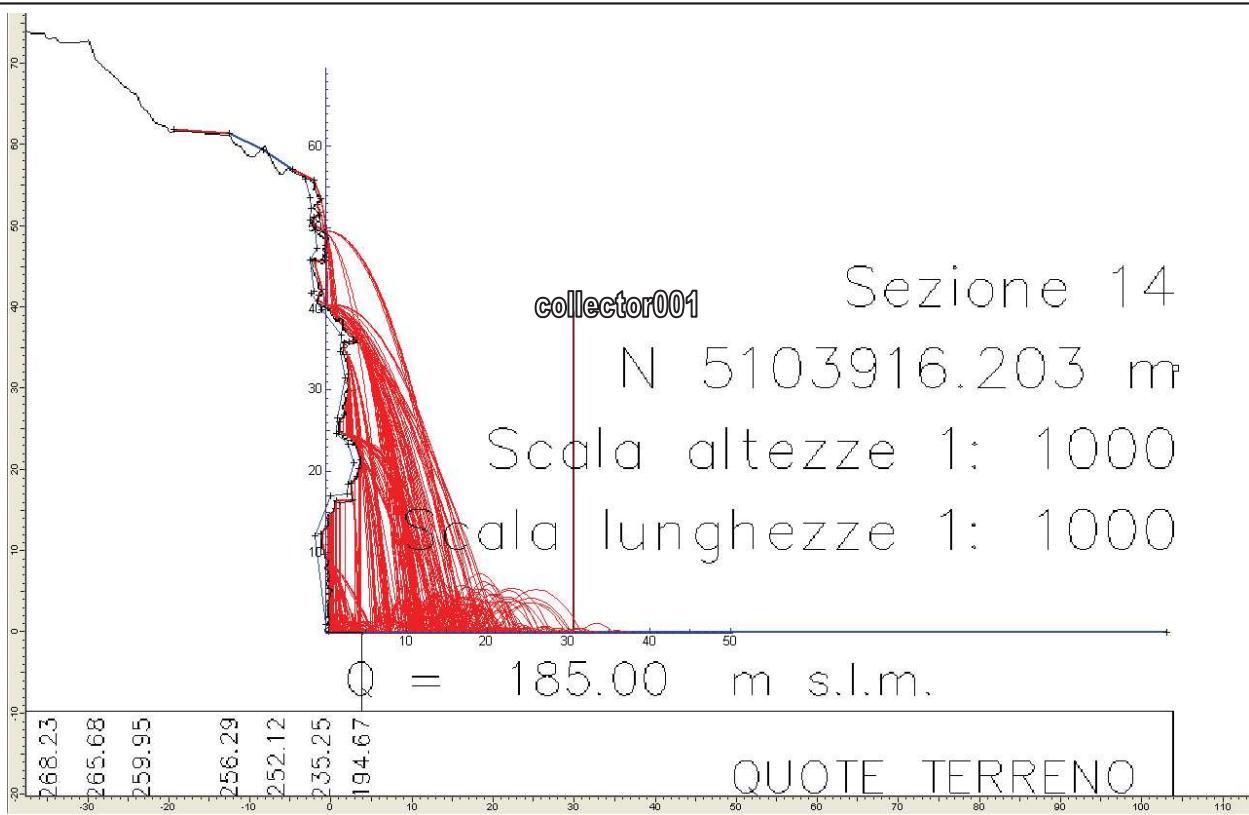
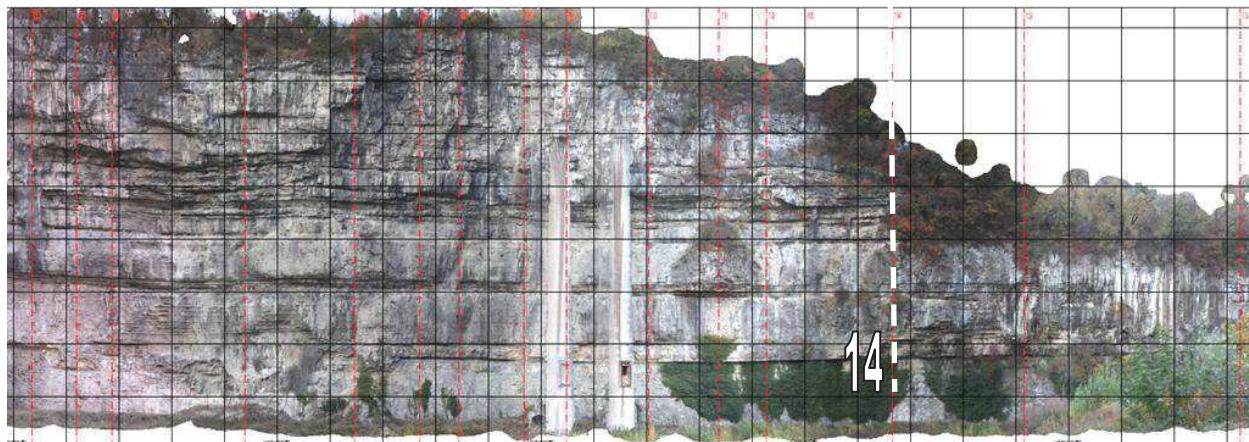
Sezione 13: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento**

SEZIONE N°: 14 - UBICAZIONE SU FOTO



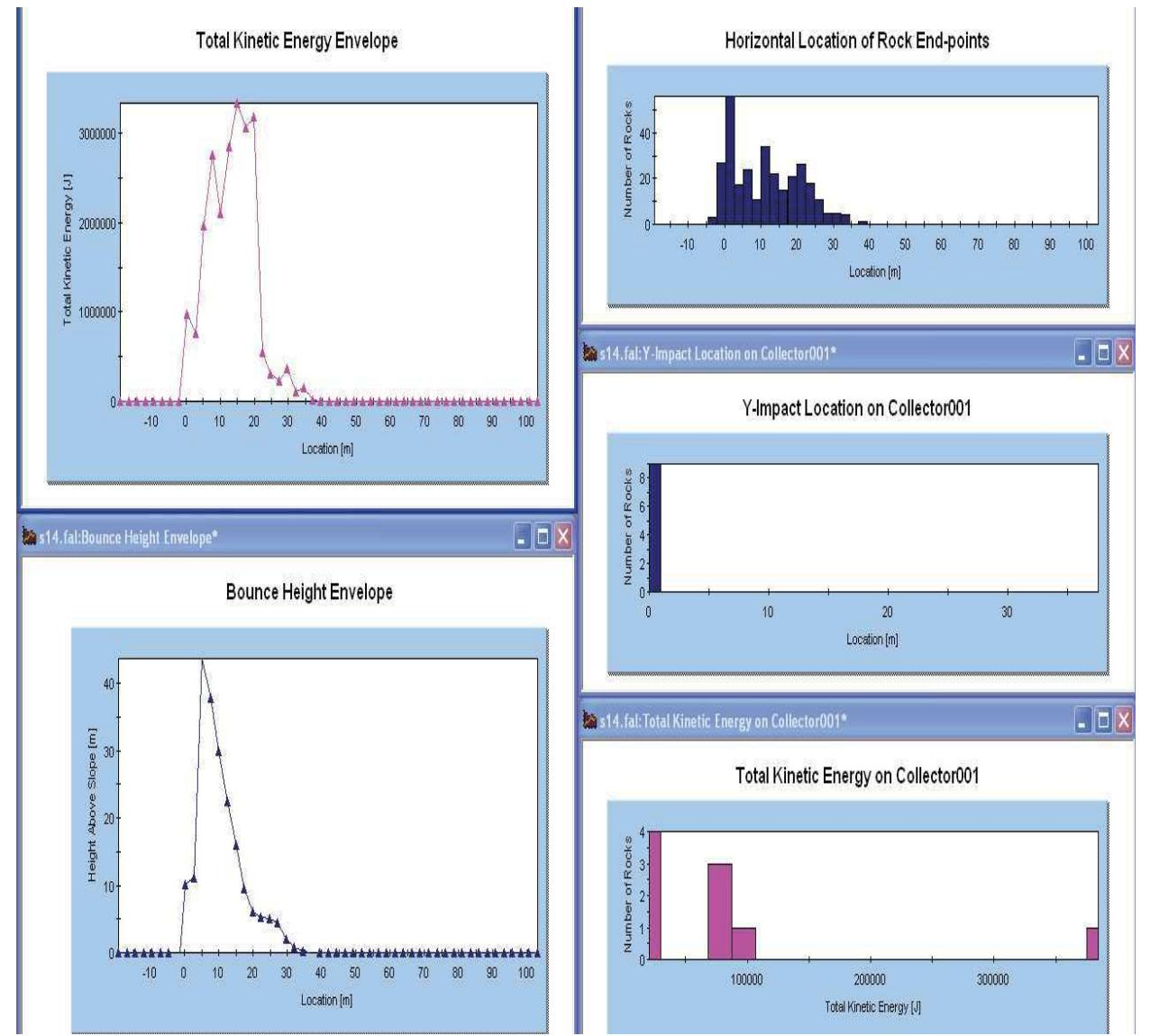
Modello numerico della sezione 14 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 3 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

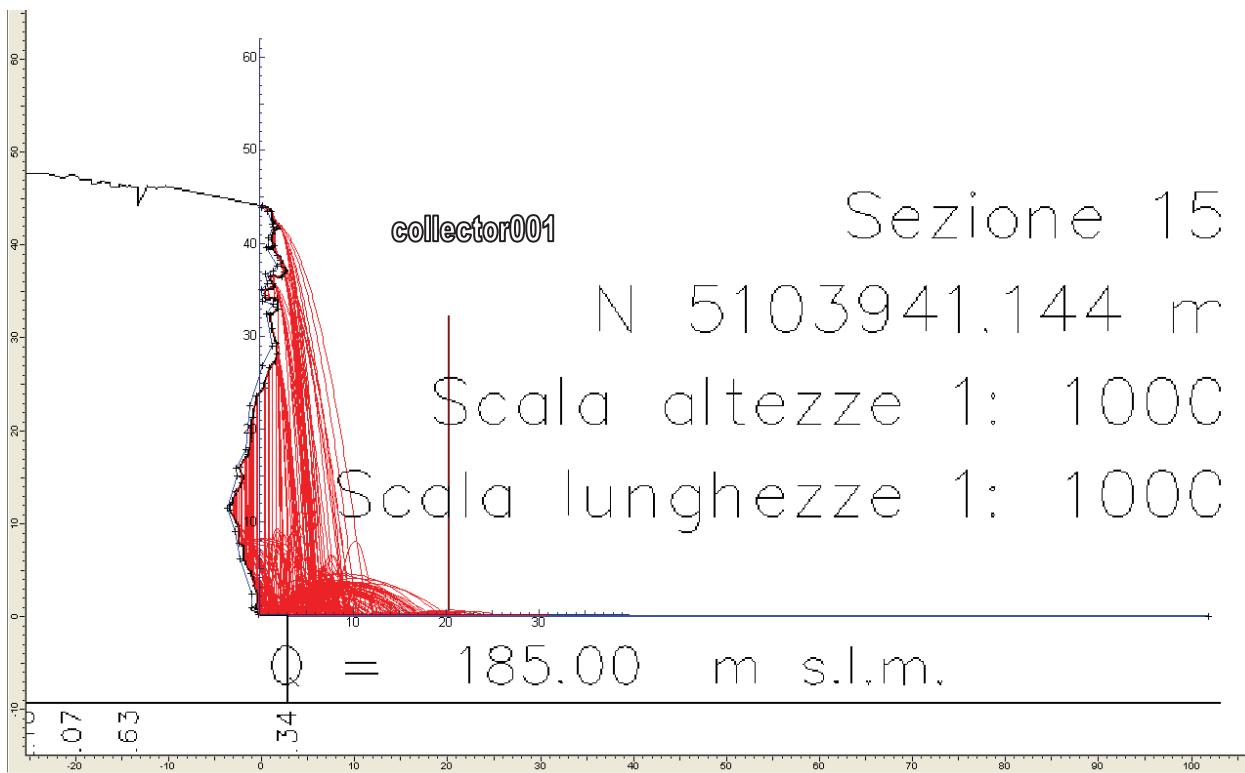
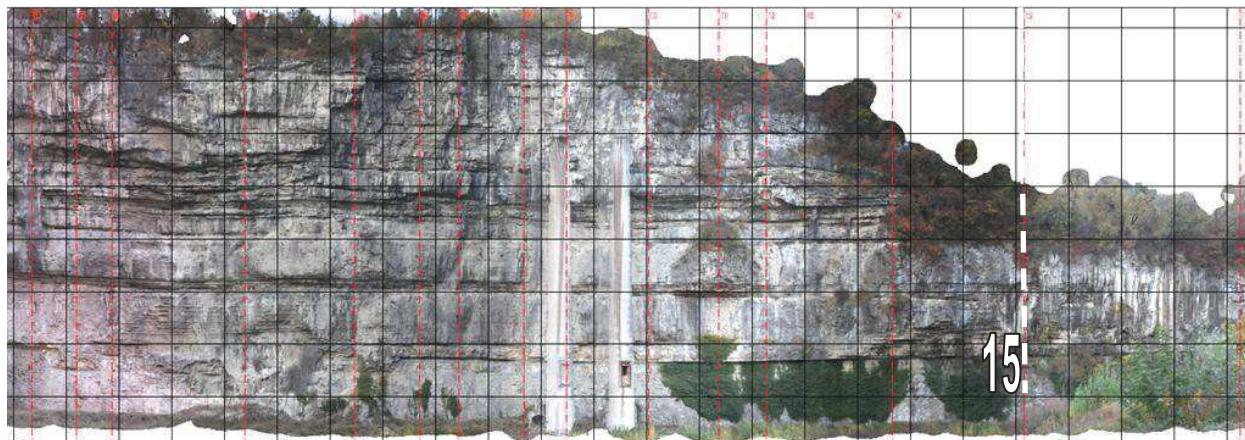
SEZIONE N°: 14 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 14: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:15 - UBICAZIONE SU FOTO**

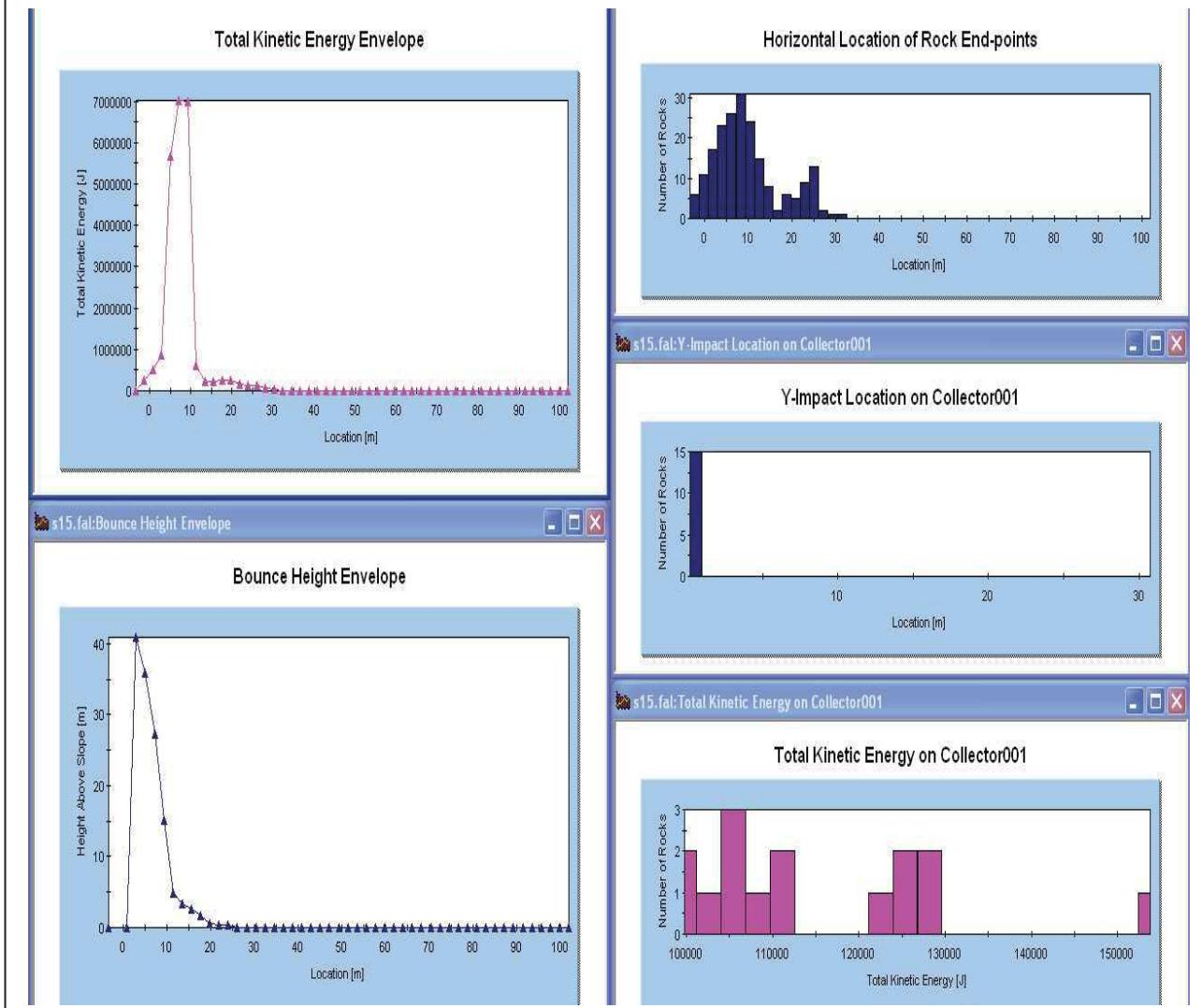
Modello numerico della sezione 15 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 8 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°: 15 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



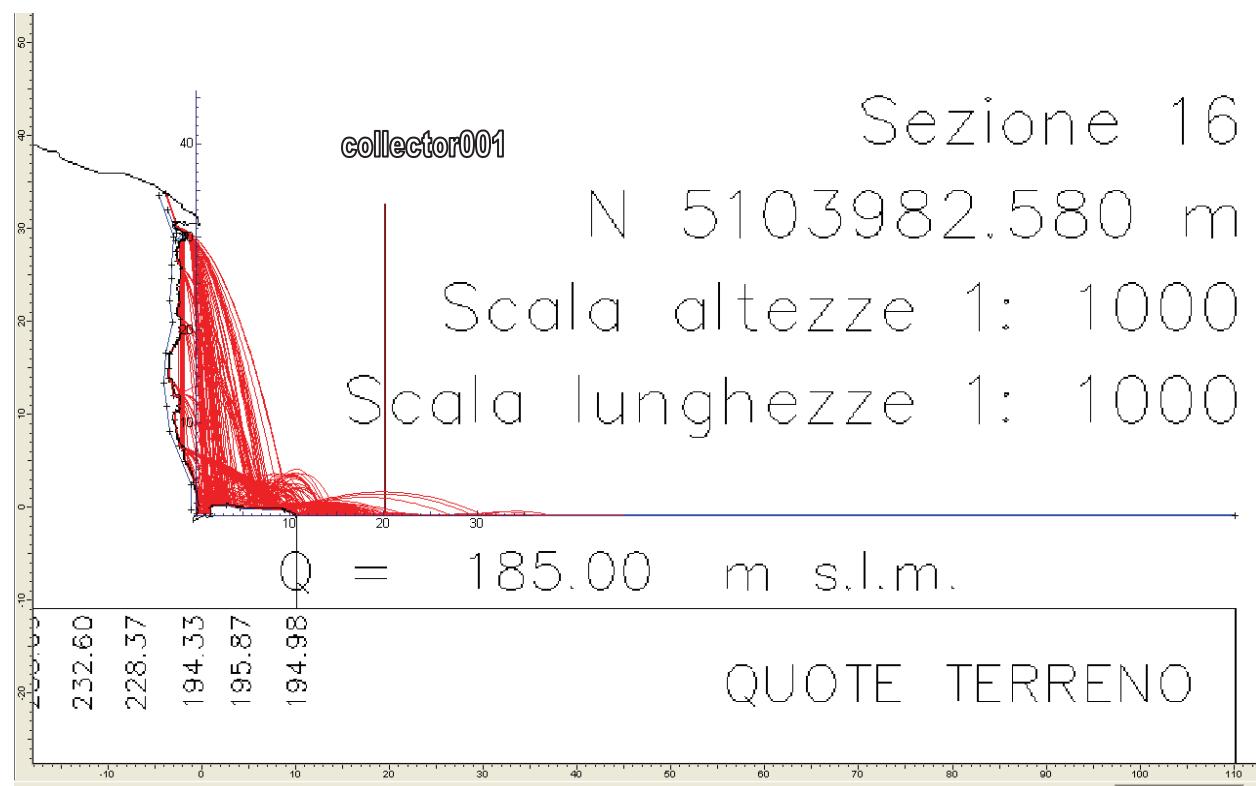
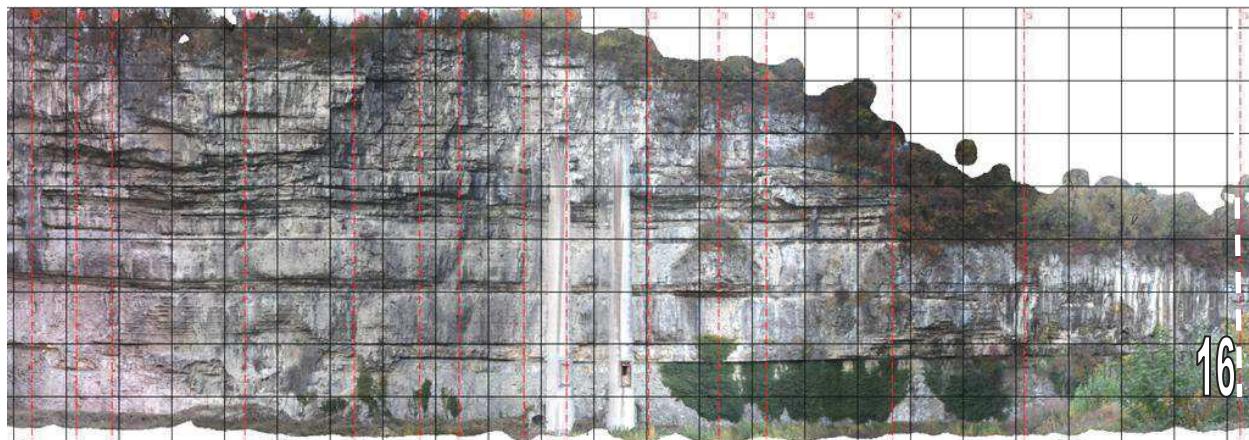
Sezione 15: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento**

SEZIONE N°: 16 - UBICAZIONE SU FOTO



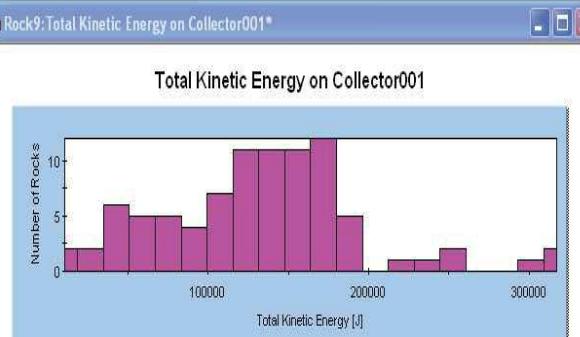
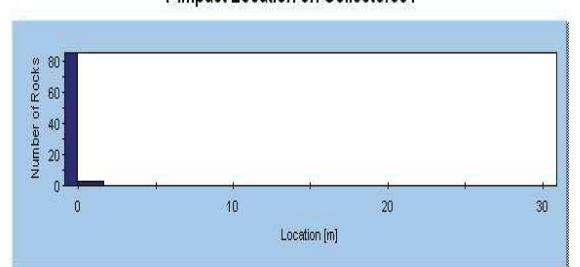
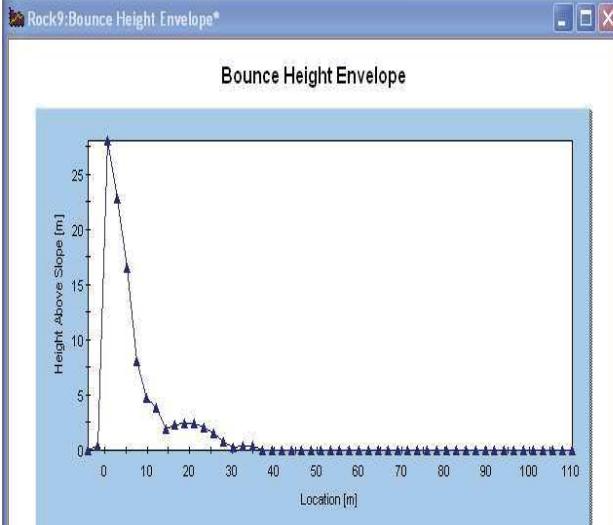
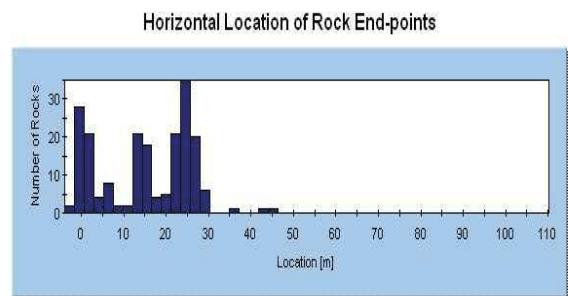
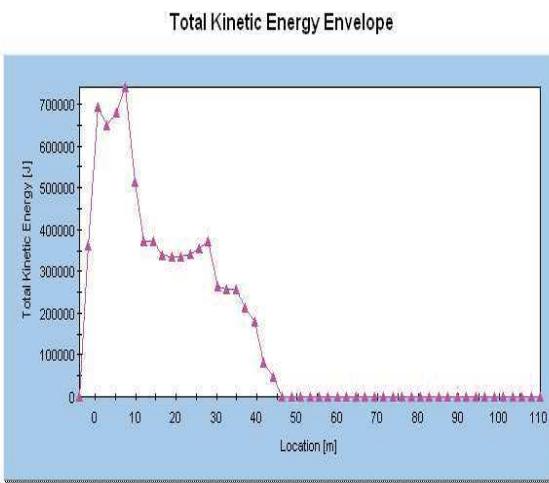
Modello numerico della sezione 16 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume compreso fra 1 – 1.5 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 30 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°: 16 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 16: i grafici a sinistra indicano l'andamento dell'energia cinetica totale (J) e dell'altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza dal piede della parete.

A destra (alto) si riporta un grafico che indica la posizione di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede.

A destra (centro e basso) sono rispettivamente le altezze di impatto (Y in m) e l'energia cinetica totale (J) dei massi che attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza ed energia).



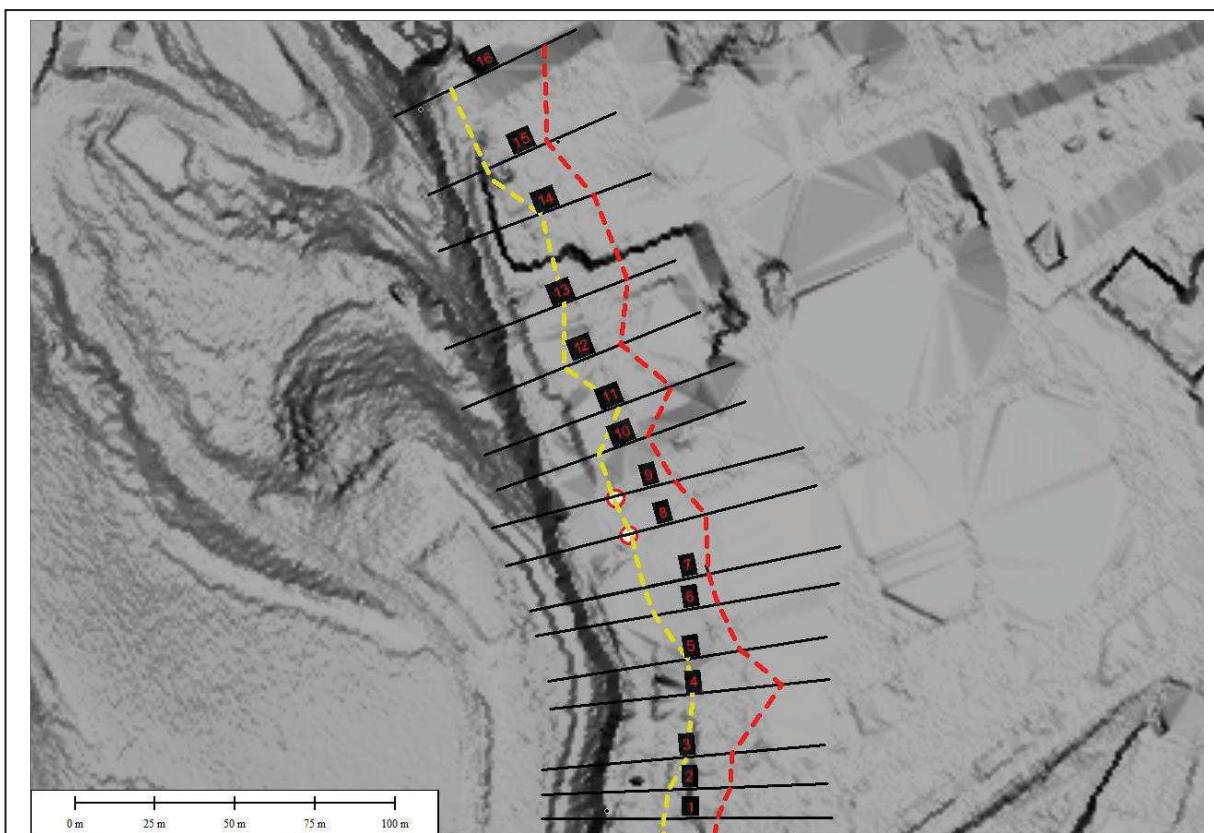
Le traiettorie dei massi coinvolgono una fascia di terreno maggiore nella parte centrale e meridionale della parete, zona in cui maggiori sono gli aggetti e maggiore è anche l'altezza della parete. Molto più limitata è la fascia di territorio coinvolta dai crolli nel settore settentrionale, zona in cui la parete è praticamente verticale (quindi i crolli hanno scarsa componente traslativa) e di altezza inferiore (anche meno della metà) rispetto agli altri settori.

Un commento particolare va dedicato alle verifiche lungo le sezioni 8 e 9, che sono state tracciate ortogonalmente alla parete fino ad intersecare rispettivamente la ciminiera S e la ciminiera N: sulla fotografia di ubicazione con le proiezioni delle sezioni, quelle 8 e 9 appaiono spostate rispetto alle ciminiere per l'effetto prospettico di parallasse.

Per la ciminiera S (sezione 8), posta a circa 18 m dalla base della parete, le traiettorie dei massi che incontrano gli aggetti presenti nella parte alta della parete mostrano rimbalzi ed impatti direttamente a volo libero sulla ciminiera anche senza prima toccare la base della parete. L'altezza di impatto dei massi arriva fino a 10 m da terra e le energie in gioco arrivano ai 6.000 kJ.

Per la ciminiera N (sezione 9), posta a circa 16.5 m dalla base della parete, le traiettorie dei massi che incontrano gli aggetti presenti nella parte alta della parete mostrano rimbalzi ed impatti direttamente a volo libero sulla ciminiera anche senza prima toccare la base della parete. L'altezza di impatto arriva fino a 15 m da terra e le energie in gioco arrivano ai 5.500 kJ.

A seguire si indica, su base Lidar, una sintesi planimetrica dei risultati delle simulazioni di crollo lungo le varie sezioni: in giallo è delimitato la fascia di territorio interessata dagli impatti dei massi a volo libero, mentre in rosso è la fascia interessata dall'arresto dei massi che, dopo aver toccato terra, rimbalzano e rotolano sul piazzale fino a fermarsi.



Su sfondo Lidar sono schematicamente indicate le sezioni di cui alle verifiche di rotolamento dell'Allegato 2, con i relativi numeri. Inoltre si indica:
Giallo: fascia interessata dagli impatti da volo libero dalla parete,
Rosso: fascia interessata dagli arresti dei massi rotolanti e/o rimbalzanti.



7. CONCLUSIONI

Si è studiata, per conto di Patrimonio del Trentino, la pericolosità geologica relativa alla parete rocciosa ex Italcementi a Trento: inizialmente si sono eseguite, oltre alla raccolta di materiale di interesse, delle indagini e valutazioni sul territorio vasto: si sono poi eseguiti studi specifici sulla parete, anche mediante ispezioni e calate.

I dati dei rilevamenti sono poi stati riversati su una base fotogrammetrica di dettaglio appositamente elaborata e che è stata messa a disposizione dalla Committenza.

Sia dal punto di vista normativo e sia in base a quanto rilevato, è risultato che la parete rocciosa ed il piazzale sottostante, comprese le ciminiere ex – Italcementi, sono aree effettivamente soggette a pericolosità per crollo.

Le verifiche numeriche di stabilità e le simulazioni delle traiettorie di rotolamento e crollo hanno dimostrato che la pericolosità non è costituita dall'arrivo di massi dalla soprastante falesia di Sardagna né dal collasso dell'intera parete, considerata come un continuo equivalente.

La pericolosità effettiva, di cui si è fornita evidenza sia in base alle ispezioni in parete e sia in base alle modellazioni numeriche, è quella che deriva dai crolli di massi la cui sorgente di innesco è posta sulla parete stessa.

I massi distaccatisi dalla parete possono impattare sugli stessi aggetti della parete od anche arrivare a volo libero fino alla base della parete: in dipendenza delle traiettorie d'urto, tali massi – e le proiezioni derivanti dalla frantumazione dei massi durante gli impatti -, si possono espandere sul piazzale sottostante per una fascia di larghezza mediamente pari a circa 30 metri dal piede della parete ma che in certe posizioni arriva anche a superare i 40 m.

Si presenta ora una breve discussione a commento del confronto fra le conclusioni del presente studio e la situazione normativa geologico – urbanistica: l'estensione della fascia di terreno coinvolta dai crolli trova infatti una buona corrispondenza nella posizione della linea che delimita, sulla Carta di Sintesi Geologica del PUP, l'estensione della fascia ad "elevata pericolosità".



Nelle simulazioni si è posta la posizione della sezione di controllo "collector001" a 30 m di distanza dal piede della parete proprio in ragione della buona corrispondenza di tale distanza con il limite ad "elevata pericolosità" riportato nella Carta di Sintesi Geologica CSG.

La disciplina delle Norme di Attuazione per tali aree riportano (stralcio):

**AREE AD ELEVATA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA, IDROLOGICA E VALANGHIVA**

In tali aree, per i particolari caratteri geologici, nivologici e idrologici del suolo o del manto nevoso, ogni intervento può essere causa di gravi danni, o comunque è soggetto ad un alto grado di pericolosità.

In questa classe ricadono le aree caratterizzate da fenomeni gravi e/o di vasta estensione; eventuali opere sistematorie potranno sicuramente ridurre il pericolo per l'edificato esistente ma non potranno garantire la sicurezza di nuovi insediamenti.

Nelle aree predette non sono ammesse trasformazioni urbanistiche o edilizie; è permesso eseguire solo opere inerenti la difesa ed il consolidamento del suolo o del sottosuolo.

Come visibile dalle varie schede e dalla figura riassuntiva, il risultato delle simulazioni conferma che entro la distanza di 30 m dal piede della parete i massi che si staccano determinano impatti anche da traiettorie direttamente in volo libero dalla parete (linea gialla), non ancora rimbalzati sul suolo.

Si noti anche, sulle schede, che entro la fascia ad "elevata pericolosità" della CSG si arresta la grande maggioranza dei massi anche impattati e poi rimbalzati sul piazzale.

A distanza superiore arriva solamente una percentuale ridotta di massi e comunque solo con traiettoria da rotolamento più che da rimbalzo: si tratta di traiettorie, a differenza delle precedenti a volo libero, più facilmente intercettabili con opere di contenimento relativamente di dimensioni contenute.

Si ricorda anche che, allontanandosi dalla parete, il territorio rimane, sempre nella Carta di Sintesi Geologica, gravato da pericolosità "gravi o medie": significa che in tale area permane una pericolosità geologica, anche se di grado inferiore, ma che tale pericolosità è contrastabile con specifici interventi.

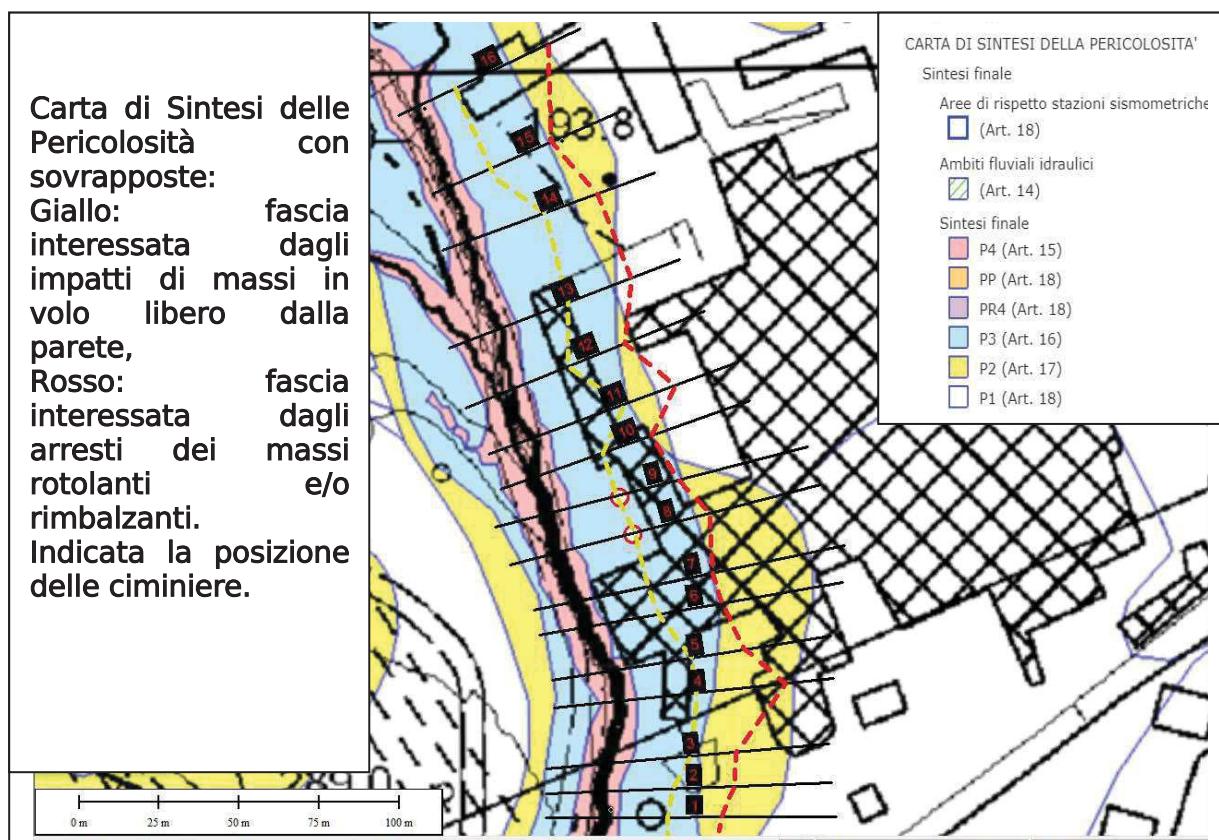
La disciplina delle Norme di Attuazione CSG per tali aree riportano infatti (stralcio):

area con penalità gravi o medie: area in cui gli aspetti litologici, morfologici idrogeologici e di allagamento richiedono l'esecuzione di studi ed indagini geologici e geotecnici approfonditi per ogni tipo di intervento, estesi alla possibile area di influenza delle opere in progetto.

In conclusione a questa discussione sulla CSG rispetto agli esiti delle simulazioni si può affermare che l'estensione della fascia definita a "elevata pericolosità" trova piena corrispondenza e giustificazione tecnica rispetto alle conclusioni del presente elaborato.

Ancora riferendosi alle posizioni di arresto delle traiettorie dei massi ottenute dalle simulazioni, si nota anche una miglior concordanza rispetto alle indicazioni della "Carta di Sintesi delle Pericolosità".

Sebbene questo nuovo strumento urbanistico non sia ancora in vigore (adozione preliminare), esso contiene degli importanti aggiornamenti cartografici, derivanti anche dai migliori sistemi di modellazione e verifica dei fenomeni di crollo e rotolamento dei massi.



Si vede che la posizione di arresto dei massi derivanti dalle simulazioni ben si accordano con i limiti delle aree di pericolosità: solo lungo la sezione 11, caratterizzata da una cengia molto pronunciata (verosimilmente con sporgenza enfatizzata nel rilievo a disposizione) si nota una lievissima discrepanza.

Prescindendo ora dal confronto con gli strumenti normativi in vigore e/o di futura adozione, è interessante ricordare che le schede di simulazione delle cadute (Allegato 2) riportano le dettagliate caratteristiche cinematiche delle traiettorie dei massi (energia ed altezze).

Questi elementi consentono la valutazione relativa all'appropriato utilizzo, o meglio non utilizzo, della fascia di suolo interessata dai crolli.

Al momento, allo scrivente risulta che vi sono due fasi con diversi tipi di previsioni d'uso relative alla fascia basale di territorio sottostante alla parete:

- interventi di bonifica ambientale,
- futuro utilizzo urbanistico.

Relativamente al primo tipo di previsione, si presentano a seguire gli elementi necessari per programmare gli interventi di bonifica ambientale tenendo in considerazione la riconosciuta pericolosità da crollo.

La bonifica prevista consiste nella messa a dimora di uno strato di materiale di copertura (capping) di spessore attorno a 1 – 1.5 m praticamente su tutta l'area del piazzale: le operazioni prevedono movimentazioni eseguite esclusivamente mediante attività di mezzi d'opera, escludendo attività extraveicolari di operatori a piedi.

Le attività propedeutiche necessarie alla bonifica, con riferimento alla problematica della pericolosità geologica da caduta massi, sono così definibili:



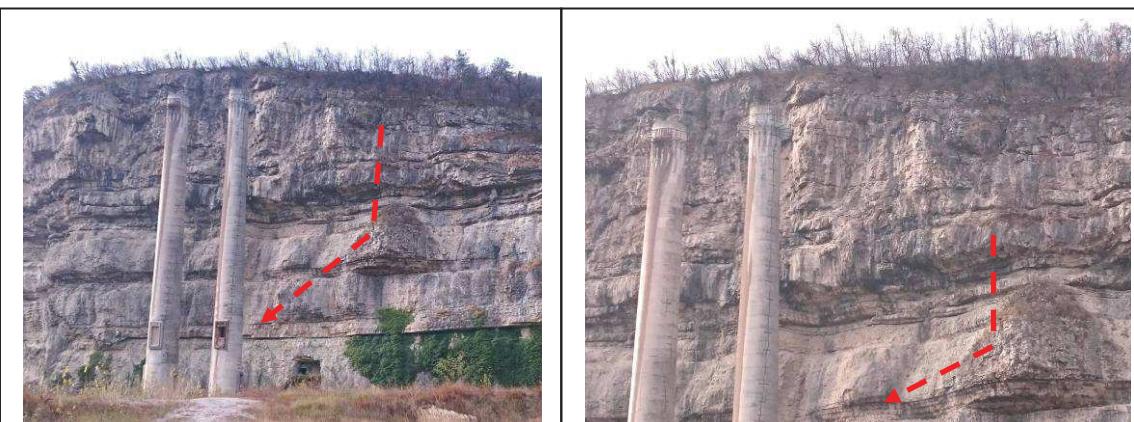
- eseguire un disgaggio esteso a tutta la parete, rimuovendo le situazioni che presentano evidenza di maggior criticità ed instabilità,

- in corrispondenza del tratto di parete retrostante alle ciminiere, per evitare che il disgaggio possa provocare potenziali distacchi e conseguenti impatti e danni alle stesse, si potrà preliminarmente stendere sulla parete una fascia di teli di rete metallica lasciati aperti verso il basso. La funzione di questa rete è quella di impedire i rimbalzi del materiale disgaggiato verso le ciminiere.

La base delle ciminiere andrà comunque difesa mediante barriera rigida, provvisionale o definitiva, per evitare che durante i lavori di posa della rete prima e dei disgaggi poi, si possano innescare crolli ed impatti di massi verso la base delle ciminiere. Al riguardo si noti che in Allegato 2 sono riportate le simulazioni della caduta massi delle sezioni 8 e 9 sia allo stato attuale e sia simulando che la parte alta della parete non sia più sorgente di crollo, come nel caso di posa di rete in aderenza sulla parte alta della parete stessa. Si vede come le traiettorie dei massi non possano più, in questo caso, arrivare a colpire direttamente a volo libero le ciminiere ma come lo possano fare solo dopo l'impatto al suolo ed il successivo rotolamento.

Ovviamente, qualora si decidesse di rivestire completamente la parete a tergo delle ciminiere fino alla base, allora si otterrebbe la completa protezione dalla caduta dei massi.

Si faccia anche attenzione alla presenza, in corrispondenza della sezione 11, di un'importante sporgenza a forma di semi – piramide tetraedrica. I massi che dovessero crollare dalla parte alta della parete (anche a seguito di disgaggio) – vedasi ad esempio scheda di instabilità n° 25 - su tale aggetto possono, nel caso colpiscono la faccia rivolta a Sud della piramide, essere deviati proprio verso la ciminiera Nord. Per tale motivo, la posa della rete precedentemente menzionata per inibire le cadute di massi dalla parte alta della parete va estesa fino a mettere in sicurezza anche tale elemento aggettante.



La presenza di un particolare aggetto a forma piramidale può causare la deviazione della traiettoria dei massi che dovessero cadere dalla parete soprastante verso la ciminiera Nord.

- realizzare, sul perimetro dell'area ad elevata pericolosità geologica della Carta di Sintesi Geologica e comunque ad una distanza di 30 m dalla base della parete, un cordone provvisoriale - tomo - utilizzando il materiale che dovrà essere successivamente steso a bonifica. Si abbia cura che si tratti di materiale a pezzatura fine, avente cioè comportamento idoneo ad assorbire eventuali impatti di massi piuttosto che a favorirne il rimbalzo. Si abbia anche cura di modellare il lato del cordone verso la parete secondo scarpate il più ripide possibile rispetto alle caratteristiche geotecniche a breve periodo del materiale stesso: ciò per favorire gli



impatti anelastici sulla facciata del tomo piuttosto che lo scavalcamento del tomo stesso da parte di eventuali massi rotolanti.

- le operazioni di movimentazione del materiale di bonifica vanno sospese qualora la situazione meteorologica sia tale che in parete vi possano essere fenomeni di gelo – disgelo ed anche in modo di evitare i periodi piovosi e le giornate immediatamente successive alle piogge.

- a questo punto, utilizzando delle sole macchine operatrici a cabina blindata e dotate di braccio operatore di lunghezza adeguata, oltre che dotate di dispositivi ROP (Roll Over Protection – antiribaltamento), si potrà procedere allo spianamento verso la parete del cordone in terra, che andrà a formare lo strato del materiale di bonifica. Questa operazione dovrà avvenire per settori di ampiezza limitata ed operando dall'esterno verso la parete, in modo che il mezzo operatore sia protetto dal rotolamento di eventuali massi non solo dalla benna/braccio che spinge il materiale, ma anche dalla presenza dello stesso materiale a grana fine, che favorisce l'arresto delle traiettorie, assorbendo anelasticamente l'energia cinetica.

Circa la sistemazione definitiva della parete in vista di un possibile utilizzo urbanistico, il contrasto alla pericolosità geologica da crollo dovrà trovare un giusto equilibrio fra l'onerosità degli interventi di protezione rispetto all'estensione e destinazione d'uso della fascia sottostante alla parete.

Vi sono due estremi possibili:

- nessun intervento di protezione, con conseguente interdizione di una fascia di territorio basale molto vasta,

- interventi massicci ed onerosi per minimizzare la pericolosità e quindi utilizzare quanto più territorio possibile.

Quale che sia la decisione tecnico - urbanistica finale al riguardo, gli interventi per ridurre la pericolosità geologica da crollo possono essere suddivisi in due tipologie:

- interventi attivi, per prevenire il distacco dei massi,

- interventi passivi, per contenere o limitare gli effetti dei crolli.

In dipendenza della distanza (e tipologia) degli insediamenti urbanistici dalla parete, si dovranno quindi adottare interventi attivi e/o passivi più o meno sistematici.

Si possono già avanzare delle ipotesi circa le più idonee tipologie relative a tali interventi, come di seguito specificato.

Interventi attivi:

- disgaggio “pesante”, cioè con rimozione anche di singoli massi di dimensioni ben superiori al metro cubo e/o di intere plaghe fratturate,

- stesura di reti in aderenza del tipo Maccaferri a doppia torsione, rinforzate da funi incrociate,



- in punti particolari si potrà intervenire con posa di pannelli di rete con maglia a fune e con il rinforzo del piede dei volumi maggiori mediante travi (metalliche o gettate in opera) e chiodature del tipo barre Dywidag,

Interventi passivi:

- rimodellare il piede della parete con posa, ad esempio, di limo avente funzione di materasso assorbente gli impatti.

Circa il rimodellamento del piede della parete si ricorda che nel settore N della stessa, qui alta meno della metà rispetto alla zona centro meridionale, esiste una sorta di canale in cls. che si è dimostrato molto valido nel proteggere il piazzale dai crolli.



Settore N: alla base della parete, qui però alta solamente 30 m circa, esiste un vallo che si è dimostrato efficace (presenza di massi arrestatisi entro al vallo) nella protezione del piazzale dai crolli.

- esaminando le traiettorie di crollo sulle simulazioni riportate, si vede che un'opera simile (vallo), opportunamente dislocata e dimensionata, potrebbe avere una grande efficacia anche in corrispondenza del settore di maggior altezza della parete stessa.

- realizzare un opera perimetrale interposta fra la parete ed il piazzale per contenere lo spandimento dei massi che comunque potranno staccarsi dalla parete: tale opera potrebbe anche essere costituita da un vallo-tomo e/o da una barriera elastica del tipo paramassi, magari variamente integrate fra loro.

La funzione di questo ulteriore presidio è di difendere il piazzale contrastando anche le cosiddette proiezioni.

Infatti i massi che si distaccano dalla parete, sia a seguito degli impatti e/o sia a seguito dei rotolamenti successivi, sono sempre soggetti a frantumazione, generando appunto degli sciami di proiezioni di frammenti rocciosi.

Tali proiezioni sono spesso caratterizzate, per i fenomeni di conservazione della quantità di moto, da piccola massa ed elevata velocità.

Posizione, altezza, tipologia ed inserimento ambientale di tali opere andranno definite in dipendenza, fra le altre cose, della maggior o minor estensione degli interventi attivi in parete e dalla destinazione urbanistica del piazzale.



In conclusione, riferendosi agli interventi di contrasto della riconosciuta pericolosità geologica da caduta massi, è ragionevole ritenere che l'approccio migliore consista nell'adottare delle soluzioni di tipo misto, in modo di ottimizzare il rapporto fra costi e benefici.

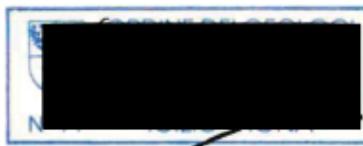
Riferendosi alla sistemazione definitiva, successiva a quella transitoria necessaria per la bonifica ambientale, si ritiene che:

- le opere riferibili agli interventi attivi (disgaggi, reti, chiodature) andranno estese a tutta la parte alta della parete, comprendendo quindi le rocce appartenenti alla Formazione dei Calcaro di Nago. E' questo il settore di parete ove sono state individuate le instabilità di maggior volumetria. Inoltre sono proprio i distacchi da questo settore superiore della parete che generano le traiettorie di crollo dei massi aventi più spiccata componente traslativa, tali quindi da risultare maggiormente invasive del territorio sottostante.

- le opere riferibili agli interventi passivi (opere di contenimento dello spandimento dei massi al piede della parete) potranno essere dislocate, qualora si siano adottati i citati interventi attivi, più vicine al piede della parete ed anche avere dimensioni di ingombro contenute, entrambe circostanze che contribuiscono a non dover pregiudicare la fruizione di un'ampia fascia del piazzale basale.

San Cristoforo, gennaio 2018

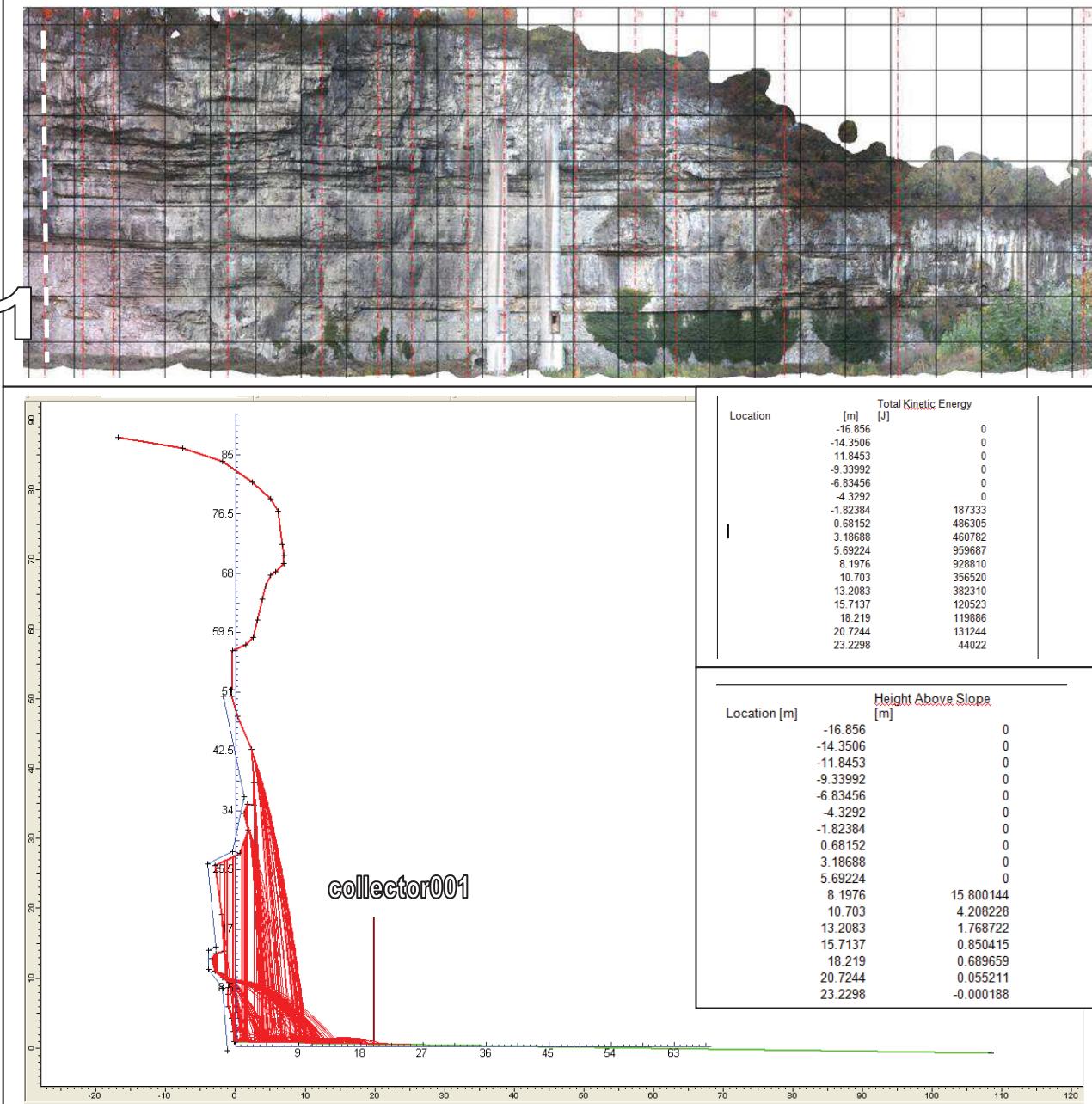
Studio Geologico Associato GeoAlp
dott. geol. Icilio Vigna



Allegato 2

(al Piano Guida in variante al PRG area Destra Adige – Piedicastello (area ex – Ital cementi e limitrofe) in C.C. di Trento)

L'Allegato 2 allo Studio di Compatibilità è costituito dall'elaborato dal titolo:
Verifiche numeriche sulle caratteristiche delle traiettorie di crollo dei massi dalla parete rocciosa (24 pagine)

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:1 - UBICAZIONE SU FOTO**

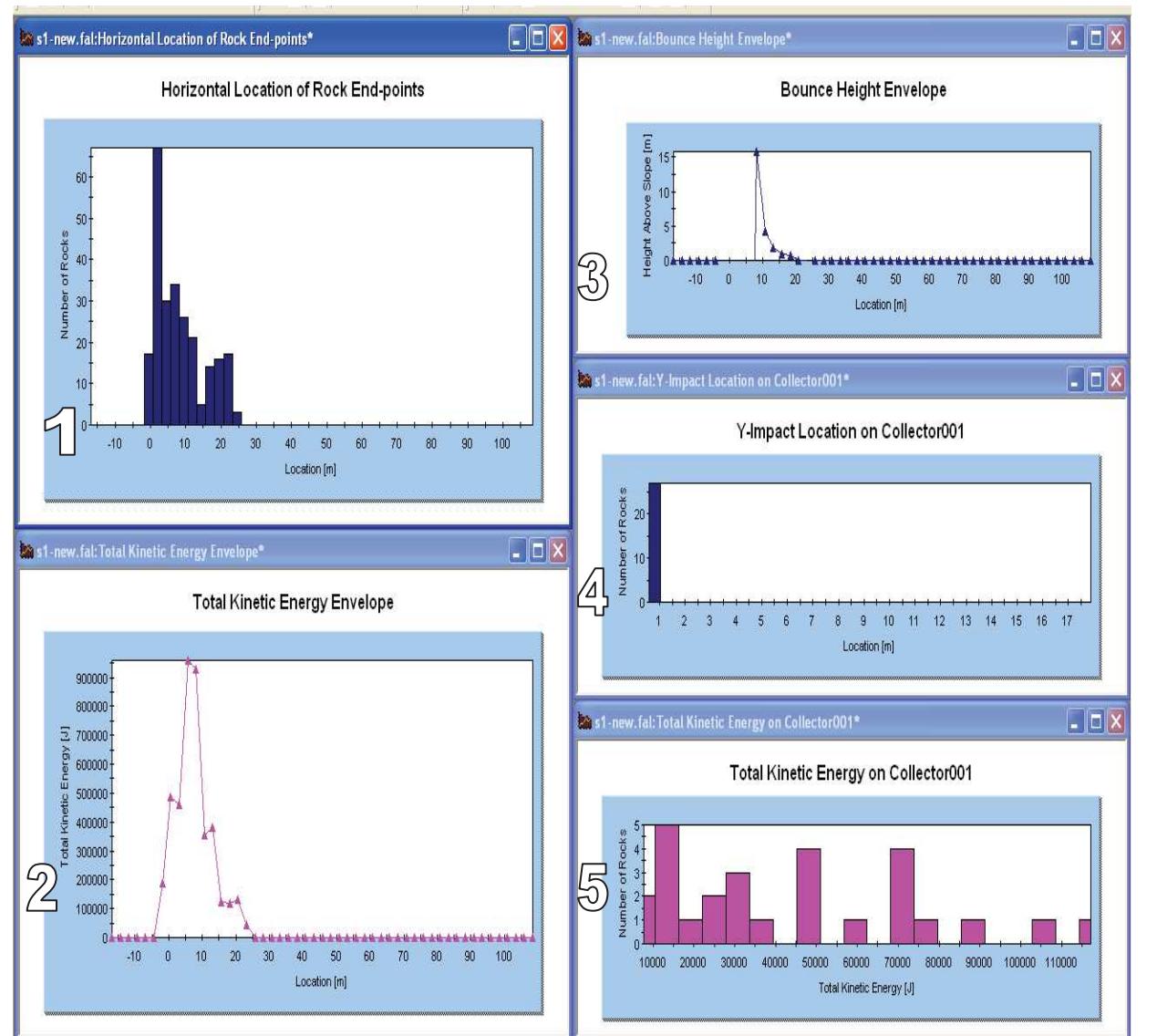
Modello numerico della sezione 1 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Ital cementi a Trento

SEZIONE N°: 1 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 1:

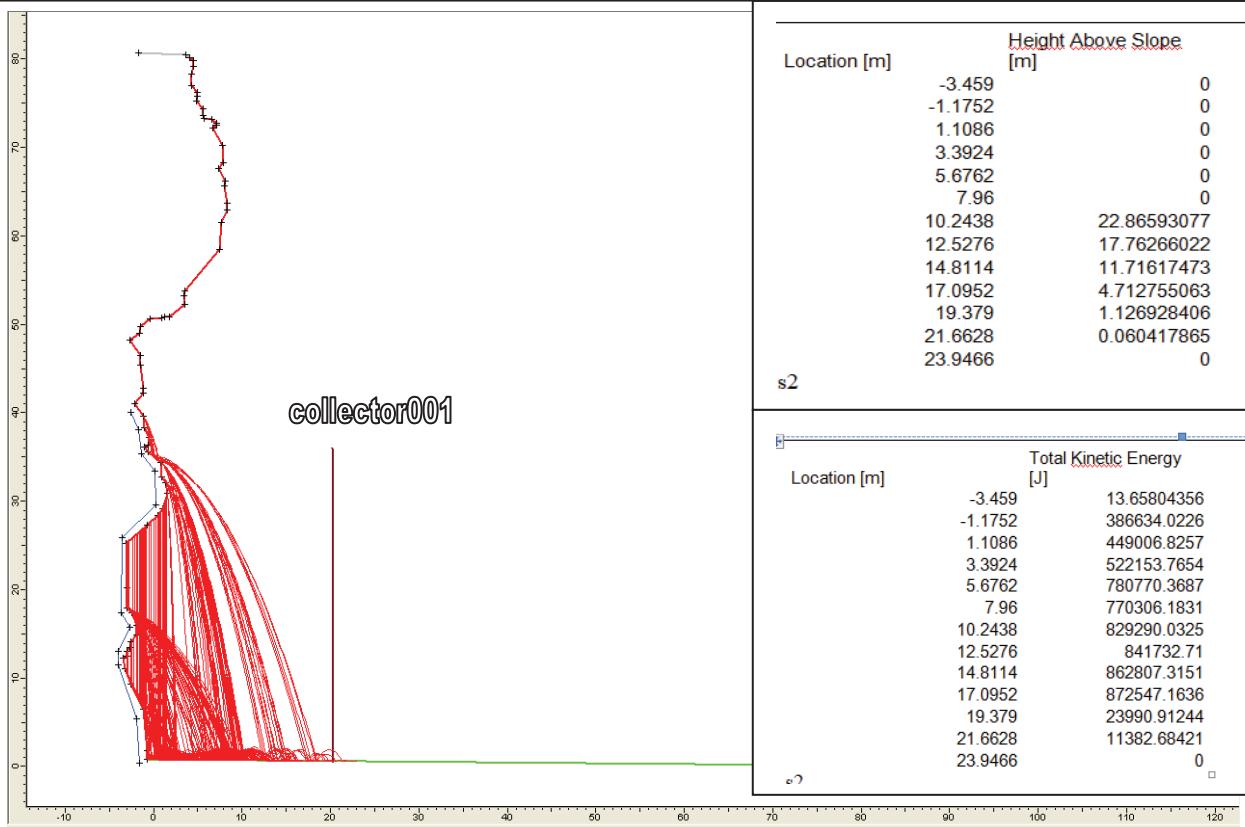
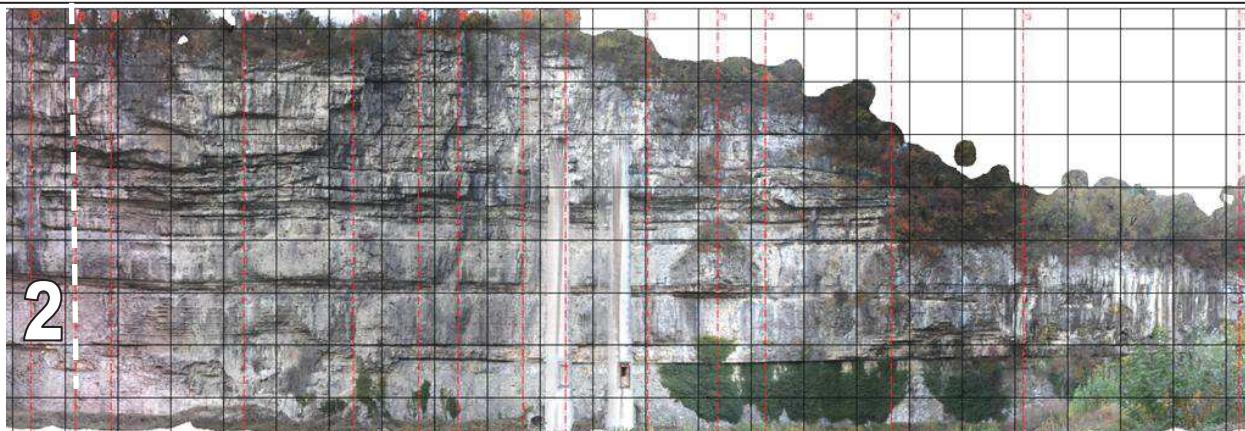
1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:2 - UBICAZIONE SU FOTO**

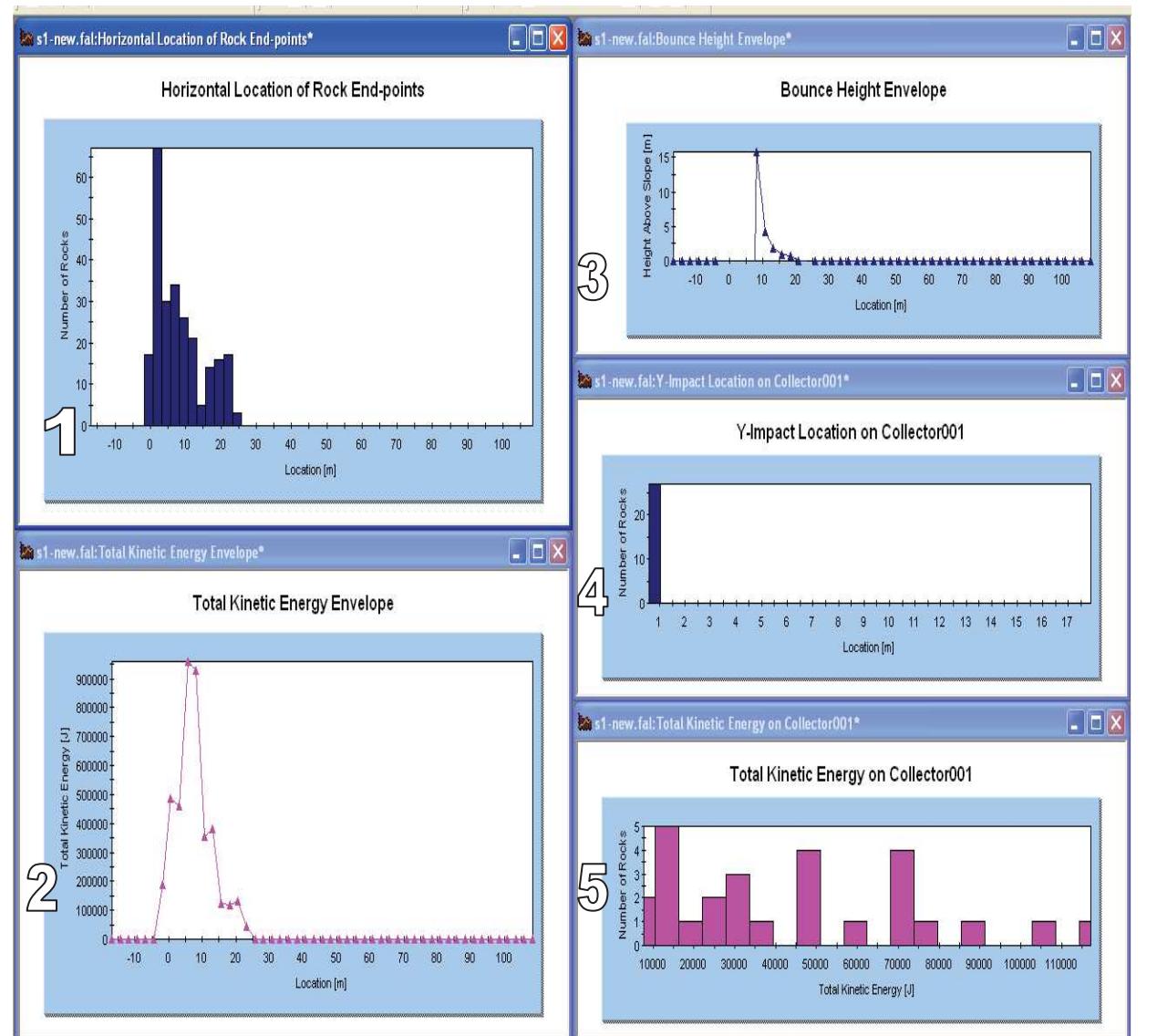
Modello numerico della sezione 2 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Ital cementi a Trento

SEZIONE N°: 2 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 2:

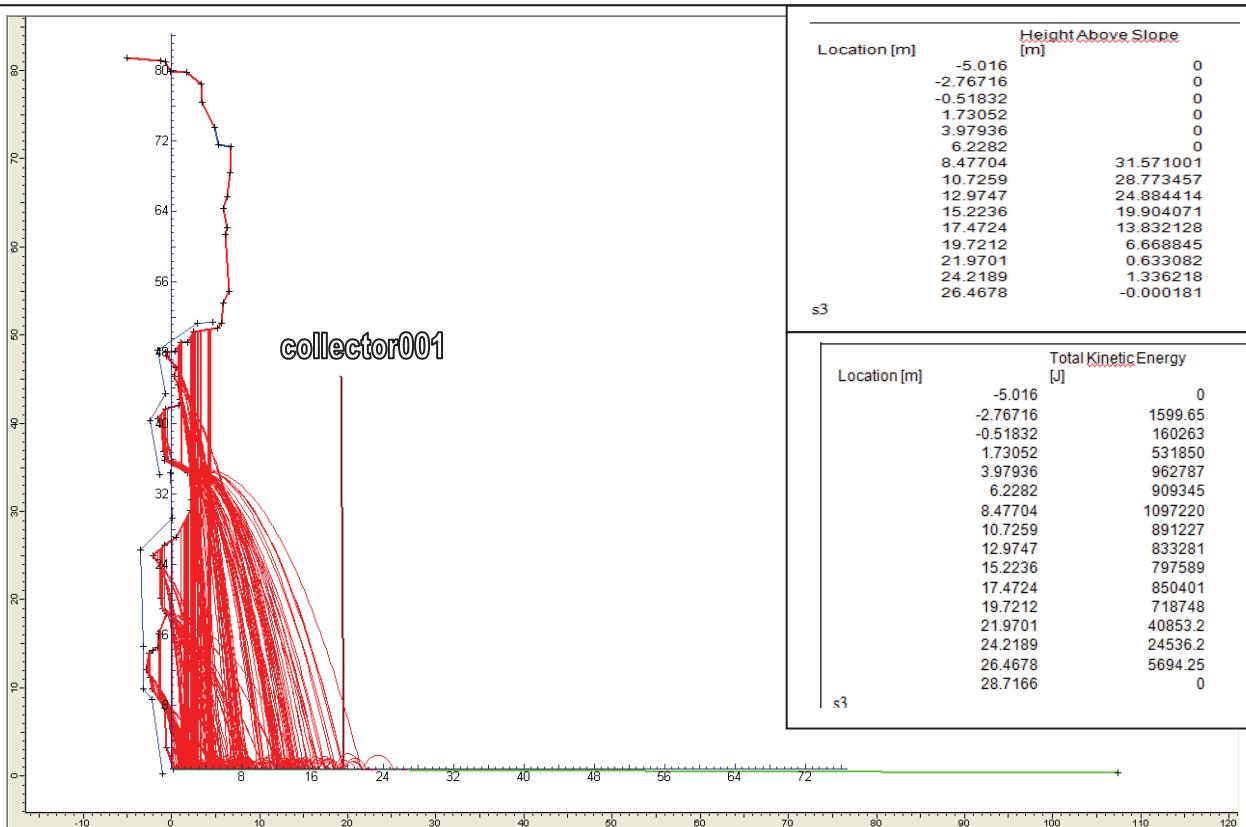
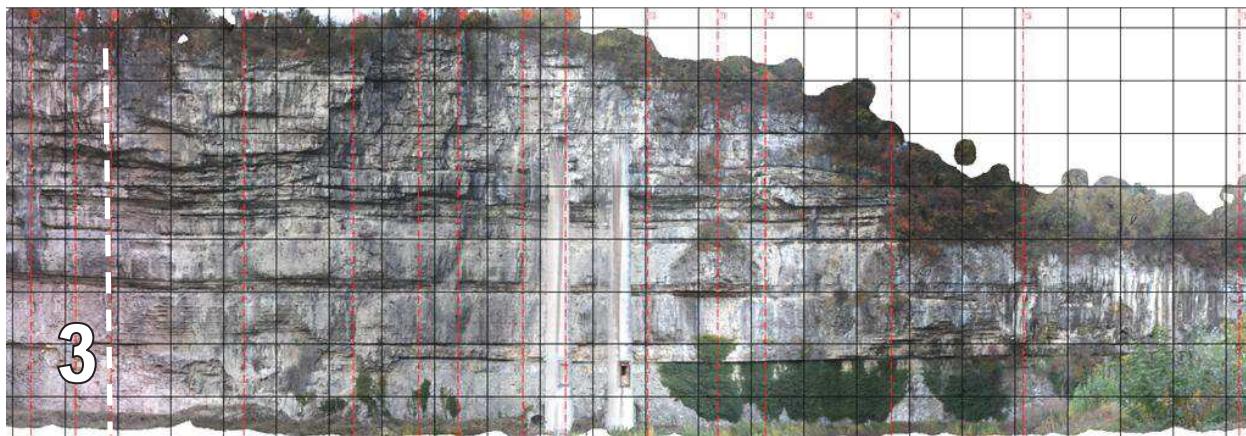
1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°: 3 - UBICAZIONE SU FOTO**

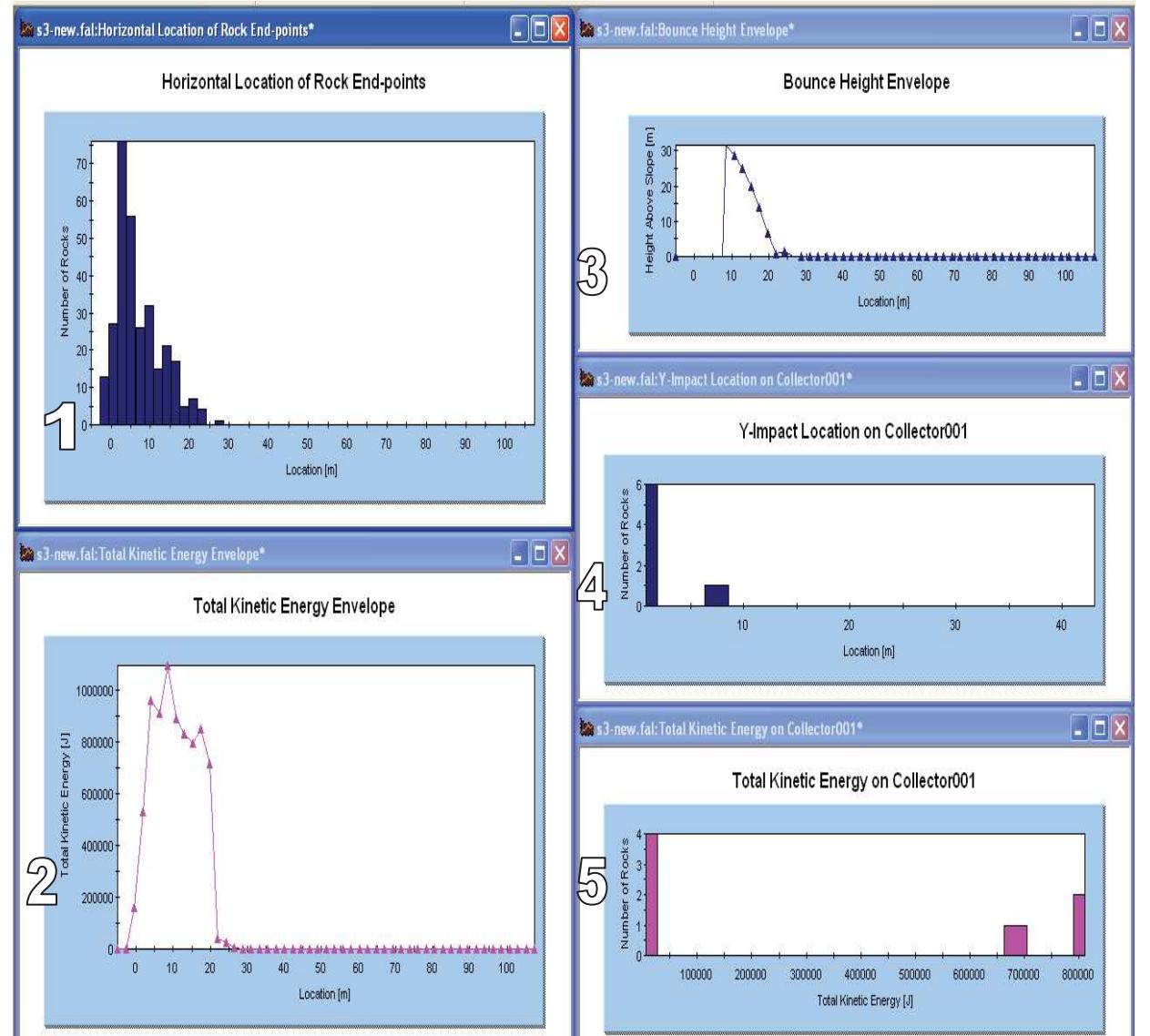
Modello numerico della sezione 3 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°:3 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 3:

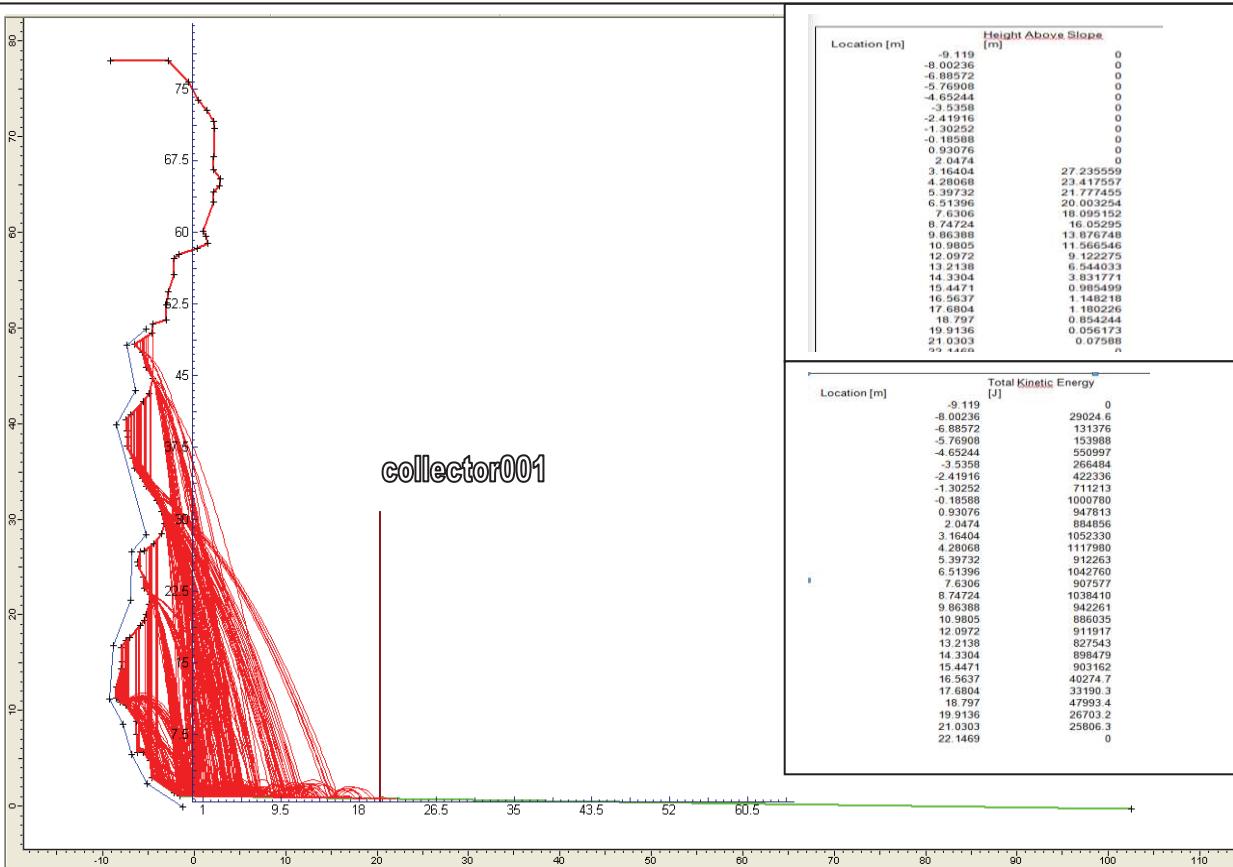
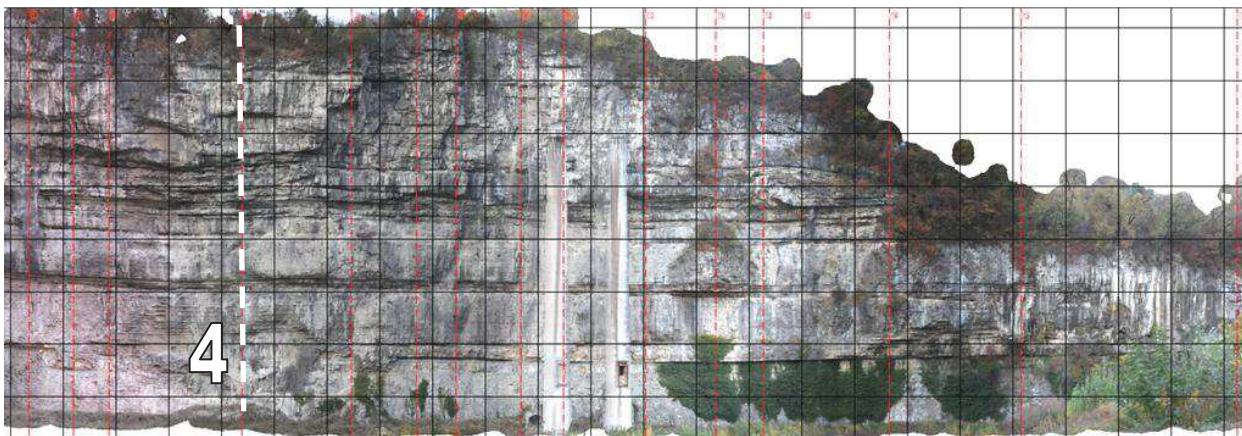
1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:4 - UBICAZIONE SU FOTO**

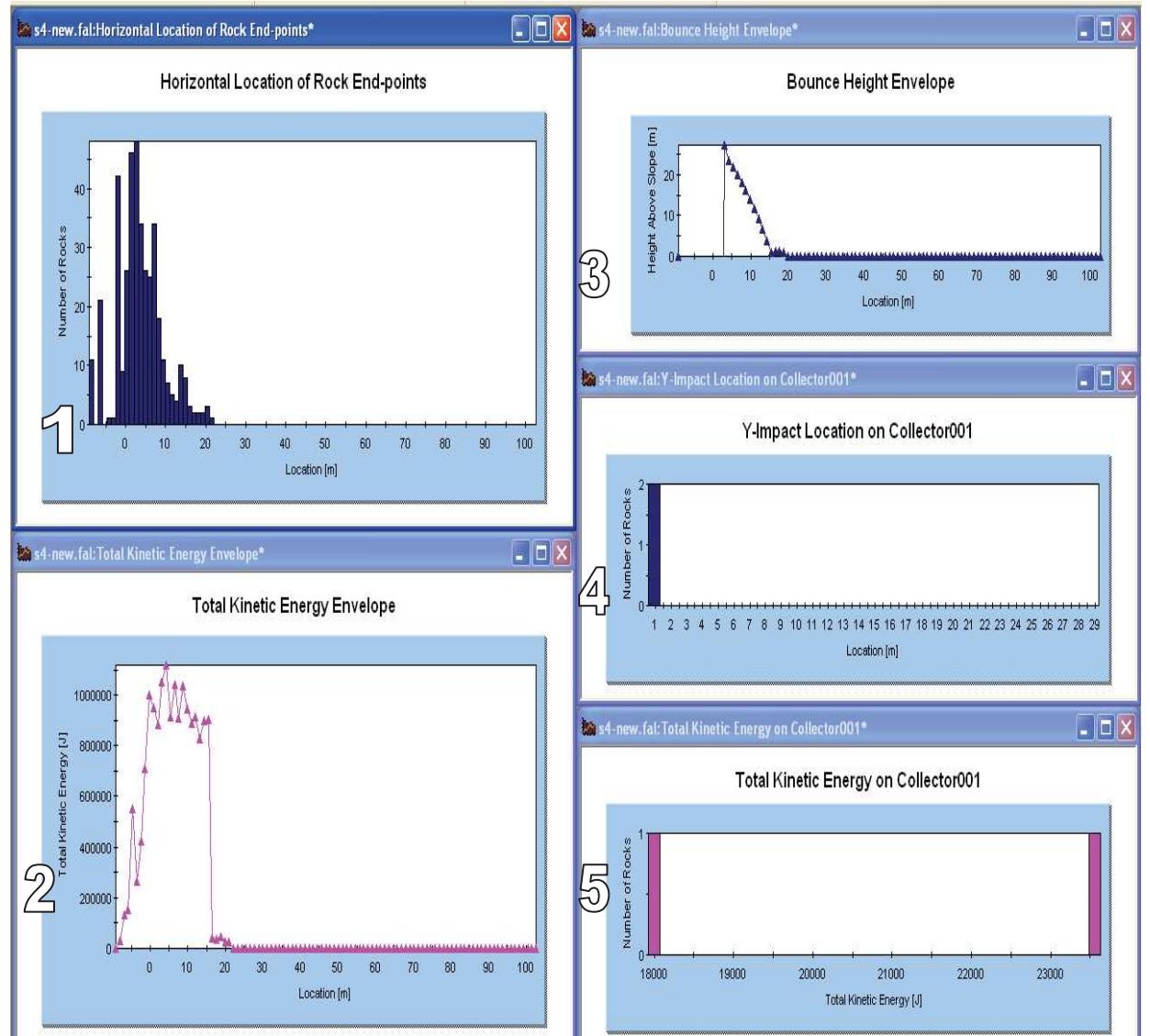
Modello numerico della sezione 4 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°:4 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 4:

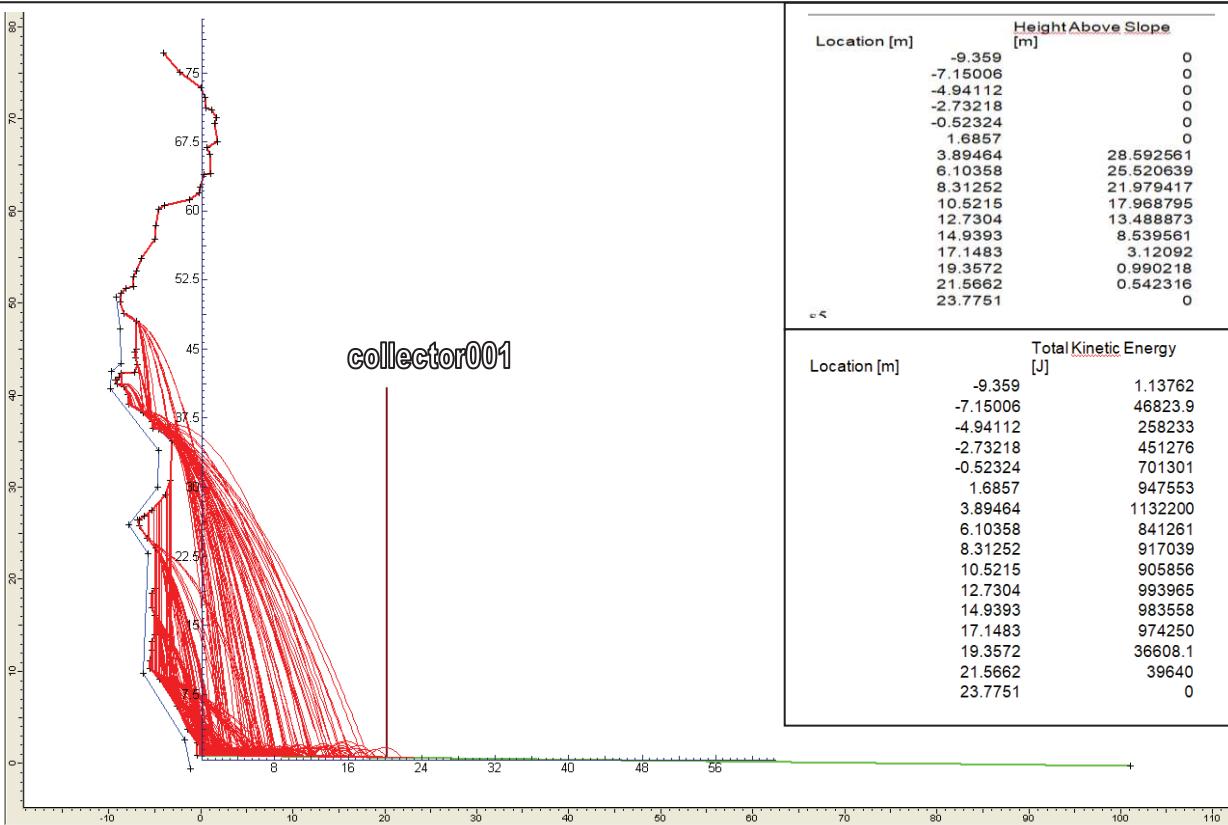
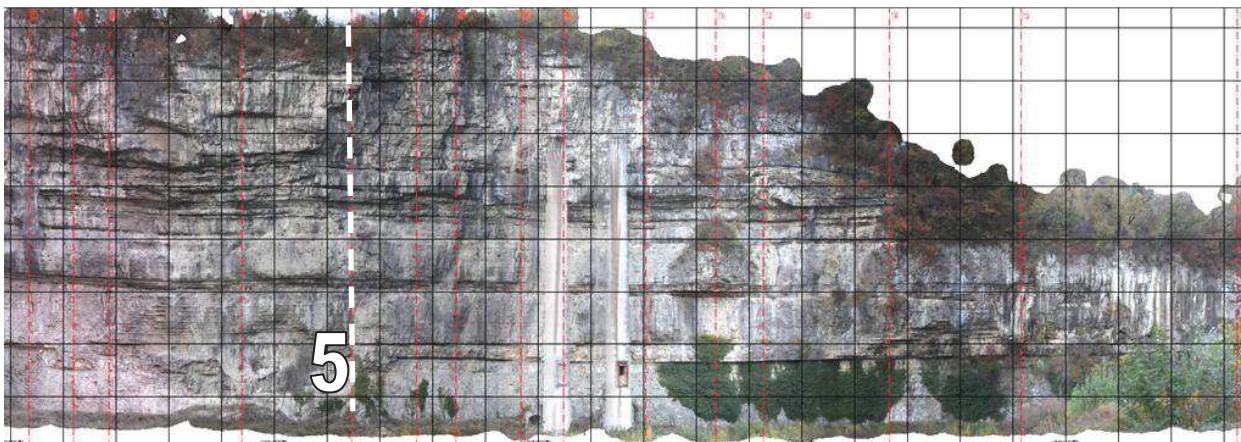
1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:5 - UBICAZIONE SU FOTO**

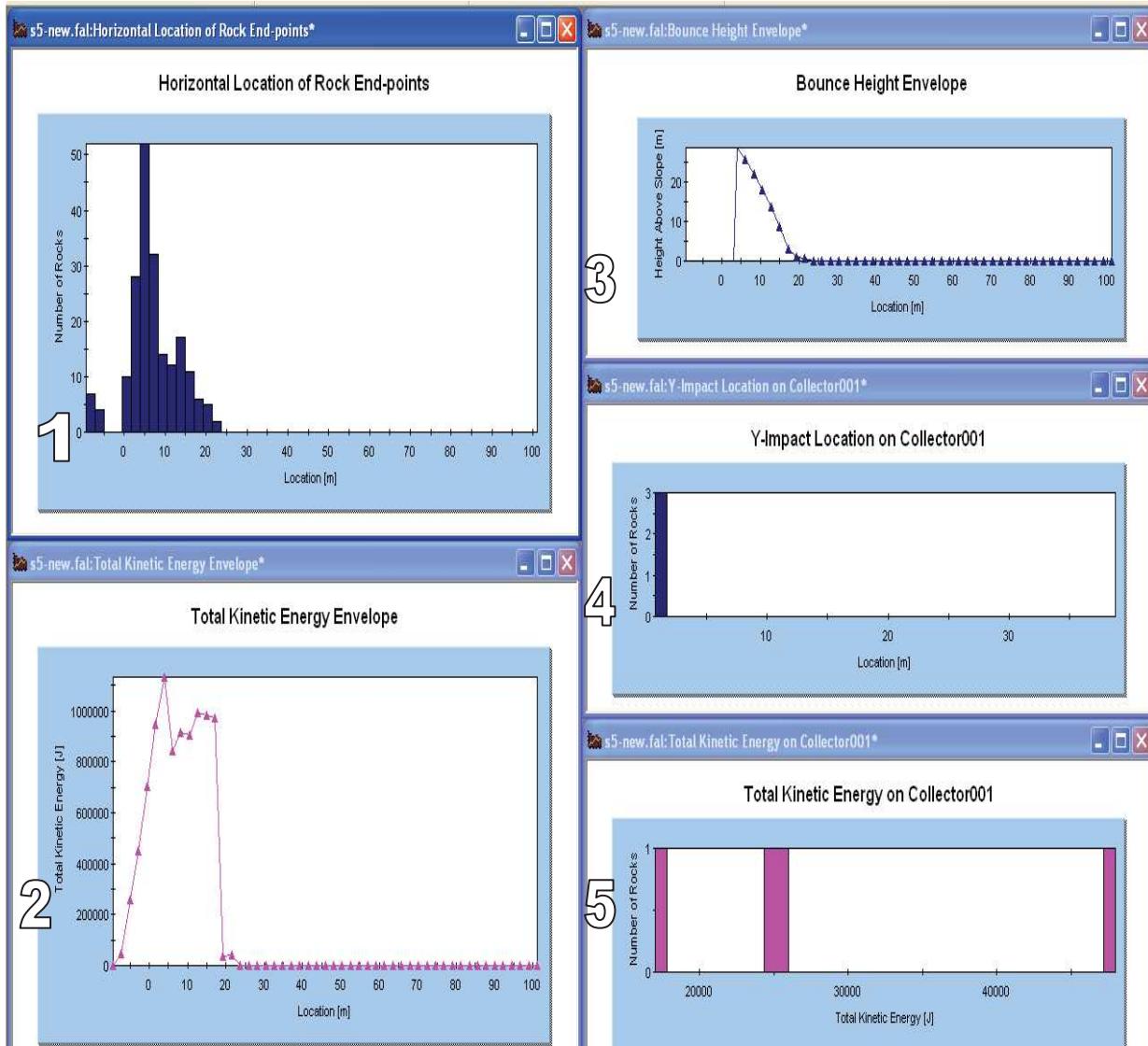
Modello numerico della sezione 4 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°:5 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 5:

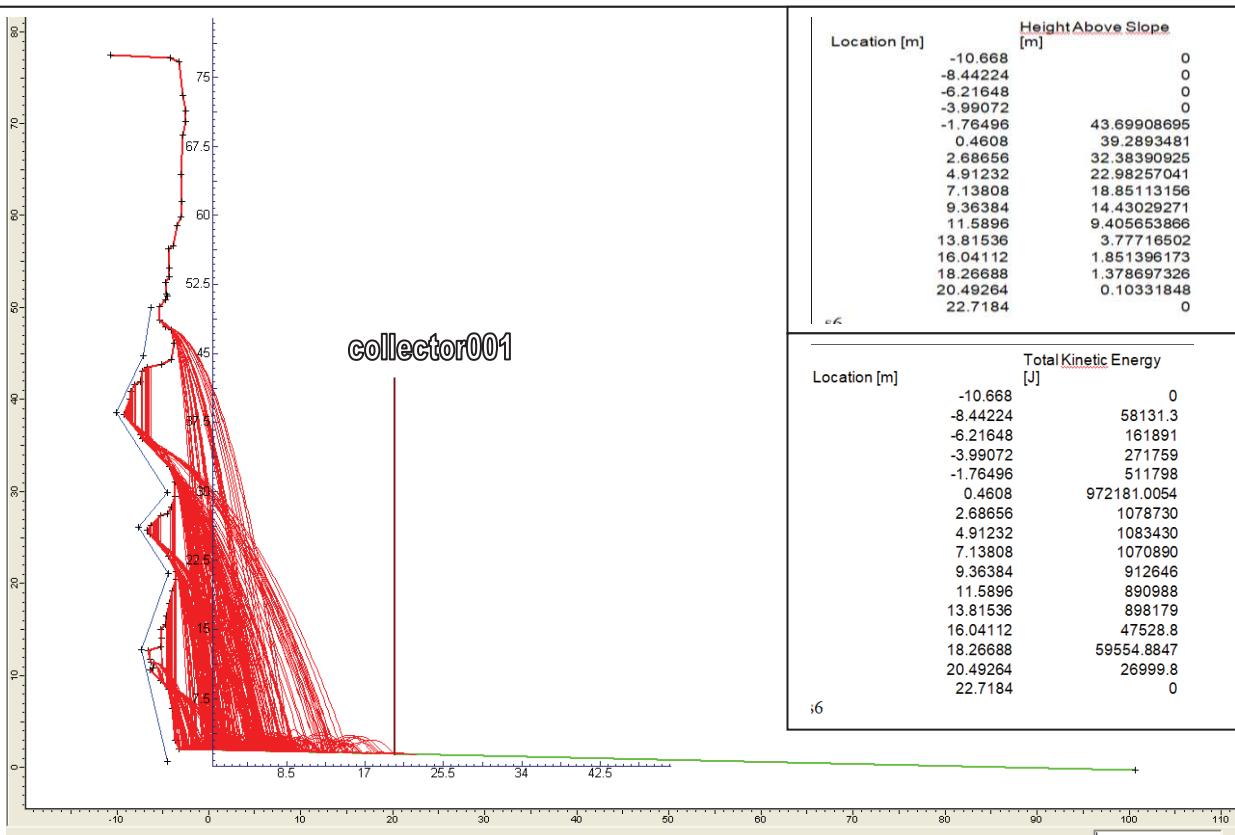
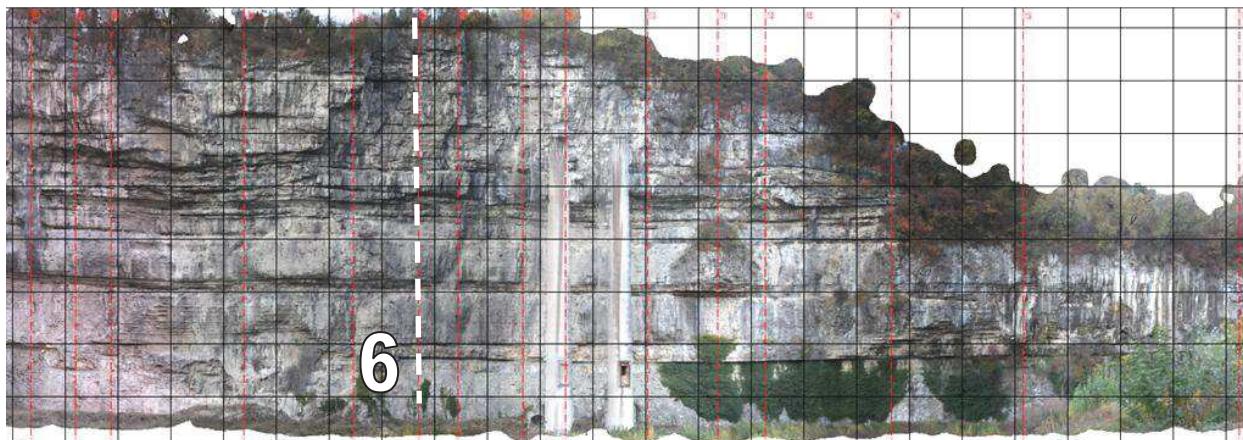
1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°: 6 - UBICAZIONE SU FOTO**

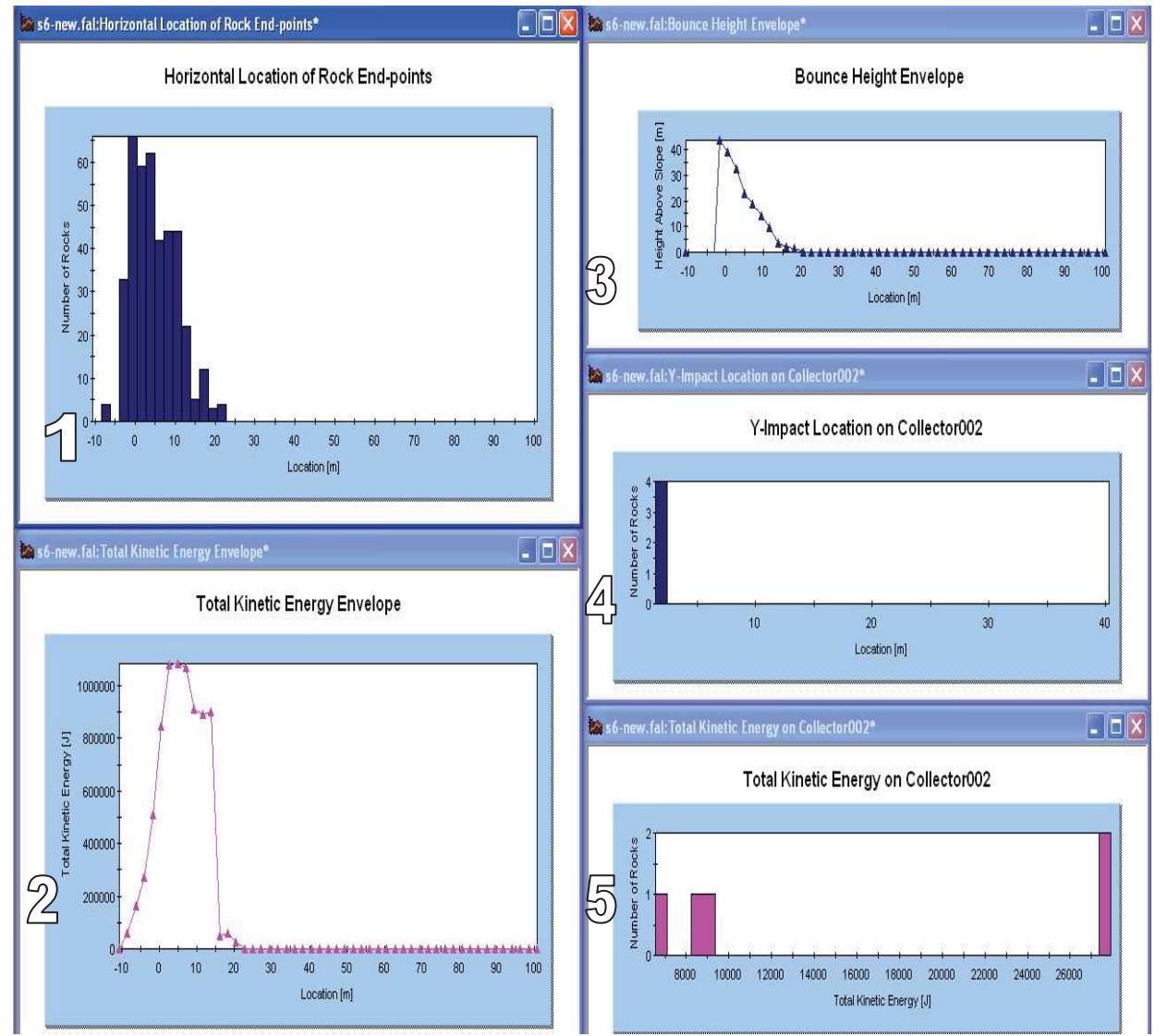
Modello numerico della sezione 6 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°: 6 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 6:

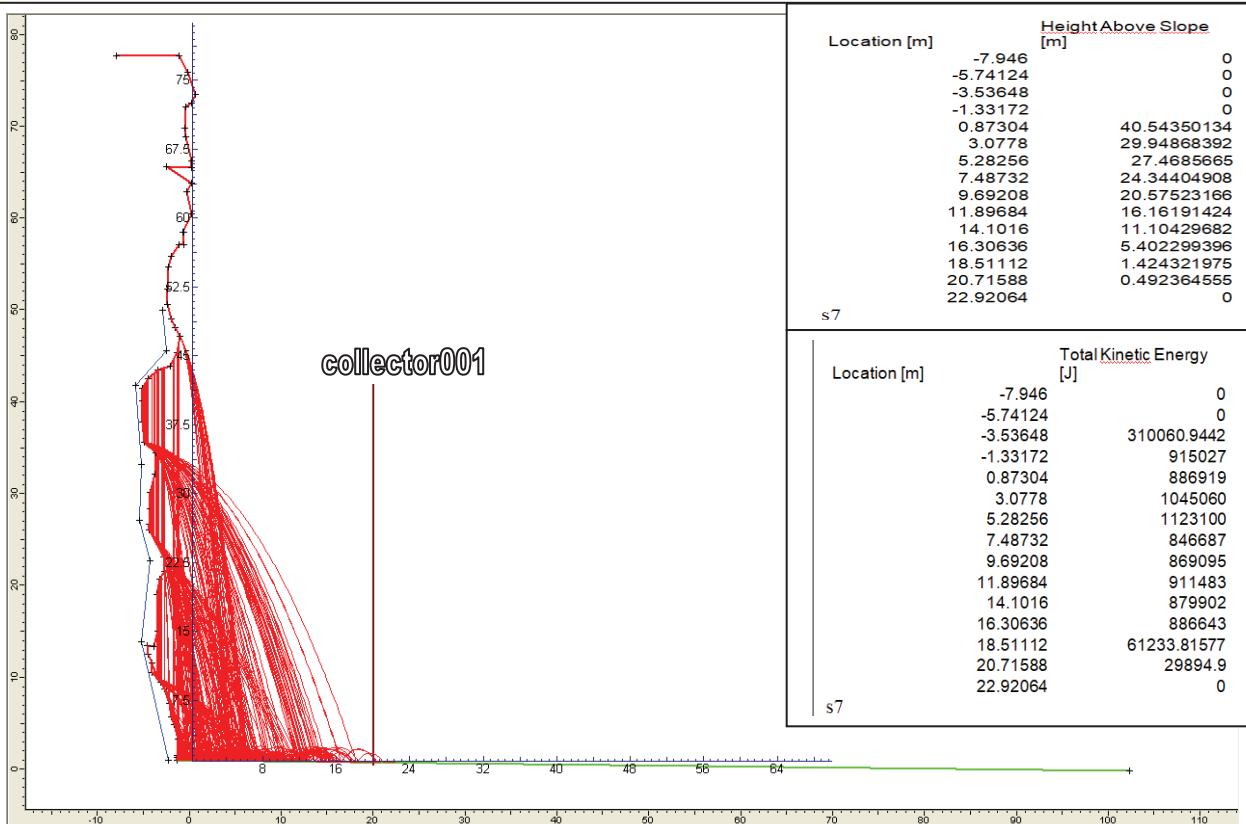
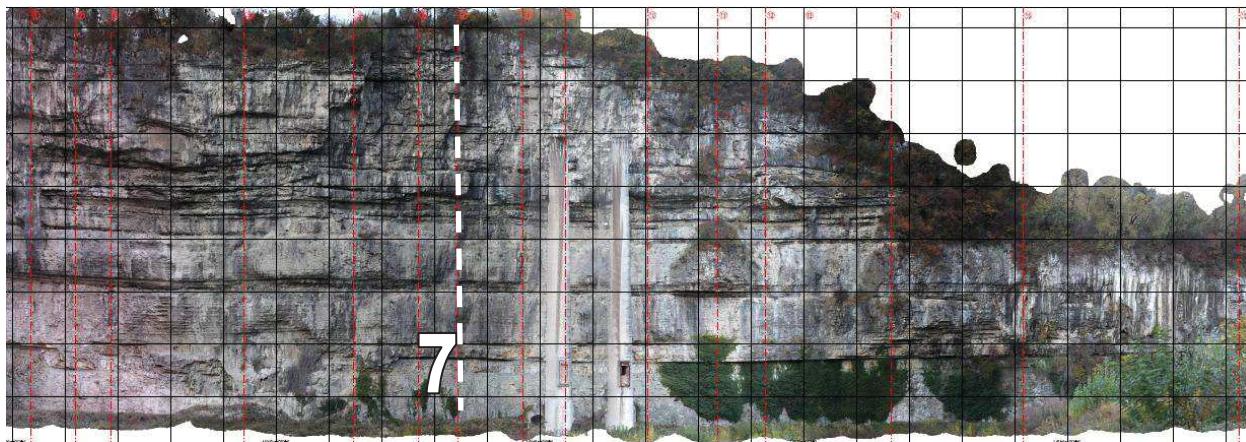
1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°: 7 - UBICAZIONE SU FOTO**

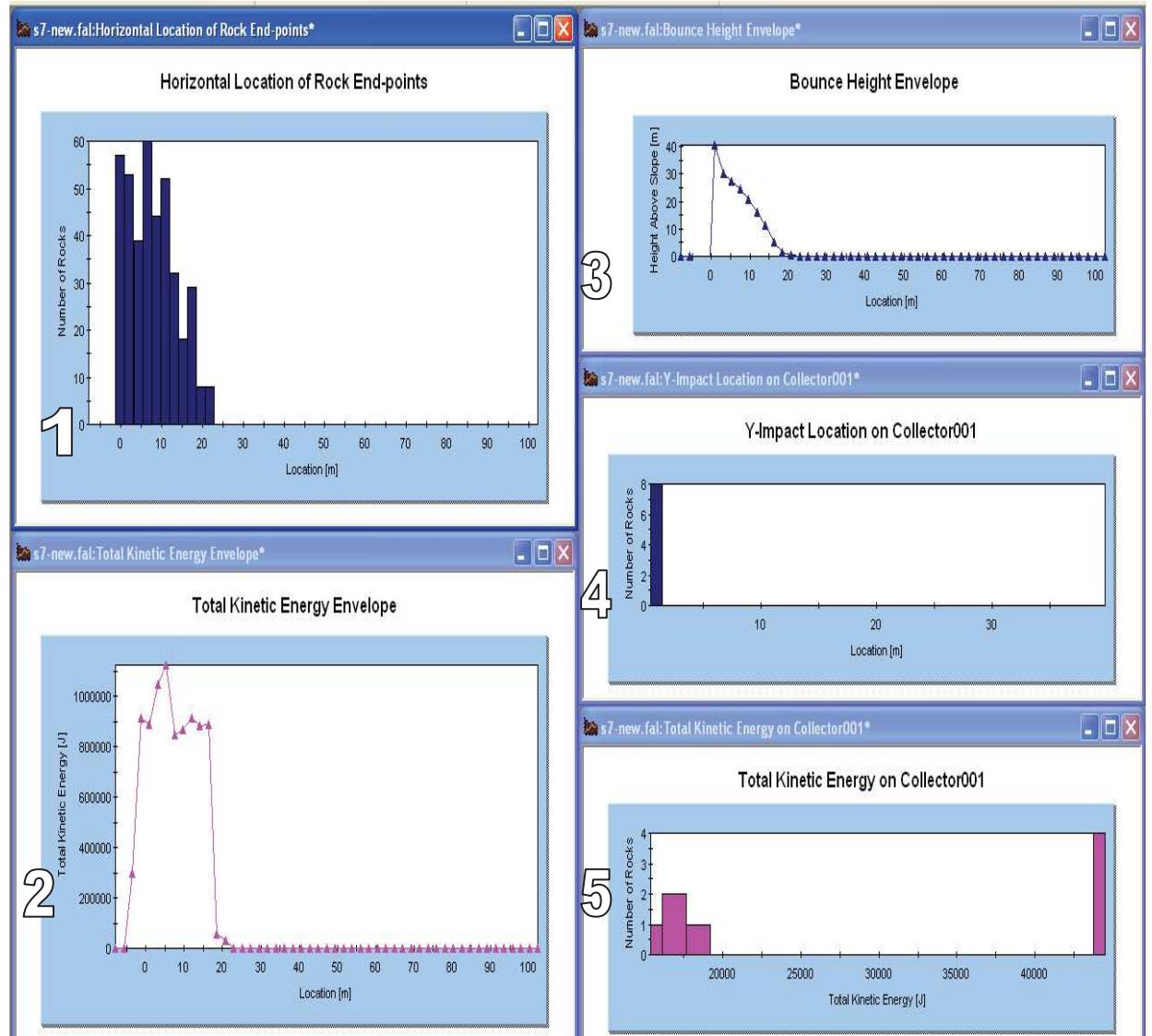
Modello numerico della sezione 7 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°: 7 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 7:

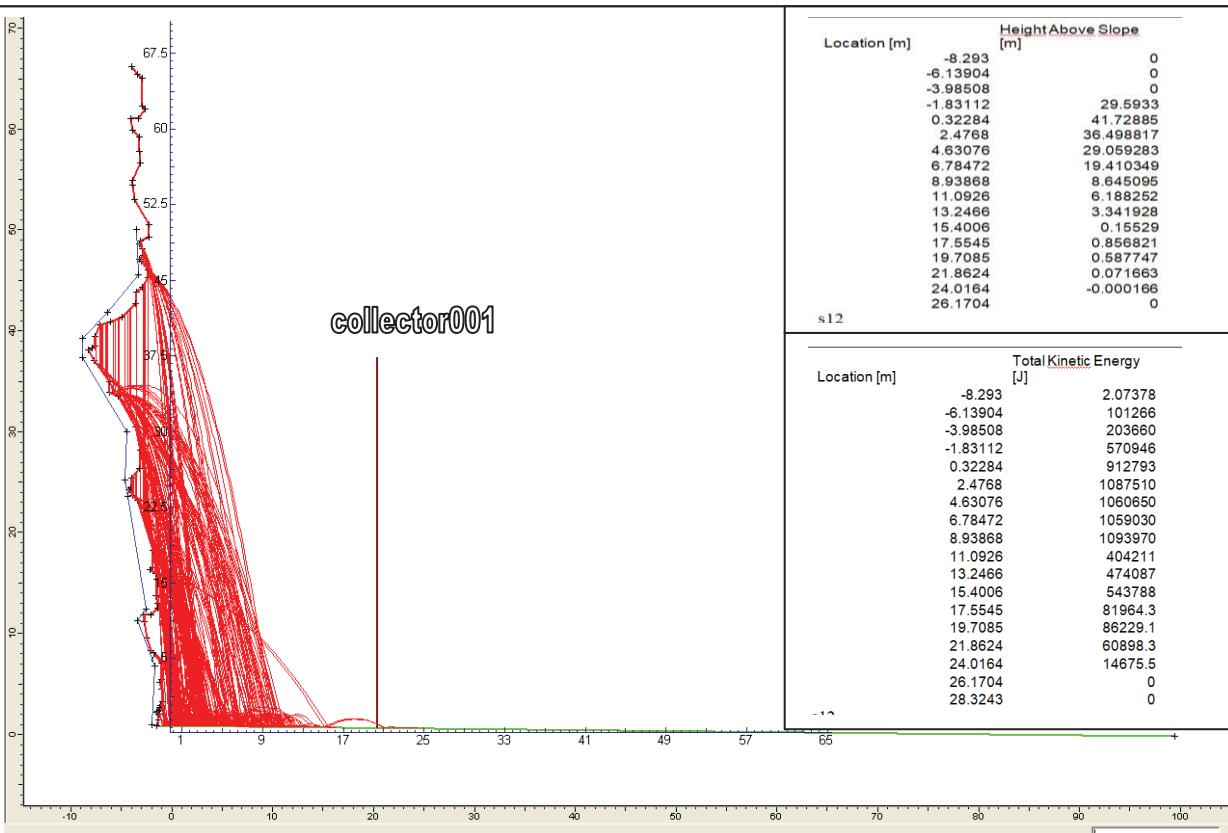
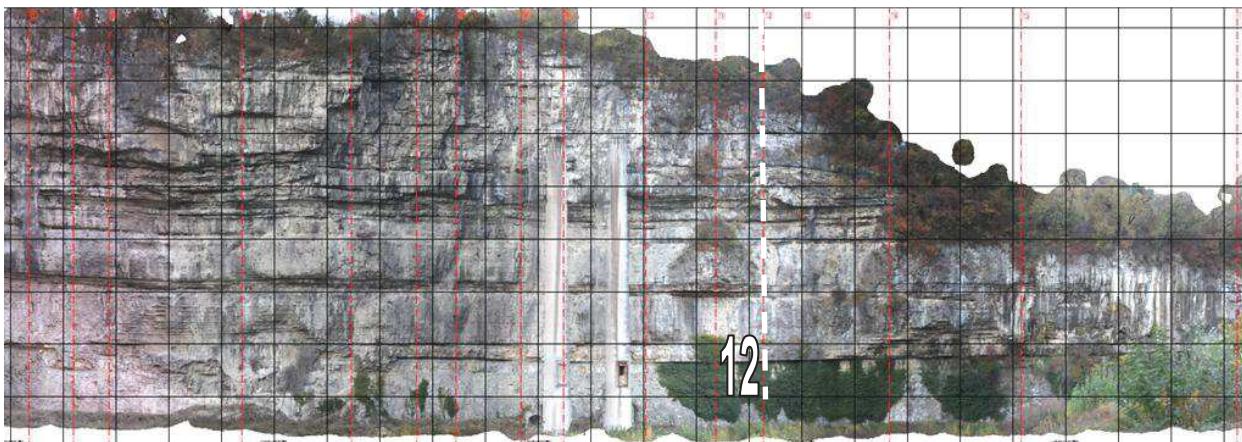
1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:12 - UBICAZIONE SU FOTO**

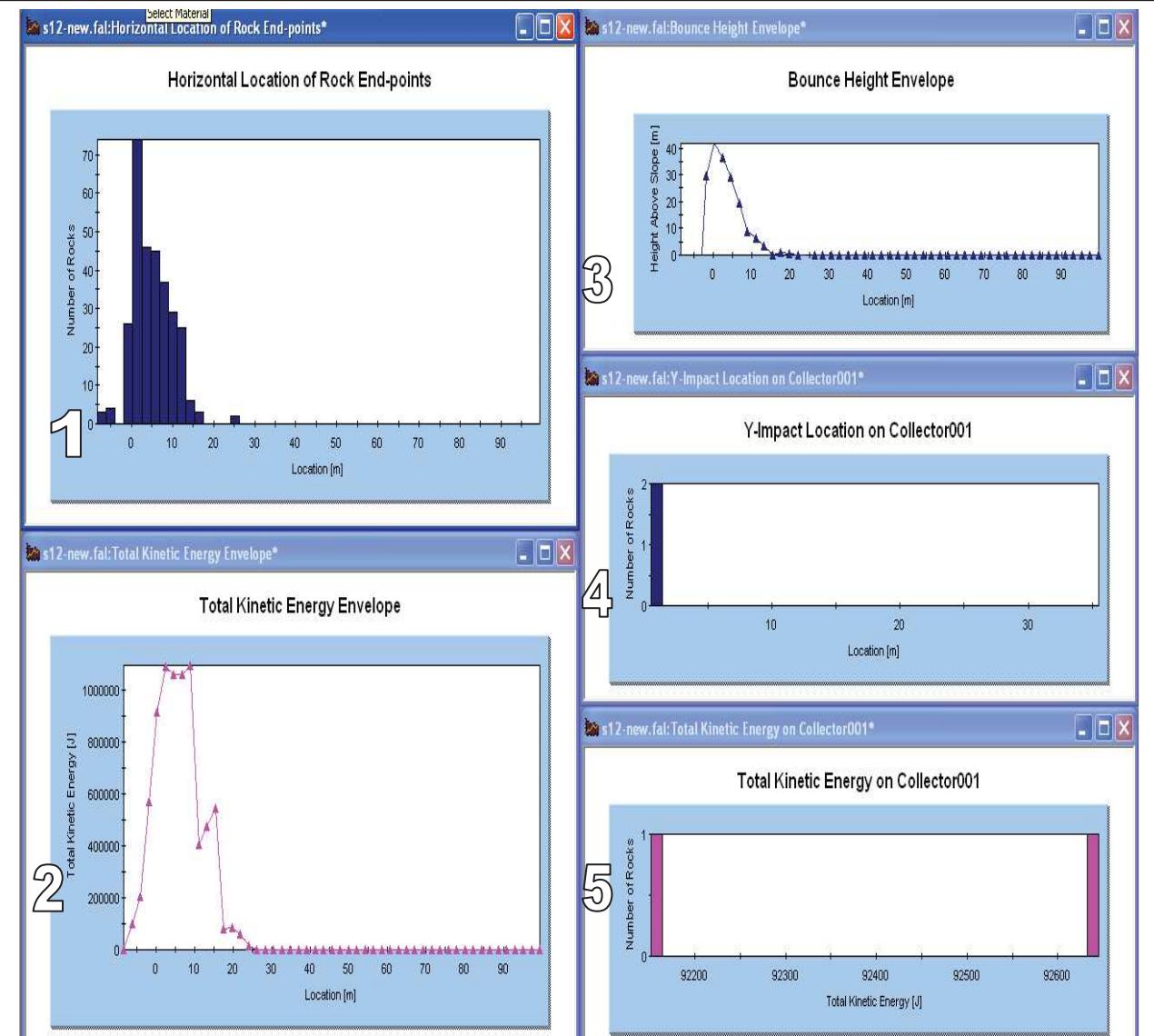
Modello numerico della sezione 12 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°: 12 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 12:

1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

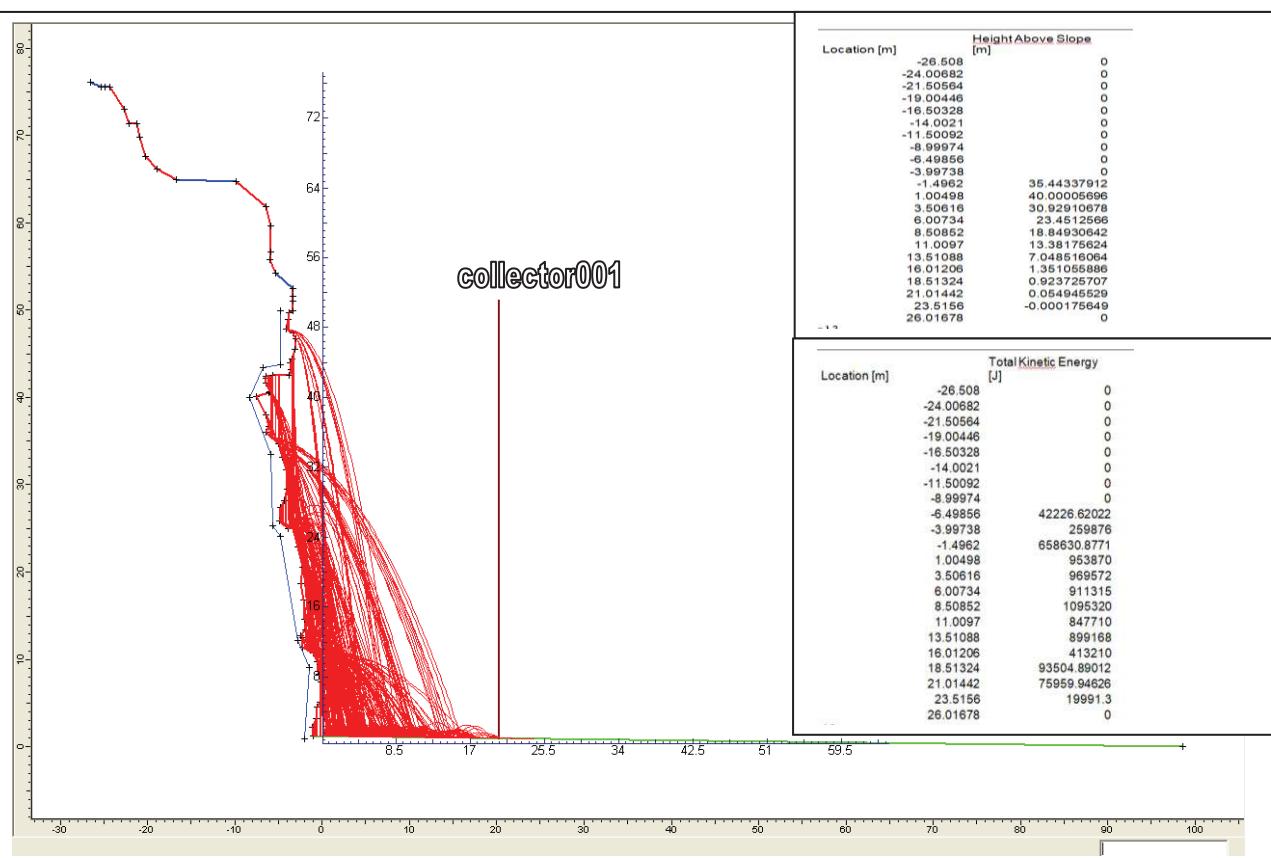
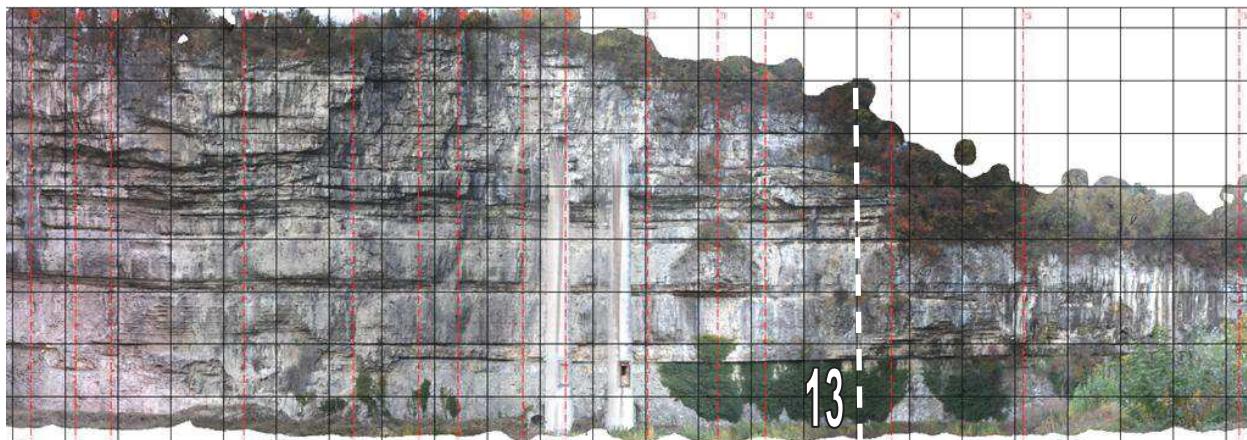
4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).



PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA
Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°: 13 - UBICAZIONE SU FOTO



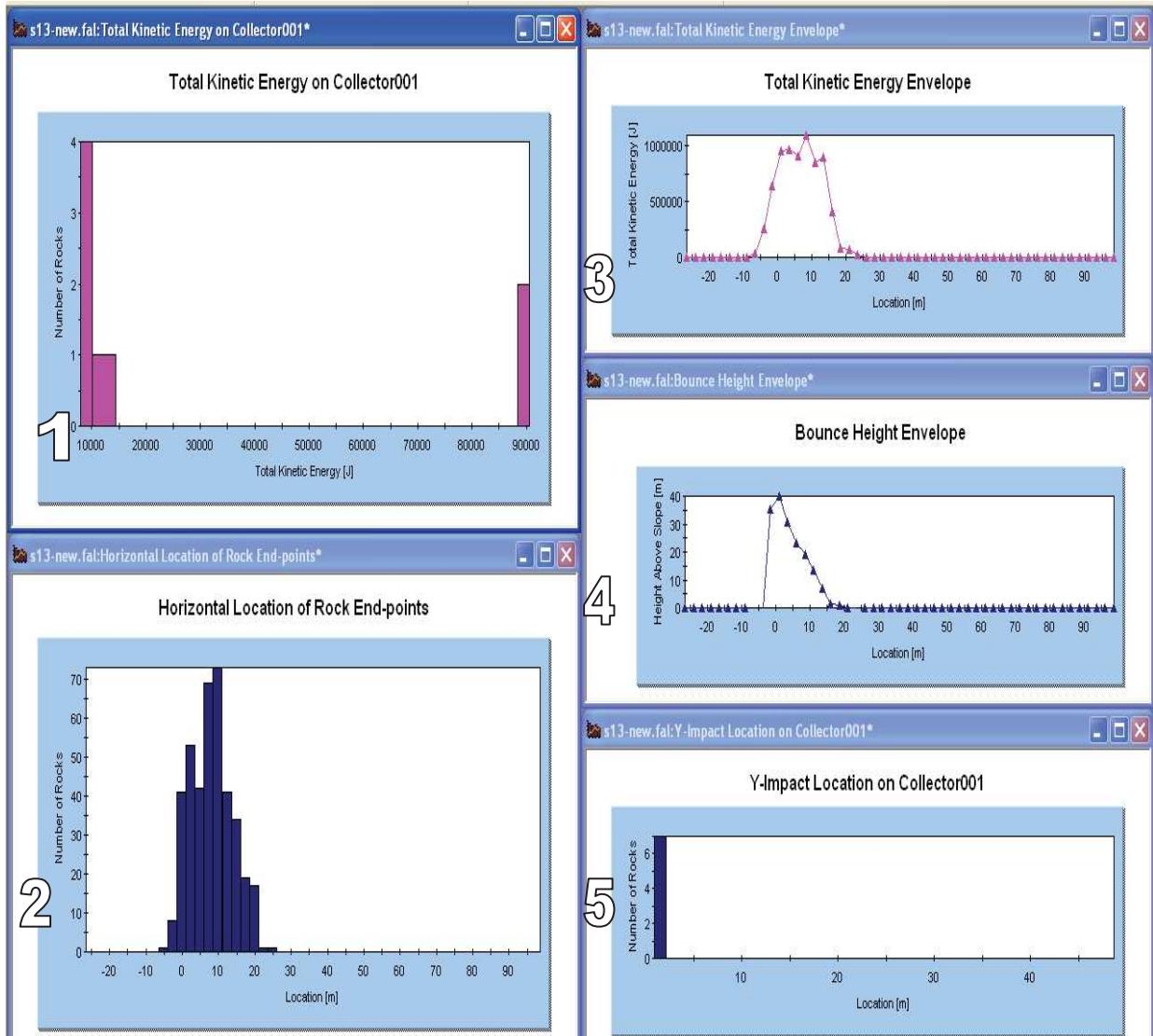
Modello numerico della sezione 13 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Ital cementi a Trento

SEZIONE N°: 13 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 13:

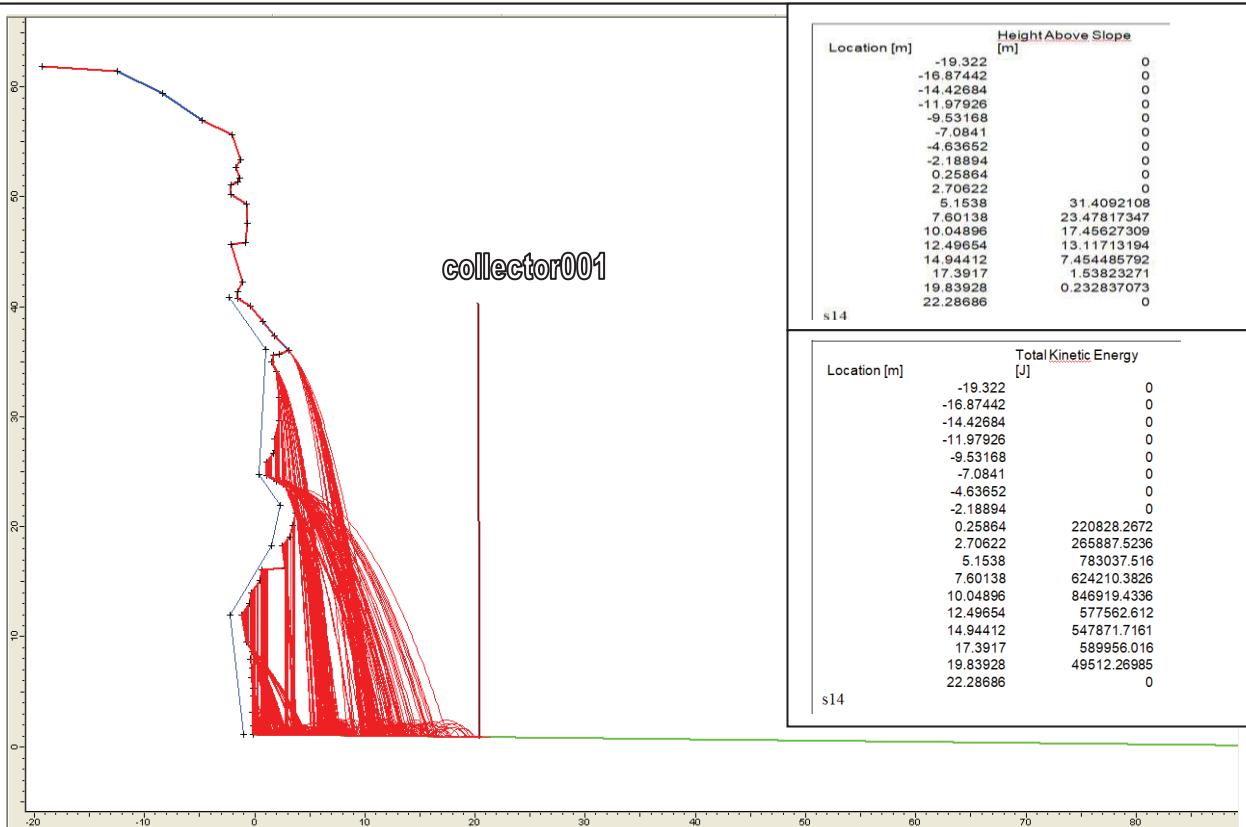
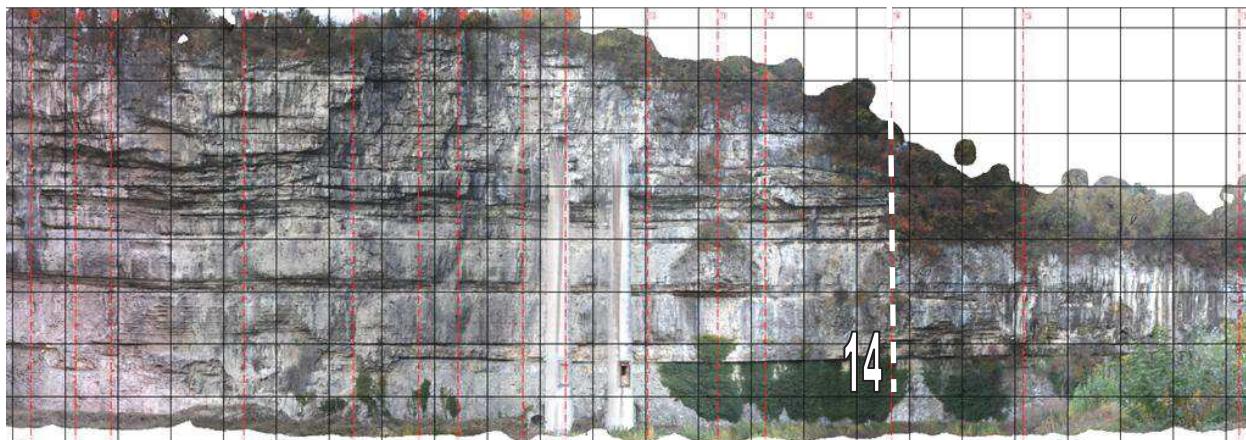
1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:14 - UBICAZIONE SU FOTO**

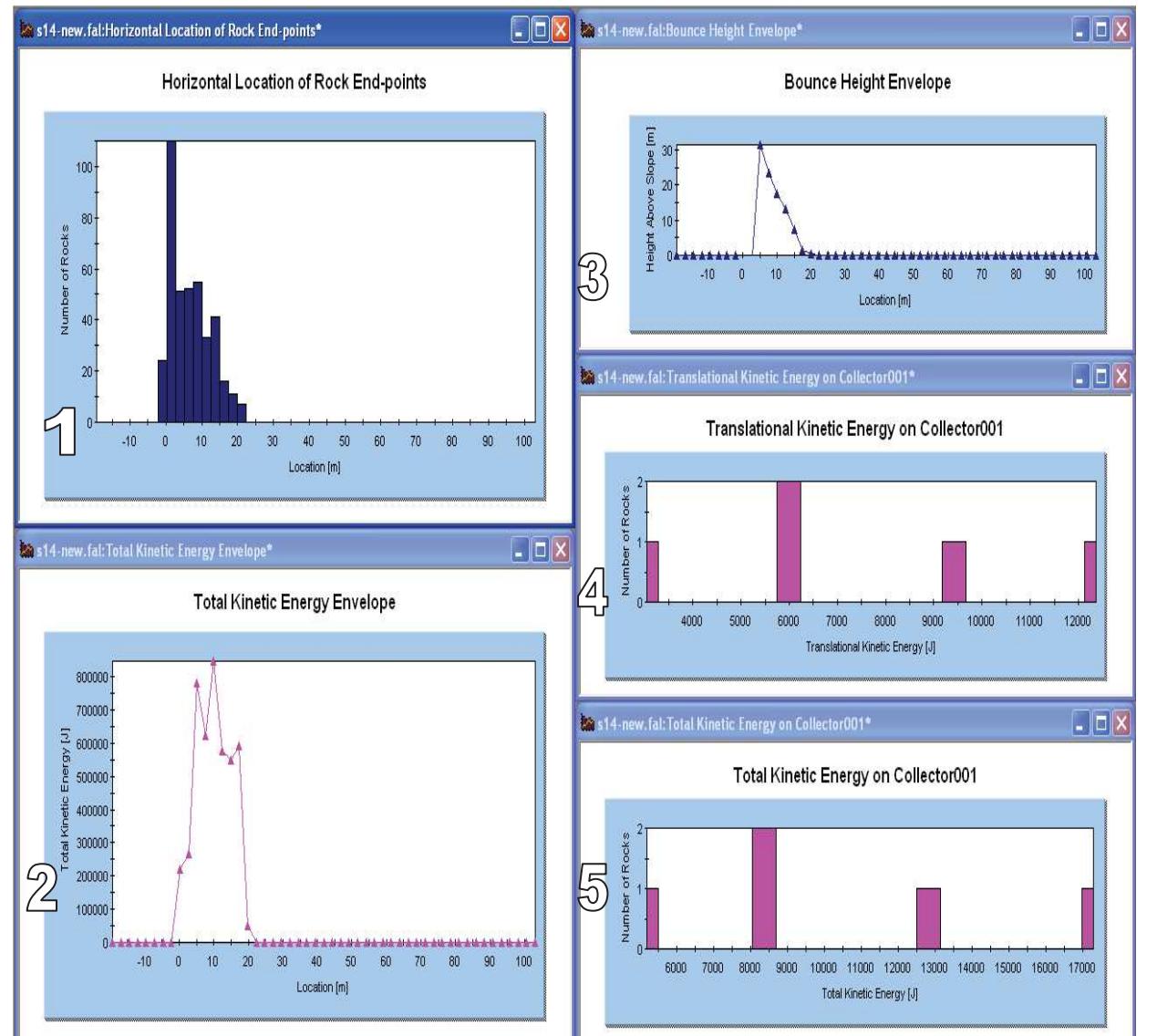
Modello numerico della sezione 14 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°: 14 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 14:

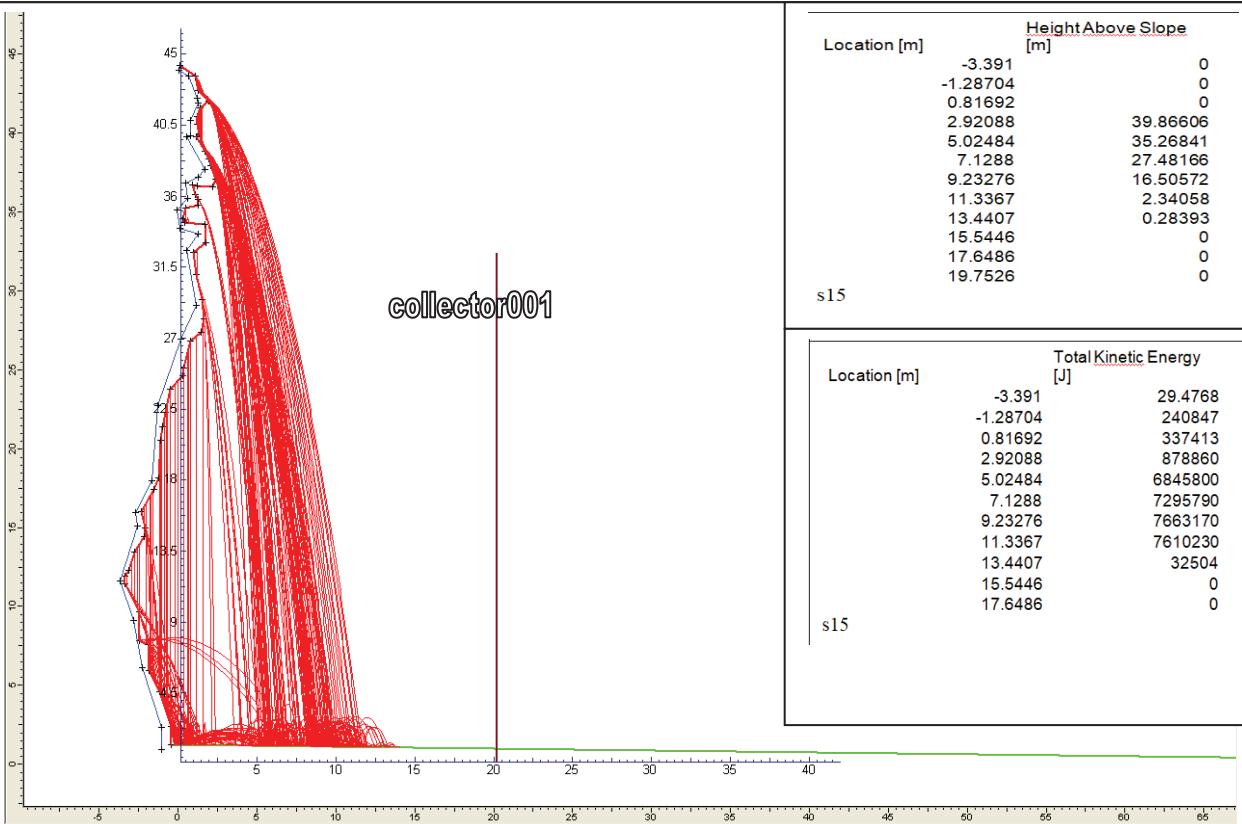
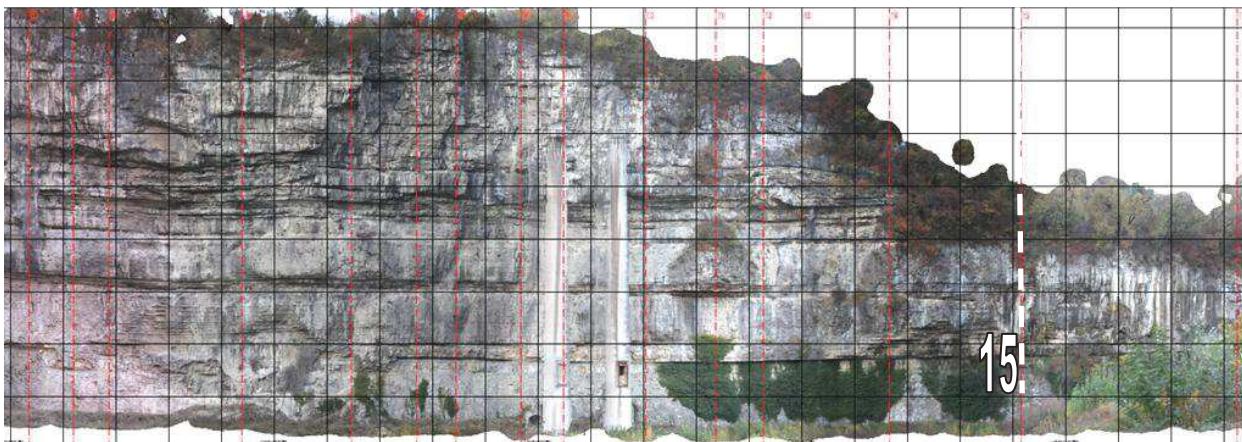
1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:15 - UBICAZIONE SU FOTO**

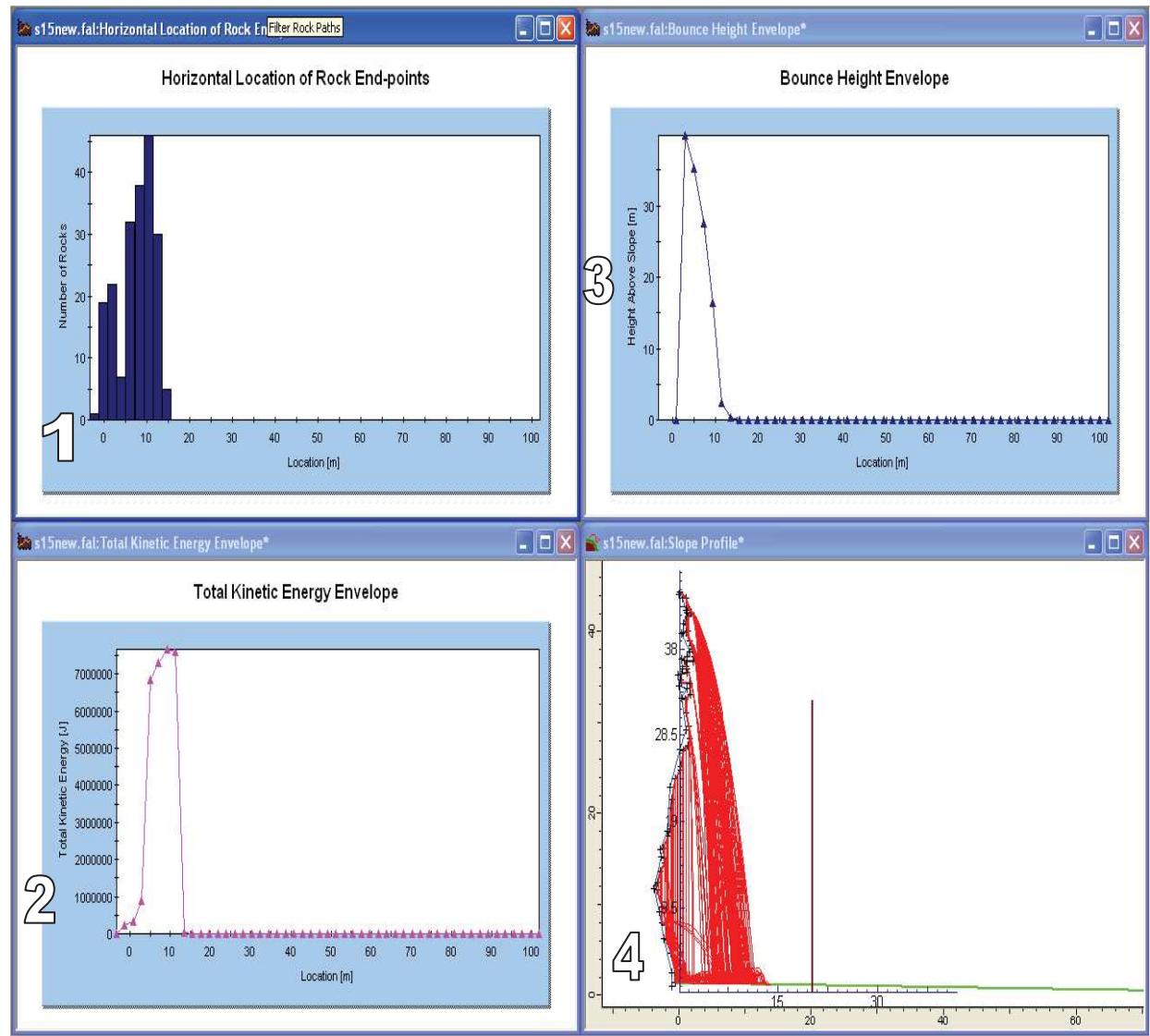
Modello numerico della sezione 15 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°: 15 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 15:

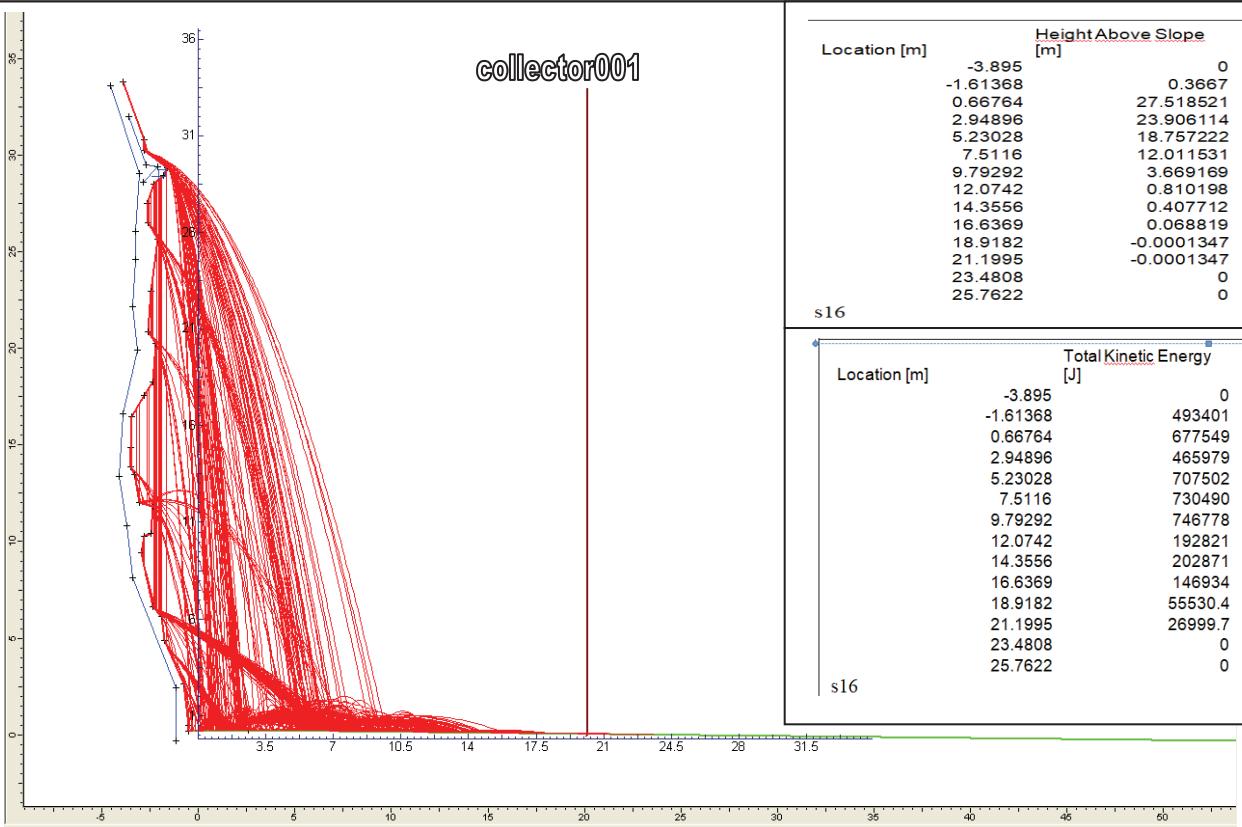
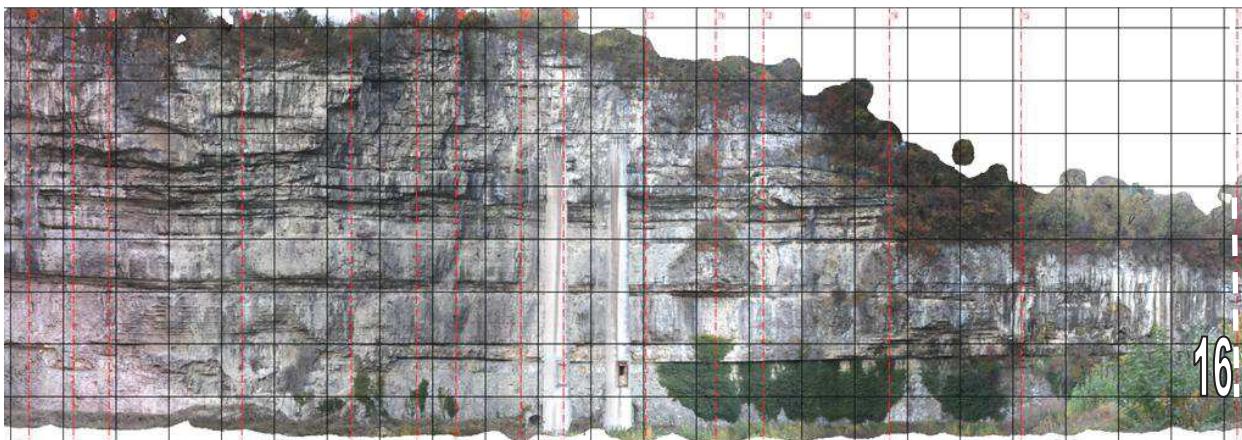
1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = modello della parete

NB: nessun masso arriva a rotolare fino ad attraversare il "collector 1"

**PATRIMONIO DEL TRENTINO SPA****Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento****SEZIONE N°:16 - UBICAZIONE SU FOTO**

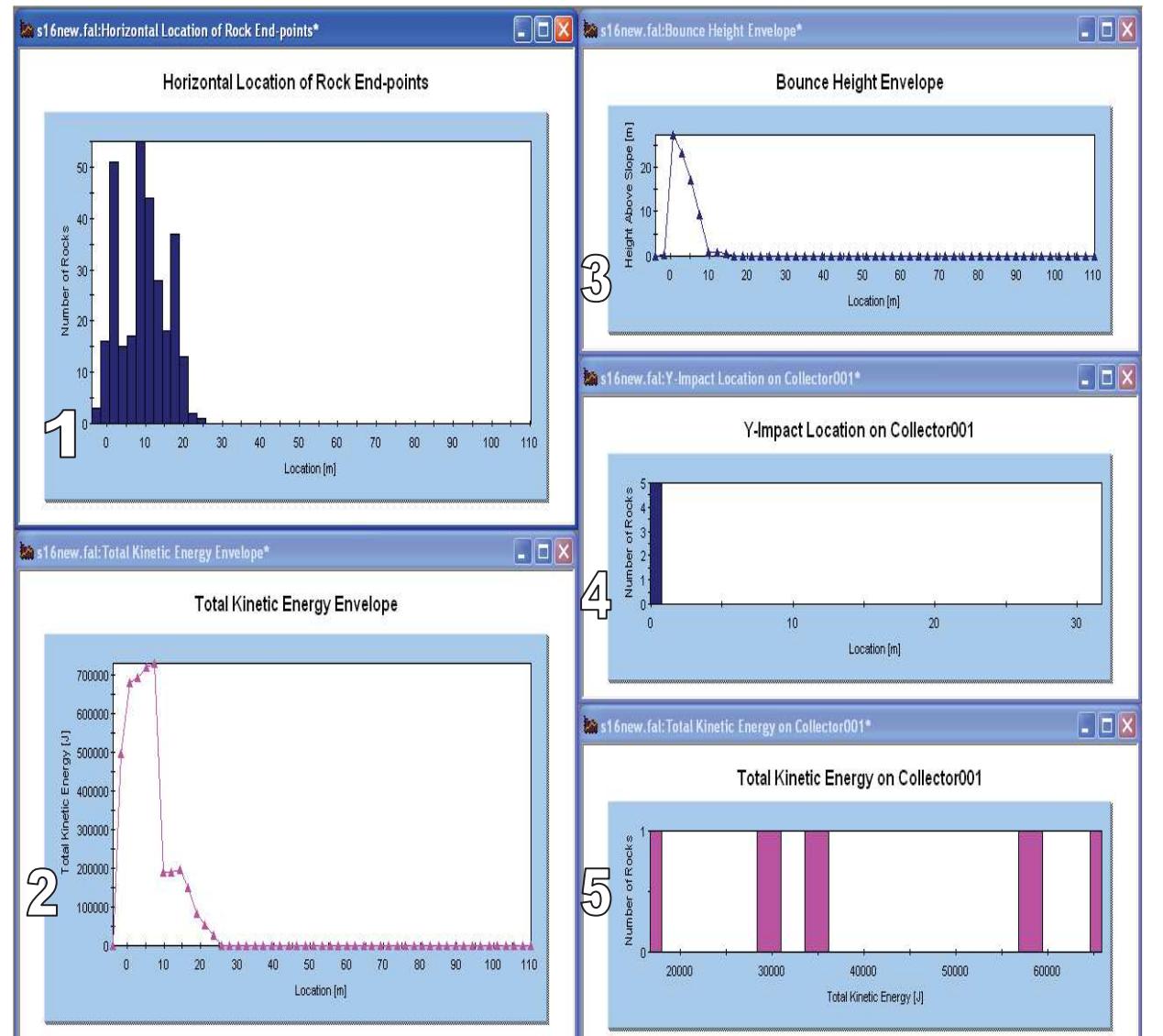
Modello numerico della sezione 16 con le simulazioni delle traiettorie di caduta di 200 massi aventi volume di 1 m³ e lasciati rotolare/cadere dalla parete nel tratto non rivestito da rete. Indicata la posizione della sezione di controllo denominata "collector001" posta a 20 m dal piede della parete. A seguire si riportano in grafico le caratteristiche cinematiche delle traiettorie (altezza di impatto ed energia cinetica totale) che attraversano questa sezione di controllo.



PATRIMONIO DEL TRENTO SPA

Pericolosità geologica per crollo dalla parete ex – Italcementi a Trento

SEZIONE N°: 16 - Caratteristiche cinematiche delle traiettorie



Sezione 16:

1 = distanza di arresto dei massi rispetto al piede della parete: numero di massi fermati/distanza dal piede,

2 = andamento dell'energia cinetica totale (traslazionale + rotazionale) (J) con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

3 = altezza dei rimbalzi dei massi con riferimento alla distanza crescente dal piede della parete,

4 = numero di massi che hanno delle definite classi di altezze di impatto (Y in m) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / altezza)

5 = numero di massi che hanno delle definite classi di energia cinetica totale (J) quando attraversano la sezione di controllo denominata "collector001" (numero massi / energia).