GeoRock 2D

Part I GeoRock 1

1 File ... 3
2 Home ... 3
3 Barriere ... 8
Barriere Paramassi ... 11
4 Visualizza ... 17
5 Strumenti ... 20
6 Output ... 21
7 Calcolo ... 24
Metodo Lumped Mass ... 36
Metodo CRSP ... 39
Norme UNI ... 43

Part II Comandi di shortcut 49

Part III Utility 50

1 Tabelle Conversione ... 50
2 Database Terreni ... 51

Part IV Geoapp 55

1 Sezione Geoapp ... 56

Part V GeoStru Software 56

1 Supporto Clienti ... 58
2 Contatti ... 58
3 Copyright ... 59

Index 0

©GEOSTRU

1 GeoRock

GeoRock è un software per la simulazione della caduta massi 2D con il modello Lumped Mass (1) e C.R.S.P (2).

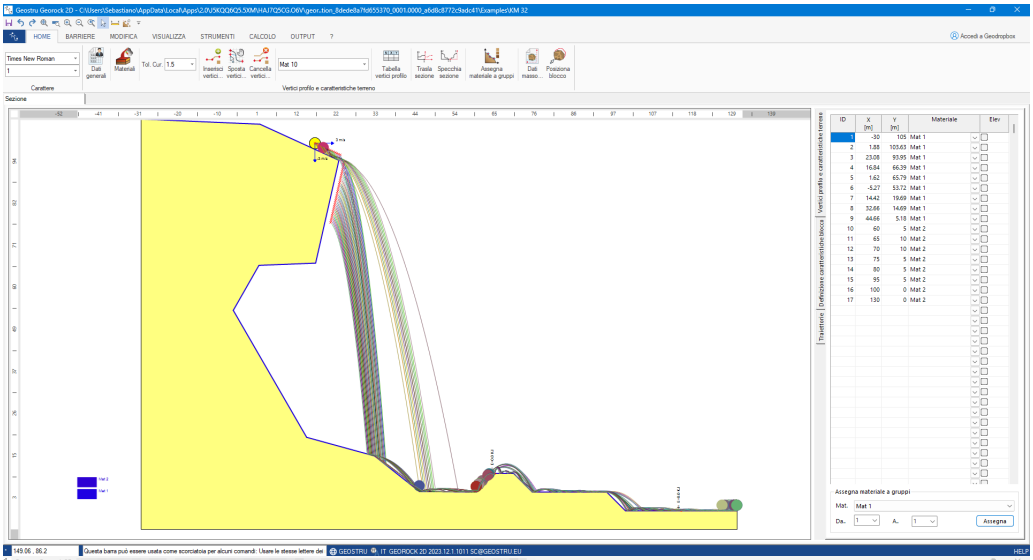
1) Per il **modello Lumped Mass** le ipotesi di calcolo sono:

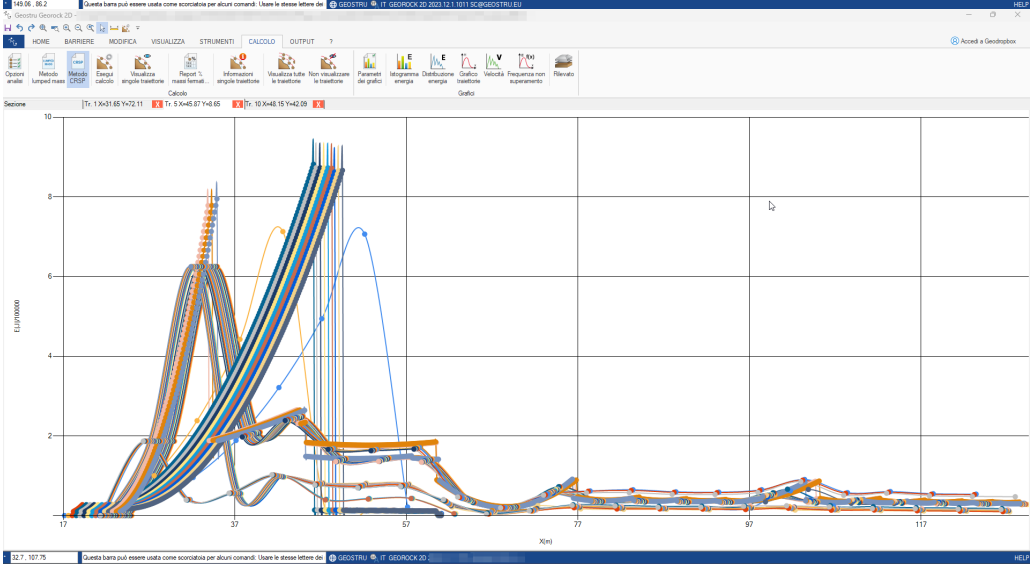
- schema piano;
- profilo del pendio assimilabile ad una spezzata costituita da segmenti rettilinei;
- blocco puntiforme e resistenza dell'aria trascurabile.

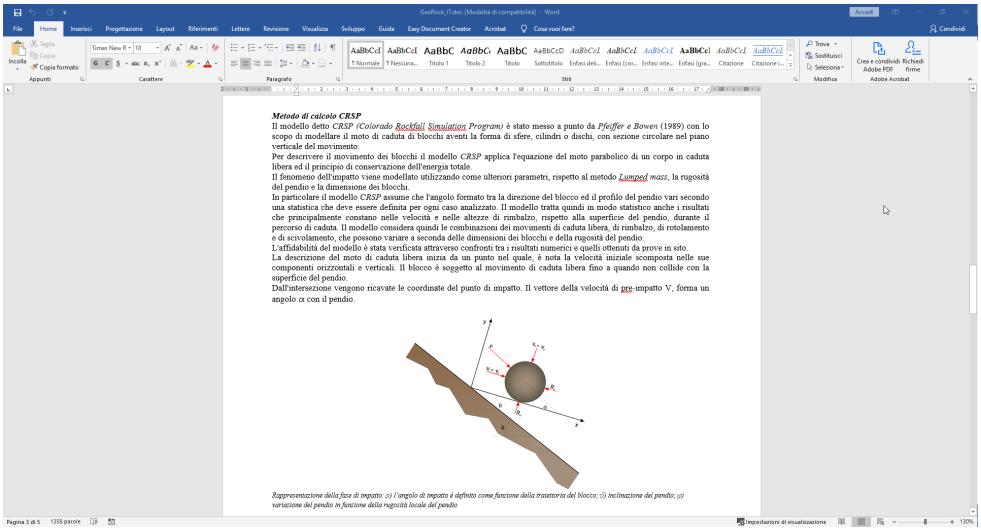
2) Il **Modello CRSP** (Colorado Rockfall Simulation Program) è stato messo a punto da Pfeiffer e Bowen (1989) con lo scopo di modellare il moto di caduta di blocchi aventi la forma di sfere, cilindri o dischi, con sezione circolare, nel piano verticale del movimento.
L'affidabilità dei modelli è stata verificata attraverso confronti tra i risultati numerici del software con quelli ottenuti da prove in situ.

Il software è interfacciato con i programmi: Topografia - Trispace per la generazione automatica di sezioni a partire da un piano quotato o da immagini raster con Geostru Maps.

©GEOSTRU







Metodo di calcolo CRSP

Il modello detto *CRSP (Colorado Rockfall Simulation Program)* è stato messo a punto da *Pfeiffer e Bowen* (1989) con lo scopo di modellare il moto di caduta di blocchi aventi la forma di sfere, cilindri o dischi, con sezione circolare nel piano verticale del movimento.

Per descrivere il movimento dei blocchi il modello *CRSP* applica l'equazione del moto parabolico di un corpo in caduta libera ed il principio di conservazione dell'energia totale.

Il fenomeno dell'impatto viene modellato utilizzando come ulteriori parametri, rispetto al metodo *Lumped mass*, la rugosità del pendio e la dimensione dei blocchi.

In particolare il modello *CRSP* assume che l'angolo formato tra la direzione del blocco ed il profilo del pendio vari secondo una statistica che deve essere definita per ogni caso analizzato. Il modello tratta quindi in modo statistico anche i risultati che principalmente constano nelle velocità e nelle altezze di rimbalzo, rispetto alla superficie del pendio, durante il percorso di caduta. Il modello considera quindi le combinazioni dei movimenti di caduta libera, di rimbalzo, di rotolamento e di scivolamento, che possono variare a seconda delle dimensioni dei blocchi e della rugosità del pendio.

L'affidabilità del modello è stata verificata attraverso confronti tra i risultati numerici e quelli ottenuti da prove in sito.

La descrizione del moto di caduta libera inizia da un punto nel quale, è nota la velocità iniziale scomposta nelle sue componenti orizzontali e verticali. Il blocco è soggetto al movimento di caduta libera fino a quando non collide con la superficie del pendio.

Dall'intersezione vengono ricavate le coordinate del punto di impatto. Il vettore della velocità di pre-impatto V, forma un angolo α con il pendio.

Rappresentazione della fase di impatto: a) l'angolo di impatto è definito come funzione della traiettoria del blocco; b) inclinazione del pendio; g) variazione del pendio in funzione della rugosità locale del pendio

1.1 File

Importa file da altri software GeoStru

Importa il profilo del versante da un file generato da altri programmi Geostru. Da Topografia - Trispace, la sezione creata può essere salvata in formato (.sec) e importata da GeoRock dopo aver selezionato l'estensione del file dal comando specifico. Da Geostru Maps, individuata la zona interessata sull'area di lavoro si procede con l'inserimento di una sequenza di punti con dei click di mouse, quindi si seleziona il comando "Find Elevation" e in sequenza "Section", la sezione verrà visualizzata su un piano cartesiano, può essere creato un file con estensione (.sec) da importare in GeoRock.

Importa file DXF

Importa i dati del profilo topografico da un file *.dxf. Nel file *.dxf il pendio deve essere definito da una polilinea aperta nel Layer 0.

1.2 Home

Dati Generali

Inserire la descrizione dei lavori: il nome del progettista....Si può scegliere tramite il checkbox specifico se inserire in relazione il contenuto della descrizione dei lavori.
Dal form è possibile indicare la zona d'intervento per poi essere visualizzata su mappa, per individuare la zona esistono due possibilità: inserire le coordinate WGS 84 oppure indicare la Località.

Localizza su mappa

Il comando collega GeoRock all'applicazione gratuita ***Geostru Maps*** tale applicazione consente di :

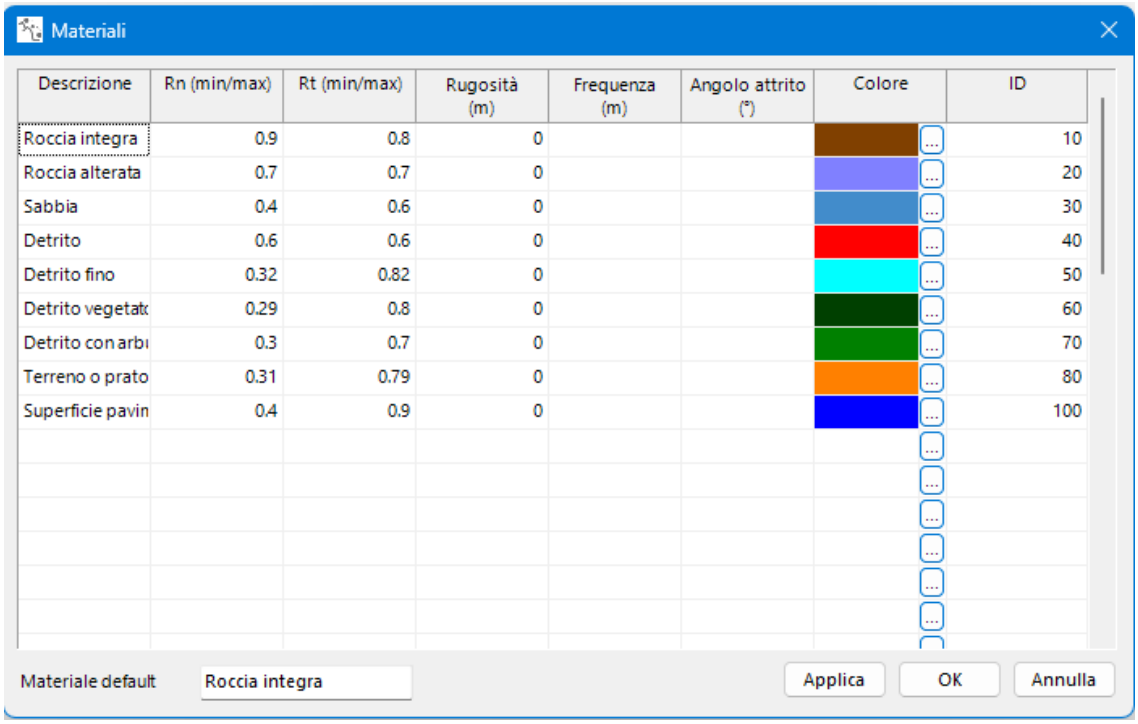
- trovare le quote di punti assegnati;
- tracciare delle sezioni longitudinali;
- tracciare dei piani quotati.

Per creare una sezione 2D si può procedere in due modi:
assegnare dei punti oppure creare una polilinea, per la polilinea confermare con il tasto destro del mouse, cercare l'elevazione con

il comando Find Elevation (attendere..), eseguire il comando Section.
Dopo aver creato la sezione 2D con il procedimento suddetto, la sezione va salvata con il comando *"Export"* in formato (*sec), la sezione può essere importata da GeoRock 2D attraverso il comando *"Importa da altri software GeoStru"* dal menù file.

Materiali

Il programma dispone di un database di materiali con cui caratterizzare ogni tratto del versante.
Per ogni materiale sono definiti due coefficienti di restituzione, normale e tangenziale, la rugosità e la frequenza con la quale le asperità localizzate nell'intorno della dimensione del raggio del masso si ripropongono lungo il pendio, il colore. Il coefficiente tangenziale determina la riduzione della componente della velocità parallela al tratto del profilo durante l' impatto; quello normale è una misura della modifica della velocità normale al profilo prima e dopo l' impatto.



Chiaramente, mentre la vegetazione influenza il coefficiente tangenziale, la rigidità del materiale influenza quello normale. La presenza di vegetazione con altezza superiore ad 1 m rende di difficile determinazione detti coefficienti in quanto la sua presenza per i massi che crollano per primi può produrre un comportamento

molto vicino a quello di un materiale non molto rigido, ma i massi già crollati alterano il comportamento dei massi che si staccano successivamente ai primi. I valori suggeriti da letteratura non sono molto uniformi, quindi la loro validità andrebbe sempre confermata da applicazioni pratiche su casi reali.
La rugosità della superficie (in m) rappresenta la massima asperità del tratto perpendicolare al pendio in un range pari al raggio del masso. La rugosità definisce, in sostanza, la pendenza effettiva del tratto nel punto in cui impatta il masso. La frequenza, espressa in metri, definisce l'intervallo associato all'i-esimo tratto in cui la rugosità assume periodicamente lo stesso valore.
La griglia dei materiali è editabile dall'utente, quindi è possibile assegnare qualsiasi valore ai coefficienti di restituzione normale e tangenziale (Rn, Rt), come pure alla rugosità inoltre è possibile associare al generico materiale un colore. L'utente può personalizzare il database aggiungendo altri materiali a quelli già presenti o modificare quelli esistenti. E' possibile assegnare il colore al singolo tratto in cui è discretizzato il profilo dinamicamente: selezionare il colore cliccandoci sopra col tasto sinistro del mouse, col il pulsante premuto trascinare il colore selezionato sul tratto desiderato sull'area di lavoro, in automatico al tratto verrà assegnato il colore scelto. Ogni modifica effettuata con l'operazione appena descritta aggiornerà in automatico la tabella Vertici Profilo.

Per deselezionare un comando cliccare nuovamente sul comando o premere il tasto ESC.

Tolleranza cursore

Esprime il valore in pixel della tolleranza del cursore nelle operazione di disegno e modifica della sezione (Snap)

Inserisci vertici

Inserimento in maniera grafica dei vertici della sezione attraverso il cursore

Spostamento vertici

Spostamento in maniera grafica dei vertici della sezione attraverso il cursore

Cancella vertici

Eliminazione singola dei vertici della sezione per via grafica.

Caratteristiche terreno

Menù a discesa con i vari tipi di terreno inseriti dall'utente. Inserendo i vertici graficamente verrà assegnato il materiale selezionato.

Tabella vertici profilo

Selezionando il comando, a destra dell'area di lavoro apparirà una tabella in cui è possibile modificare i punti geometrici che definiscono i vertici del profilo.
Ogni vertice può essere rappresentato sul cartiglio con la sua quota, la sua distanza parziale e quella progressiva selezionando la corrispondente cella *"Elev"*. Il programma esegue l'aggiornamento automatico delle modifiche, facendo click col tasto destro del mouse è possibile scegliere l'opzione *"quota tutto"* questo comando consente di quotare sul cartiglio tutti i vertici del profilo. Tutti i dati riportati in tabella possono essere copiati o incollati attraverso il comando *"copia o incolla"* selezionabile dal menù a tendina attivabile col click tasto destro del mouse.

Trasla sezione

È possibile traslare la sezione lungo x e lungo y di un determinato valore immesso dall'utente.

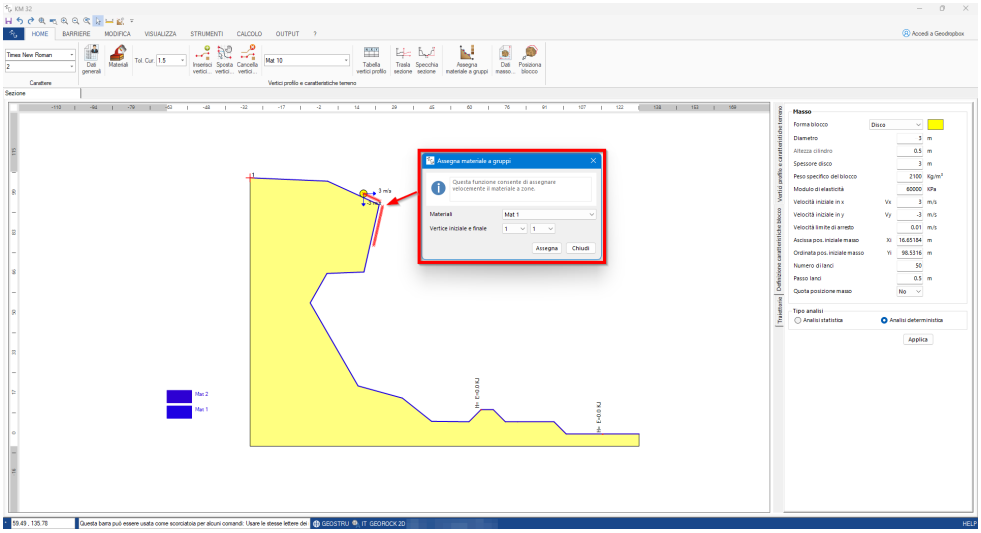
Specchia sezione

Specchia la sezione

Assegna materiale a Gruppi

Questa funzione consente di assegnare velocemente il materiale a zone del profilo, ogni zona è delimitata da due vertici: quello iniziale e quello finale. Per rendere valida la modifica bisogna confermare con il pulsante *"Assegna"*, all'ultima coordinata in tabella non bisogna fare alcuna assegnazione. Il comando può essere eseguito anche dalla finestra *"Tabella vertici profilo..."*.

©GEOSTRU



Definizione caratteristiche blocco

Forma Blocco

È possibile scegliere la forma dei massi da analizzare in 3 tipologie: Disco, Cilindrico, Sferico.

Diametro [m]

Diametro del blocco

Altezza cilindro [m]

Nel caso di blocco di forma cilindrica è possibile determinare l'altezza del cilindro

Spessore disco [m]

Nel caso di blocco di forma a disco è possibile determinare lo spessore del disco

Peso specifico del blocco [Kg/m^3]

Peso per unità di volume del materiale costituente il blocco

Modulo di elasticità [Kpa]

Modulo di elasticità del blocco.

Velocità iniziale in x [m/s]

Componente lungo X della velocità di partenza; positiva da sinistra a destra.

Velocità iniziale in y [m/s]

Componente lungo y della velocità di partenza; positiva dal basso verso l'alto.

Velocità limite di arresto [m/s]

Valore della velocità raggiunta dal masso, in corrispondenza della quale lo stesso viene considerato praticamente fermo e, quindi, il calcolo viene interrotto.

Ascissa della posizione iniziale del masso [m]

Inserire il valore dell' ascissa corrispondente alla posizione di partenza del masso.

Ordinata della posizione iniziale del masso [m]

Inserire il valore dell' ordinata, in metri, corrispondente alla posizione di partenza del masso.

Numero di lanci

Numero di lanci (numero di traiettorie).

Passo lanci (m)

Distanza tra un masso e un altro rispetto alla posizione di partenza

Tipo di analisi: Analisi statica

Dopo aver scelto questa opzione l'algoritmo di calcolo fa variare la rugosità in maniera casuale.

Tipo di analisi: Analisi deterministica

Dopo aver scelto questa opzione l'algoritmo di calcolo fa variare la rugosità in base alla Tabella materiale.

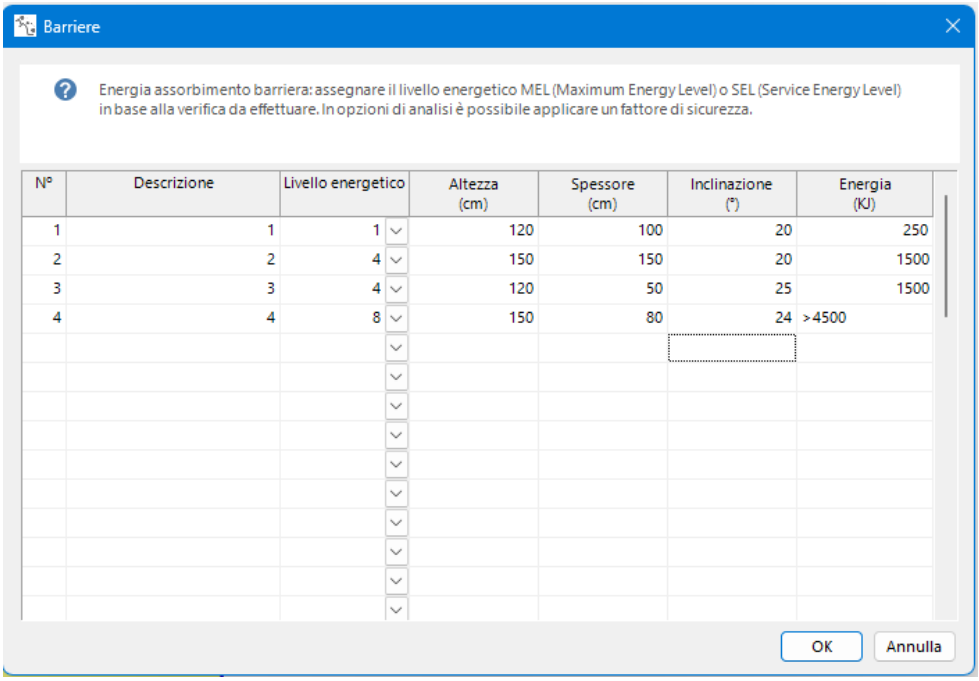
Posiziona blocco

Posiziona il blocco graficamente sulla sezione.

1.3 Barriere

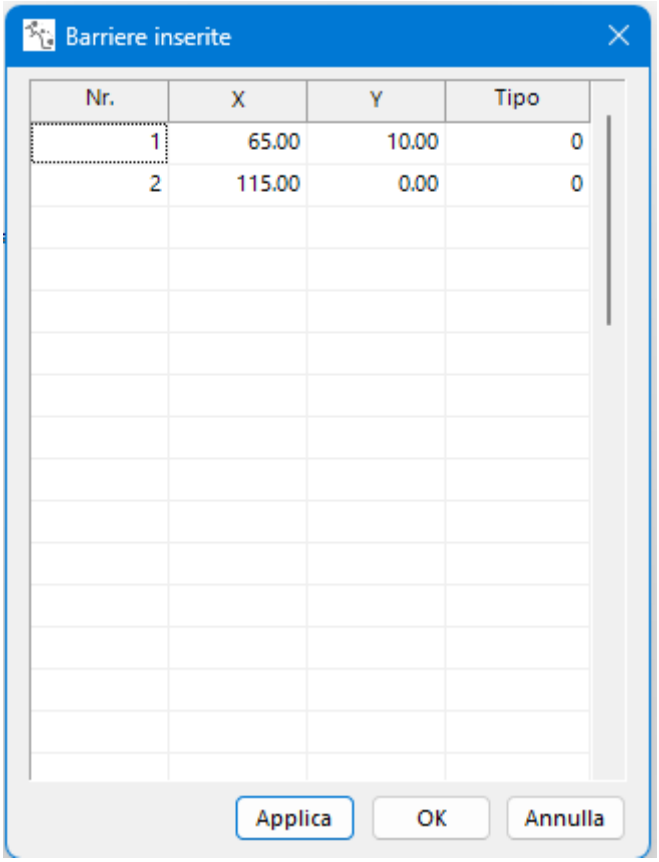
Tipologie barriere

In presenza di una o più tipologie di barriere, l'analisi del masso in caduta è condizionata dall'energia di assorbimento delle barriere intercettate. Quando il masso impatta sulla barriera con energia inferiore a quella di assorbimento della stessa, esso viene bloccato; in caso contrario il masso segue la sua traiettoria indipendentemente dalla presenza dell' opera.



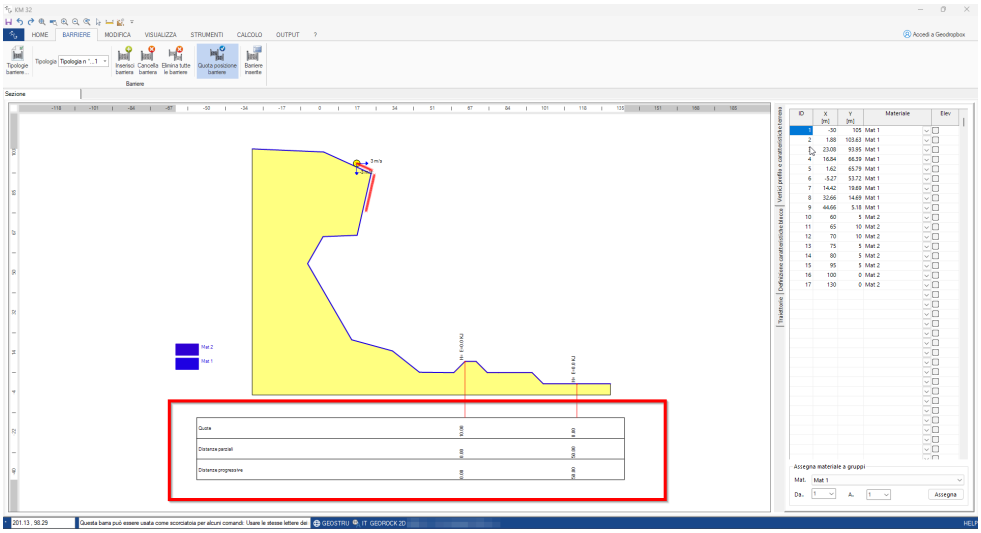
Barriere inserite

Cliccando sul comando appare una tabella in cui viene riportato il riepilogo delle barriere inserite, posizione rispetto al sistema di riferimento e tipologia.



Quota posizione

Cliccando sul comando e successivamente sulle barriere inserite nel grafico della sezione verrà visualizzata la tabella quotata di quest'ultime con esplicitato: Quote, Distanze parziali e Distanze progressive delle barriere



Tipologia, Inserisci barriera, Cancella barriera, Elimina tutte le barriere

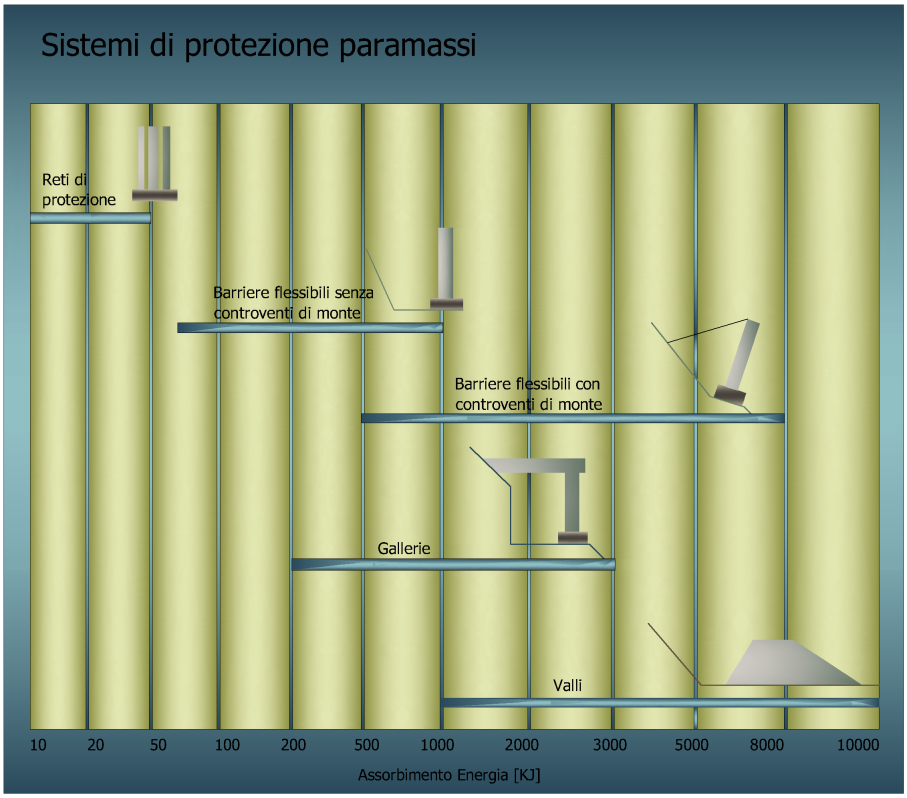
Attraverso questi strumenti è possibile selezionare la tipologia di barriera da inserire dal database create (Tipologia), Inserire graficamente la barriera selezionata in Tipologia (Inserisci barriera), Cancellare graficamente una barriera (Cancella barriera) ed eliminare tutte le barriere inserite graficamente (Elimina tutte le barriere).

Barriere Geoapp

Cliccando sulla finestra Geoapp tante novità sui calcoli online.

1.3.1 Barriere Paramassi

I sistemi paramassi sono dei sistemi di protezione con lo scopo di intercettare ed arrestare il percorso dei blocchi rocciosi prima che questi possono danneggiare le strutture da proteggere.
L'opera di difesa deve avere delle caratteristiche geometriche e meccaniche tali da assorbire l'energia cinetica e di impatto dei blocchi stessi. Un esempio di classificazione di tali sistemi sulla base del potere di assorbimento dell'energia viene riportata nell'immagine seguente.



Le barriere paramassi si possono classificare in rigide o flessibili i secondi possono essere messe in opera con o senza sistema di controvento di monte.
I sistemi a limitata deformabilità *"rigidi"* sono progettati per arrestare il masso in spazi ridotti;
i sistemi ad elevata deformabilità *"flessibili"* vengono progettati per dissipare elevati quantitativi di energia attraverso un lavoro sia in campo plastico che elastico.
Il corretto funzionamento di una barriera dipende in modo significativo dal dimensionamento dei componenti della struttura, i principali elementi sono:
le reti, costituiscono la struttura principale di intercettazione dei blocchi, che, deformandosi, dissipano l'energia cinetica dell'impatto.
Il valore dell'energia dissipato può essere calcolato dalla seguente relazione:

$$E_d = \left[\frac{0{,}5 \cdot M \cdot A_f \cdot Al^2}{L} \right] \cdot N_f \ [\text{kgcm}]$$

dove:

M	Modulo elastico;
A_f [cm^2]	area della sezione delle funi;
D_f [cm]	diametro delle funi;
A_l [cm]	allungamento massimo delle funi;

$$A_l = \left[\frac{a_p}{100} \right] \cdot L$$

a_p [%]	allungamento percentuale della fune, in genere pari a 8;
L [cm]	lunghezza totale della singola fune;
N_f	numero di funi coinvolte nell'impatto.

Dissipatori di energia, è un cappio di fune d'acciaio chiuso da un blocchetto di frizione. Quando il masso impatta contro la rete, il cappio tende a scorrere all'interno del blocchetto di frizione, dissipando per attrito una frazione dell'energia cinetica del masso impattante. Entrano in funzione quando quando la capacità di assorbimento della rete è esaurita. L'energia dispersa dai dissipatori si può calcolare con l'espressione di seguito:

©GEOSTRU

$$E_f = \frac{E_{c\max} - E_d}{L_c \cdot N_d} [\text{kgcm}]$$

dove:

E_{cmax}-E_d	frazione di energia cinetica non dissipata dalla deformazione della rete;
L_c	lunghezza del cappio;
N_d	numero di dissipatori che entrano in funzione.

I *montanti*, servono a mantenere dispiegate le reti, la loro funzione statica è indispensabile al funzionamento della barriera, può succedere che il masso impatta con uno dei puntoni che sostengono le reti, bisogna verificare la quantità di energia dissipata nell'urto e la necessità di predisporre eventuali ancoraggi. L'energia cinetica dissipata è data da:

$$E_{dp} = 0{,}5 \cdot F^2 \cdot \left[\frac{H^2}{3 \cdot M_a \cdot J_a} \right] [\text{kgcm}]$$

con

$$F = Mra \cdot \frac{S_a}{H} [\text{kg}]$$

rappresenta la massima forza assorbita dal puntone in fase elastica;

M_{ra}	[cm^3]	Modulo di resistenza dell'acciaio;
S_a	[kg/cm^2]	Resistenza a trazione dell'acciaio;
H	[cm]	Altezza fuori terra del puntone;
M_a	[kg/cm^2]	Modulo elastico dell'acciaio;
J_a	[cm^4]	Momento d'inerzia dell'acciaio.

La corrispondente massima deformazione dell'acciaio è data da:

$$D_{\max} = F \cdot \left[\frac{H^3}{3 \cdot M_a \cdot J_a} \right] [\text{cm}]$$

Nell'ipotesi che la deformazione dei puntoni rimanga in fase elastica, l'energia cinetica assorbita dagli ancoraggi sarà data da:

dove:

$$D_{ef} = \frac{D_{\max}}{\cos^2 \theta} [\text{cm}]$$

è l'allungamento della fune relativa alla massima deformazione elastica del puntone;

M_f [kg/cm^2]	Modulo elastico della fune;
θ [°]	angolo fra ancoraggio e puntone;
N_a	numero degli ancoraggi sollecitati.

Se però viene presa in considerazione la massima deformazione che può essere assorbita dalle funi si ottiene:

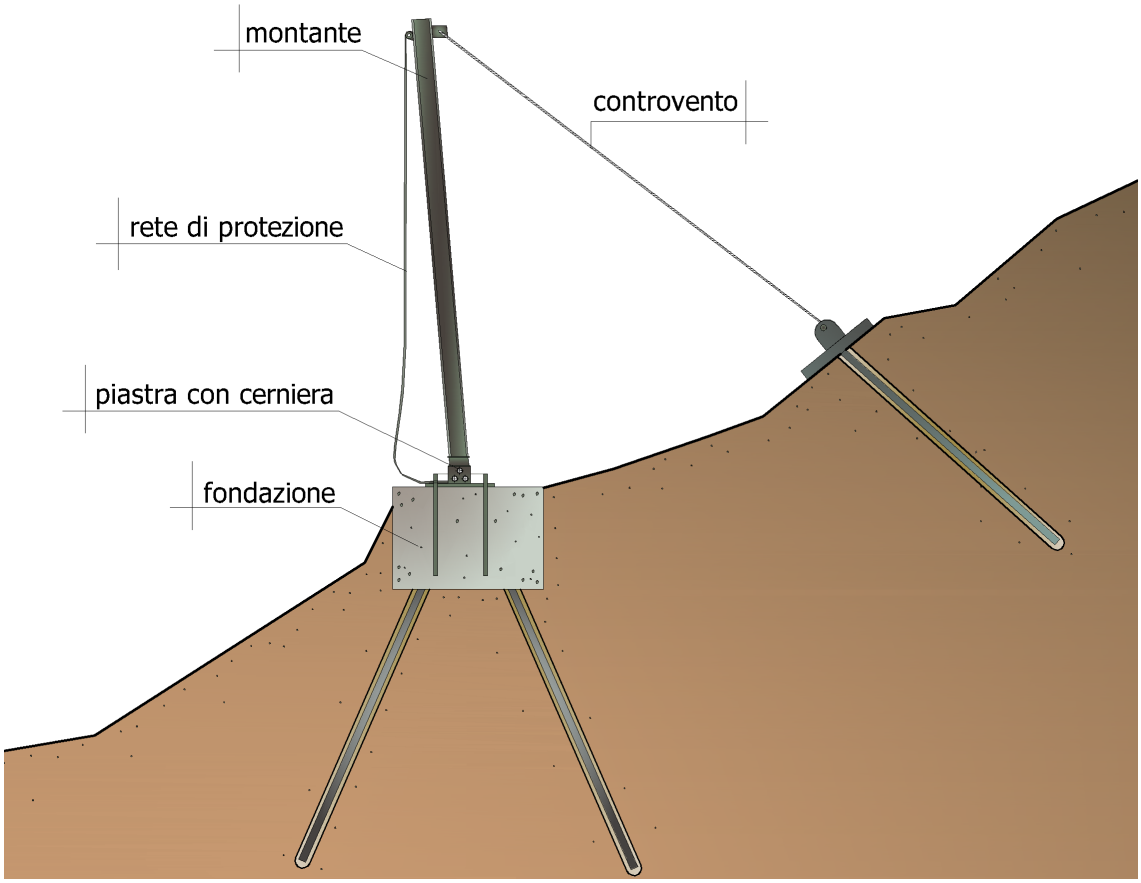
$$E_{da} = \left[\frac{0{,}5 \cdot M_f \cdot A_f \cdot D_{ef\max}^{\ 2}}{H} \right] \cdot N_a \, [\text{kgcm}]$$

$$D_{ef\max} = \frac{Al_{\max}}{100} \cdot \mathrm{L_t} \, [\text{cm}]$$

rappresenta l'allungamento massimo sopportabile dalla fune d'acciaio;

Al_{max}	[%]	allungamento percentuale massimo della fune;
L_t	[cm]	lunghezza totale della fune.

©GEOSTRU



Per verificare le capacità prestazionali delle barriere paramassi a rete vengono condotti delle prove di impatto *(crash test)* la norma ETAG 027 classifica una barriera paramassi in otto diverse classi energetiche; per ciascuna di esse, sono previsti due diversi livelli energetici.

Il livello di energia di una barriera paramassi è definito come l'energia cinetica di un blocco omogeneo e regolare che impatta la rete della barriera considerata.

- Livello energetico SEL *(Service Energy Level)*, la prova SEL indica la capacità della barriera di far fronte a eventi di caduta massi consecutivi in rapida successione.

La barriera a tale livello energetico deve arrestare completamente il blocco nel corso di due impatti successivi, devono essere garantiti durante la prova alcuni standard specifici che andremo di seguito ad elencare.

La barriera paramassi supera il test per il SEL se rispetta le seguenti condizioni:

1° lancio SEL valido se

1. Il blocco viene fermato dalla barriera.
2. Non ci sono rotture nelle componenti di connessione (che restano collegati alle fondazioni) nei montanti e nelle funi. Per

rottura s'intende la completa separazione della struttura in due parti distinte. L'apertura delle maglie della rete non può superare di due volte la dimensione iniziale delle maglie.
3. L'altezza residua della barriera dopo il test (senza rimuovere il blocco) è maggiore o uguale al 70% dell'altezza nominale.
4. Il blocco non tocca terra fino a che la barriera non raggiunge l'allungamento massimo durante la prova.

2° lancio SEL valido se

1. Il blocco viene fermato dalla barriera.
2. Il blocco non tocca terra fino a che la barriera non raggiunge l'allungamento massimo durante la prova.

Non è consentito alcun intervento di manutenzione tra il primo e secondo lancio SEL. L'energia di impatto del livello SEL è pari ad un terzo di quella del livello MEL, di seguito descritto.

- Livello energetico MEL *(Maximum Energy Level)*, massima energia di intercettazione garantita dalla barriera; occorre eseguire una prova di impatto nel corso del quale la barriera deve dare prova di arrestare il blocco e rispettare le seguenti condizioni:

1. Il blocco non tocca terra fino a che la barriera non raggiunge l'allungamento massimo durante il test.
2. L'altezza residua della barriera deve essere misurata e dichiarata secondo la seguente classificazione:

a. Categoria A: altezza residua ≥ 50% altezza nominale
b. Categoria B: 30% dell'altezza nominale < Altezza residua < 50 % altezza nominale
c. Categoria C: altezza residua ≤ 30% altezza nominale

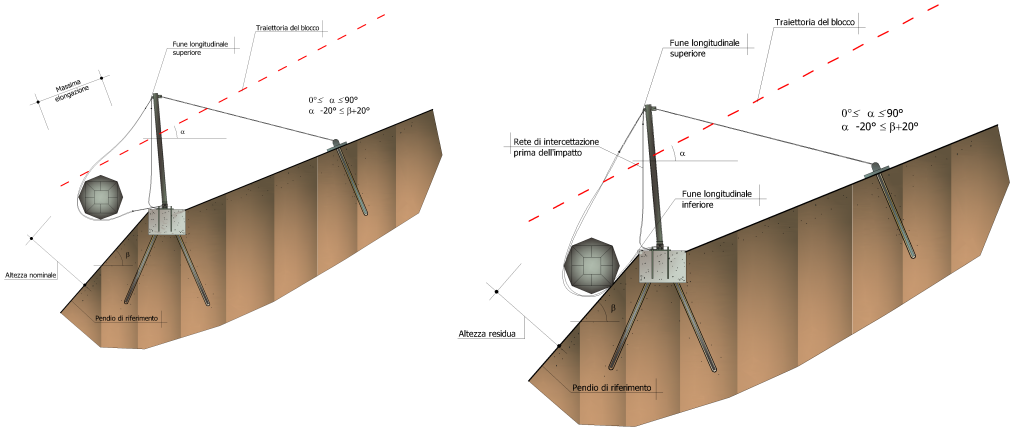
3. L'allungamento massimo della barriera durante il test deve essere misurata e dichiarata.
4. Deve essere redatta una descrizione dettagliata dei danni riportati dalla bariera dopo l'impatto a prova conclusa.

Oltre alla classificazione in categorie in funzione dell'altezza residua misurata, le barriere paramassi sono classificati in funzione dei livelli di energia SEL e MEL che si riportano nella tabella seguente.

Livello dell'energia	0	1	2	3	4	5	6	7	8
SEL (kJ)	-	85	170	330	500	660	1000	1500	>1500

MEL (kJ)≥	100	250	500	1000	1500	2000	3000	4500	>4500

Nelle seguenti due figure si indicano gli standard a cui ci si è riferiti nel descrivere le prove previste dalla norma ETAG 027.



Azioni sulle fondazioni

L'energia assorbita dai montanti, dagli elementi dissipatori e dal sistema di controvento genera degli sforzi al suolo che devono essere contrastati da opportuni sistemi di fondazione dei montanti e degli ancoraggi di monte e di valle. La norma ETAG 027 richiede che durante la prova la forza sollecitante sul sistema di fondazione deve essere misurata per tutto il periodo d'impatto, sarà possibile così redigere un documento che descrive l'andamento della forza sollecitante in funzione del tempo.

Gli strumenti di misura possono essere delle celle di carico che forniscono una serie di letture al secondo, ma il dimensionamento della fondazione viene effettuato oltre che in funzione dei carichi trasmessi anche in funzione delle proprietà geotecniche del sito, sarebbe opportuno cautelativamente riferirsi sempre alla configurazione peggiore.

1.4 Visualizza

Il metodo più comune per modificare le viste consiste nell' utilizzare le numerose opzioni di zoom del programma, che aumentano e riducono le dimensioni dell' immagine visualizzata nell' area di disegno.

Zoom finestra

Tramite zoom finestra è possibile zoomare rapidamente in avvicinamento su un'area specificando gli angoli che la definiscono. La regione specificata dagli angoli selezionati viene centrata nella nuova visualizzazione nel caso in cui non corrisponda esattamente al rapporto prospettico della finestra sottoposta a zoom. Il comando è attivabile anche dalla barra degli strumenti Standard.

Zoom dinamico

Esegue uno zoom interattivo tramite una estensione del disegno. Durante la fase di zoom dinamico il cursore assume la forma di una lente di ingrandimento con i segni più (+) e meno (-). Tenendo premuto il pulsante di selezione nel punto centrale della finestra e spostandosi verticalmente verso la parte superiore della finestra, si applica un fattore di zoom del 100%. Al contrario, tenendo premuto il pulsante di selezione nel punto centrale della finestra e spostandosi verticalmente verso la parte inferiore della finestra, si applica un fattore di zoom in allontanamento del 100%. Quando si rilascia il pulsante di selezione, lo zoom si interrompe. Il comando è attivabile anche dalla barra degli strumenti Standard.

Zoom precedente

Attiva la vista immediatamente precedente a quella attuale. Il comando è attivabile anche dalla barra degli strumenti Standard.

Zoom tutto

Riporta la vista completa del progetto di lavoro all' interno dell' area di disegno.

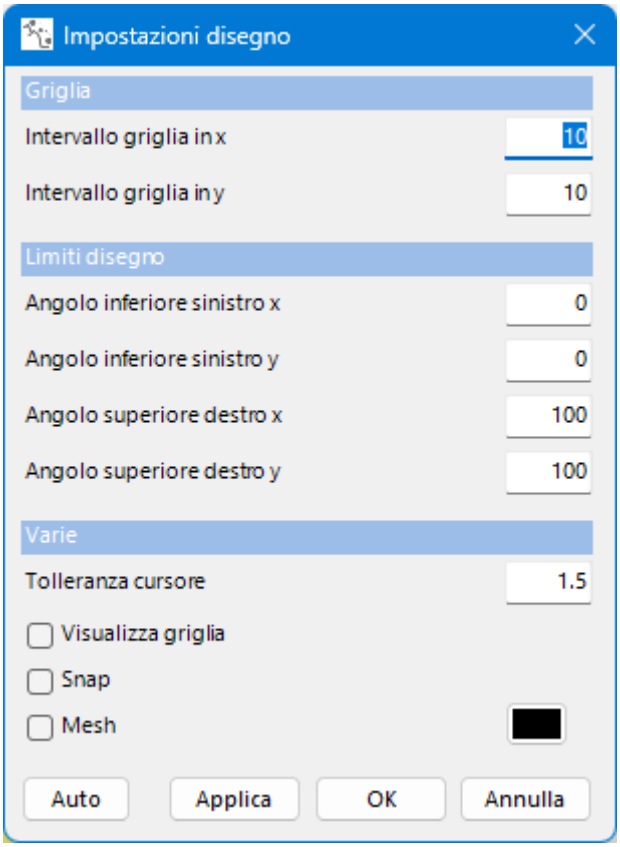
Nota

Lo zoom non modifica le dimensioni assolute del disegno, ma le dimensioni della vista all' interno dell' area di disegno. Il comando è attivabile anche dalla barra degli strumenti Standard.

In aiuti disegno è possibile impostare i dati di visualizzazione della griglia, la tolleranza del cursore ecc.

Impostazioni disegno

Si aprirà una finestra in cui modificare varie impostazioni per una migiore visualizzazione (intervallo e e y griglia, Limiti disegno) e varie proprietà per rendere più agevole il disegno (Tolleranza cursore, Snap) e le impostazioni per visualizzare la griglia (colore)



Visualizza griglia

Attiva o disattiva la griglia del disegno

Retinatura

Attiva o disattiva il colore di sfondo della sezione

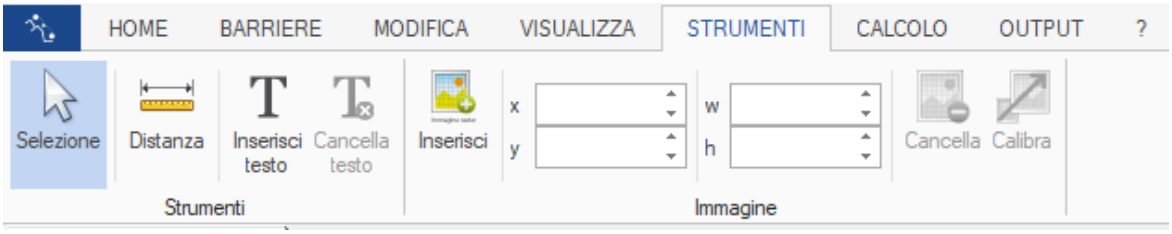
Legenda materiali

Attiva o disattiva la visualizzazione della legenda dei materiali utilizzati nella sezione di progetto

Cartiglio

Attiva o disattiva la visualizzazione della cartiglio

1.5 Strumenti



Nel menù Strumenti sono disponibili vari tools per aiutare l'utente nel disegnare la sezione

Selezione

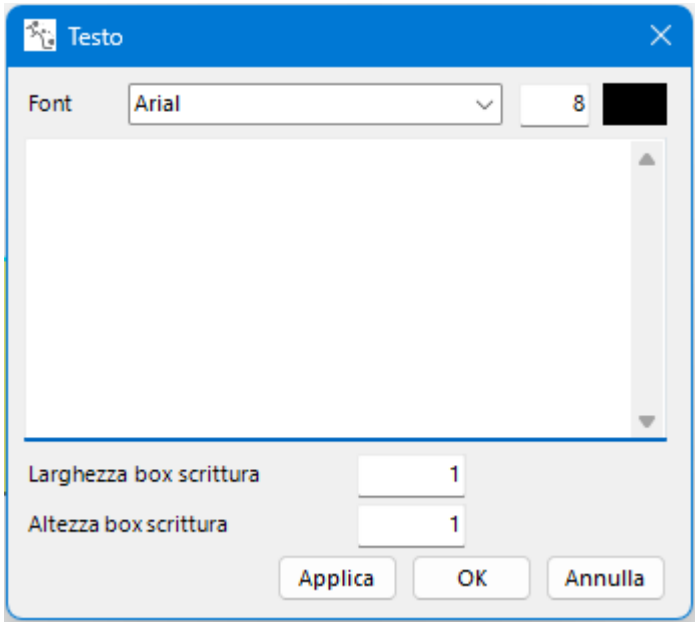
Seleziona gli oggetti

Distanza

Strumento di misura delle distanze. Per effettuare una misurazione cliccare il primo punto e tenere premuto: comparirà a schermo il valore della distanza in tempo reale (D=...) fino al secondo punto.

Inserisci testo

È possibile inserire annotazioni testuali personalizzate sulla sezione. Una volta cliccato sul punto su cui voler inserire il testo comparirà la finestra di personalizzazione ed editazione, da cui è possibile scegliere: Font, dimensione, colore e dimensioni box di scrittura.



Inserisci immagine (Inserisci)

Se si ha disposizione un'immagine raster di riferimento per il tracciamento della sezione è possibile importarla e scalarla attraverso questo strumento. Una volta cliccato sul disegno comparirà la finestra per aprire un file immagine. Quest'ultima verrà importata a grandezza orginale.

Calibra

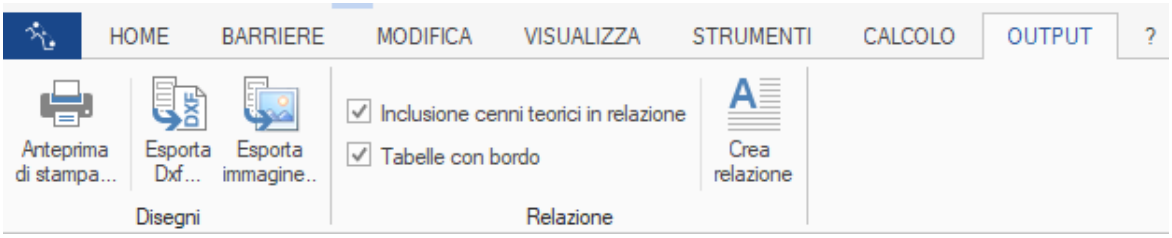
Una volta inserita l'immagine è possibile calibrarla (scalarla). Selezionato lo strumento comparirà la finestra con l'anteprima dell'immagine precedentemente importata con due dati di input:

- Distanza misurata: esprime al distanza che deve essere preventimente misurata, attraverso lo strumento Distanza, sull'immagine importata su GeoRock 2D.
- Distanza reale: Immettere qui il valore della distanza che avrebbe nella realta la Distanza misurata.

Cancella

Cancella l'immagine importata

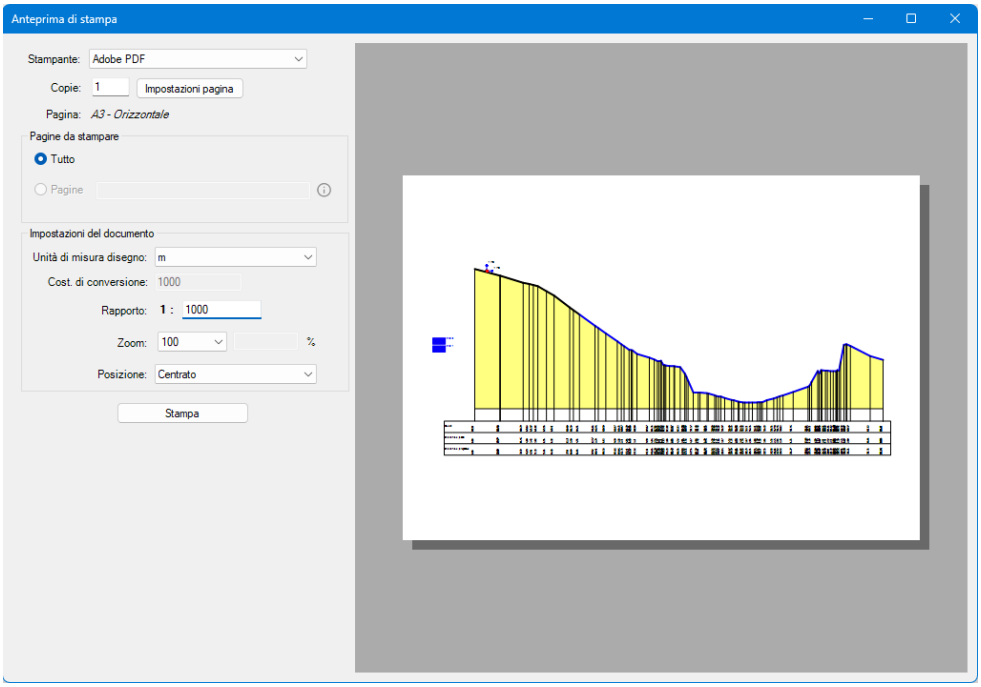
1.6 Output



È possibile stampare ed esportare il lavoro in vari formati dal menù Output

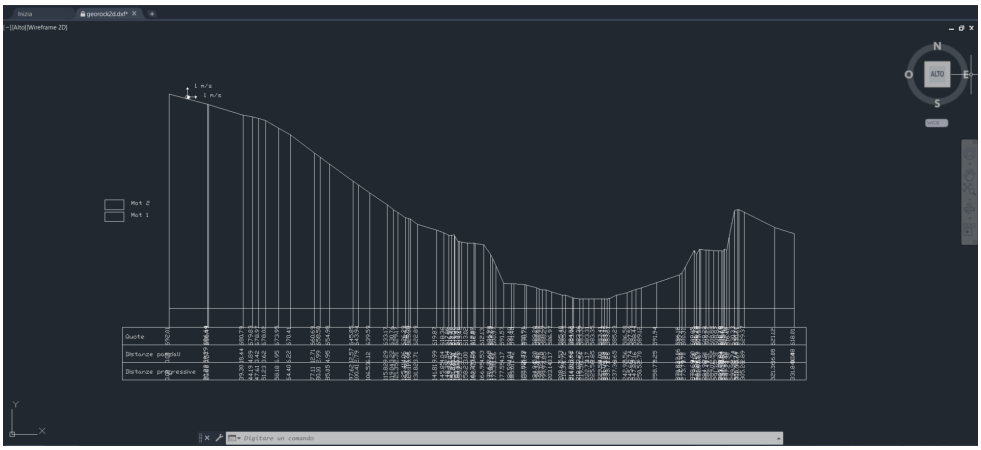
Anteprima di stampa

Da qui è possibile stampare in scala il disegno di progetto della sezione, scegliere la stampante con cui stampare (anche in PDF), l'impostazione della pagina (Formato A4, Formato A3, orientamento ecc...), rapporto di scala di stampa, posizione del disegno ecc...



Esporta in DXF

Con Georock 2D è possibile esportare il lavoro in file DXF con tutti i dettagli, compreso il cartiglio.

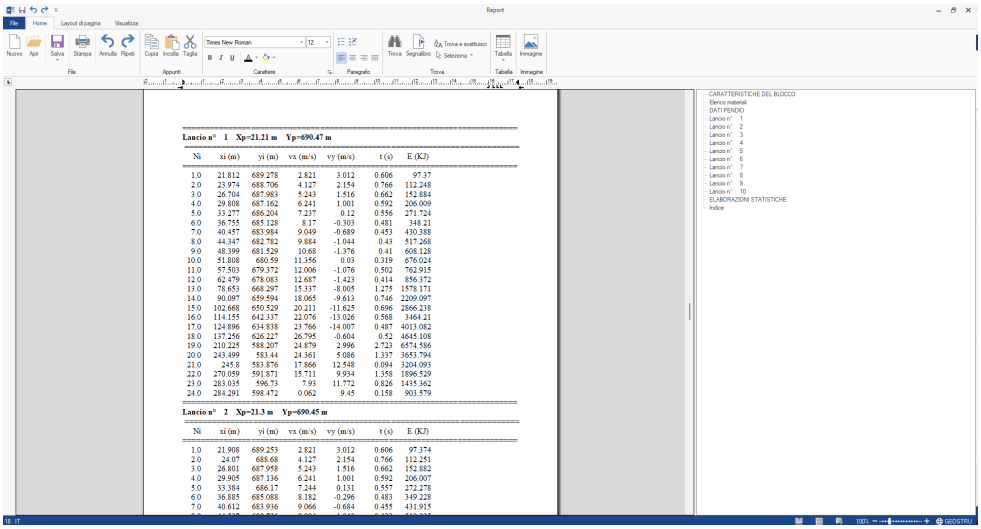


Esporta immagine

Con questo comando è possibile esportare lo schema della sezione in vari formati immagine (.jpeg, .png, .bmp e .tiff). Una volta premuto l'utente deve impostare la larghezza e l'altezza in pixel dell'immagine di output

Crea relazione

Verrà generato il report di calcolo completo di cenni teorici, è possibile salvare la relazione in vari formati (.rtf, .doc, .docx e PDF). Si può scegliere di non includere o meno i cenni teorici e i bordi delle tabelle attraverso le relative impostazioni accanto al comando "Crea relazione"



Lancio n° 1 Xp=21.21 m Yp=690.47 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1.0	21.812	689.278	2.821	3.012	0.606	97.37
2.0	23.974	688.706	4.127	2.154	0.766	112.248
3.0	26.704	687.983	5.243	1.516	0.662	152.884
4.0	29.808	687.162	6.241	1.001	0.592	206.009
5.0	33.277	686.204	7.237	0.12	0.556	271.724
6.0	36.755	685.128	8.17	-0.303	0.481	348.21
7.0	40.457	683.984	9.049	-0.689	0.453	430.388
8.0	44.347	682.782	9.884	-1.044	0.43	517.268
9.0	48.399	681.529	10.68	-1.376	0.41	608.128
10.0	51.808	680.59	11.356	0.03	0.319	676.024
11.0	57.503	679.372	12.006	-1.076	0.502	762.915
12.0	62.479	678.083	12.687	-1.423	0.414	856.372
13.0	78.653	668.297	15.337	-8.005	1.275	1578.171
14.0	90.097	659.594	18.065	-9.613	0.746	2209.097
15.0	102.668	650.529	20.211	-11.625	0.696	2866.238
16.0	114.155	642.337	22.076	-13.026	0.568	3464.21
17.0	124.896	634.838	23.766	-14.007	0.487	4013.082
18.0	137.256	626.227	26.795	-0.604	0.52	4645.108
19.0	210.225	588.207	24.879	2.996	2.723	6574.586
20.0	243.499	583.44	24.361	5.086	1.337	3653.794
21.0	245.8	583.876	17.866	12.548	0.094	3204.093
22.0	270.059	591.871	15.711	9.934	1.358	1896.529
23.0	283.035	596.73	7.93	11.772	0.826	1415.362
24.0	284.291	598.472	0.062	9.45	0.158	903.579

Lancio n° 2 Xp=21.3 m Yp=690.45 m

Ni	xi (m)	yi (m)	vx (m/s)	vy (m/s)	t (s)	E (KJ)
1.0	21.908	689.253	2.821	3.012	0.606	97.374
2.0	24.07	688.68	4.127	2.154	0.766	112.251
3.0	26.801	687.958	5.243	1.516	0.662	152.882
4.0	29.905	687.136	6.241	1.001	0.592	206.007
5.0	33.384	686.17	7.244	0.131	0.557	272.278
6.0	36.885	685.088	8.182	-0.296	0.483	349.228
7.0	40.612	683.936	9.066	-0.684	0.455	431.915

1.7 Calcolo

Introduzione ai metodi di calcolo

Il moto di caduta di un blocco lungo una scarpata rocciosa dipende da numerosi fattori che non è facile esprimere numericamente.
Le traiettorie dei blocchi dipendono dalla geometria della scarpata, dalla forma del blocco in caduta e dalla sua velocità iniziale al momento del distacco dal pendio, ed inoltre dall'entità dell'energia dissipata per effetto degli urti durante la caduta. I blocchi in caduta possono, infatti, scivolare, rotolare o rimbalzare a valle a seconda della loro forma, appiattita o arrotondata, e dell'inclinazione del pendio.

L'energia dissipata per effetto degli urti è in genere diversa al variare delle caratteristiche del moto e dipende dalle caratteristiche meccaniche del blocco e dai materiali presenti lungo la scarpata (roccia, terreno, vegetazione) che si oppongono in misura differente al moto dei blocchi.
Nella realtà, tuttavia, è praticamente impossibile determinare puntualmente il profilo di un pendio ed individuare la forma dei diversi blocchi che potrebbero distaccarsi.

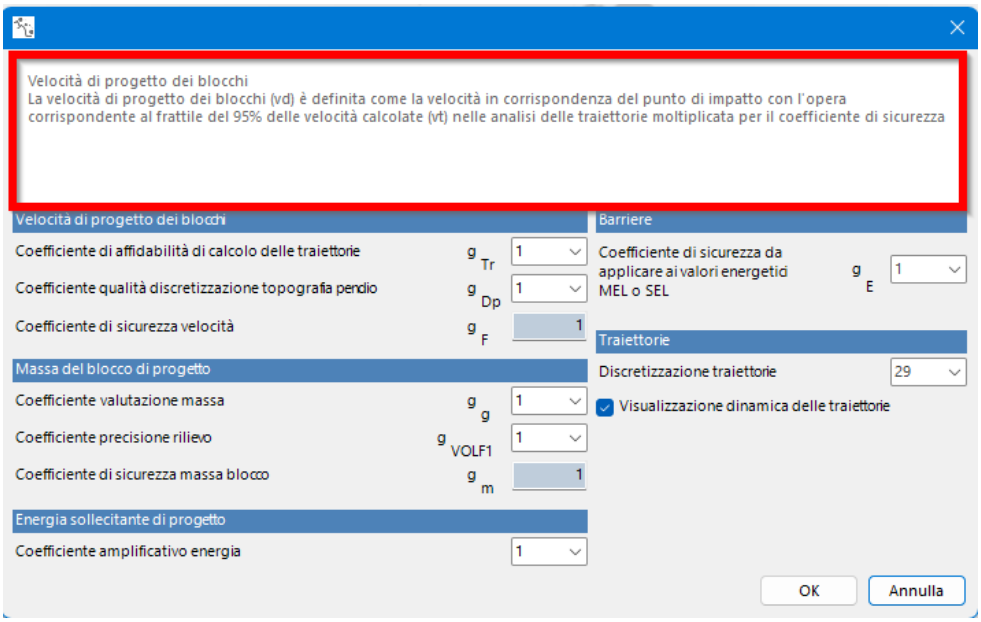
Inoltre la geometria del pendio e la natura dei materiali affioranti subiscono nel tempo modifiche, anche sensibili, per effetto, dell' alterazione della roccia, per l' accumulo di detriti nelle zone meno acclivi e per lo sviluppo della vegetazione.
Infine, diviene praticamente impossibile modellare il moto di caduta dei blocchi nei casi in cui questi si frantumino per effetto degli urti, né è possibile individuare le zone del pendi in cui si verifica la frantumazione.
Per l'analisi delle traiettorie di caduta è necessario fare riferimento a modelli molto semplificati: la progettazione geotecnica degli interventi di protezione deve essere, perciò, sviluppata sulla base di un ampia sperimentazione numerica, che consenta di indagare sui diversi aspetti del fenomeno e riconoscere i fattori principali che influenzano il moto di caduta nella particolare situazione in esame.
Nei casi più complessi potrà essere opportuno tarare il modello sulla base di un'analisi di traiettorie rilevate con cinematografia in sito in seguito al crollo dei blocchi.
Esistono due modelli analitici, il Lumped-Mass e il Colorado Rockfall Simulation Program (CRSP), usati prevalentemente per studiare il fenomeno della caduta massi in maniera analitica. Nel modello Lumped-Mass il blocco in caduta è considerato come un semplice punto dotato di massa e velocità, e l'impatto sul terreno

©GEOSTRU

è condizionato dai coefficienti di restituzione normale e tangenziale. Un modello più rigoroso è, invece, il CRSP, in quanto tiene conto della forma e dimensione del blocco.

Opzioni analisi

Da qui è possibile impostare tutti i parametri di progetto della simulazione. Impostando i vari coefficienti vengono,il software Georock 2D, calcola in automatico, i coefficienti di sicurezza. Inoltre ogni qualvolta che si clicca sul valore numerico del coefficiente da inserire, verranno visualizzate su schermo tutte le indicazioni relative a quel parametro, aiutando l'utente nell'inserimento.



Metodo Lumped Mass

Scegliendo questa opzione viene effettuato il calcolo delle traiettorie con il metodo Lumped Mass *(ipotesi di blocco puntiforme)*.

Metodo CRSP

Scegliendo questa opzione viene effettuato il calcolo delle traiettorie con il metodo Colorado Rockfall Simulation Program *(ipotesi di blocco tridimensionale)*.

Esegui Calcolo

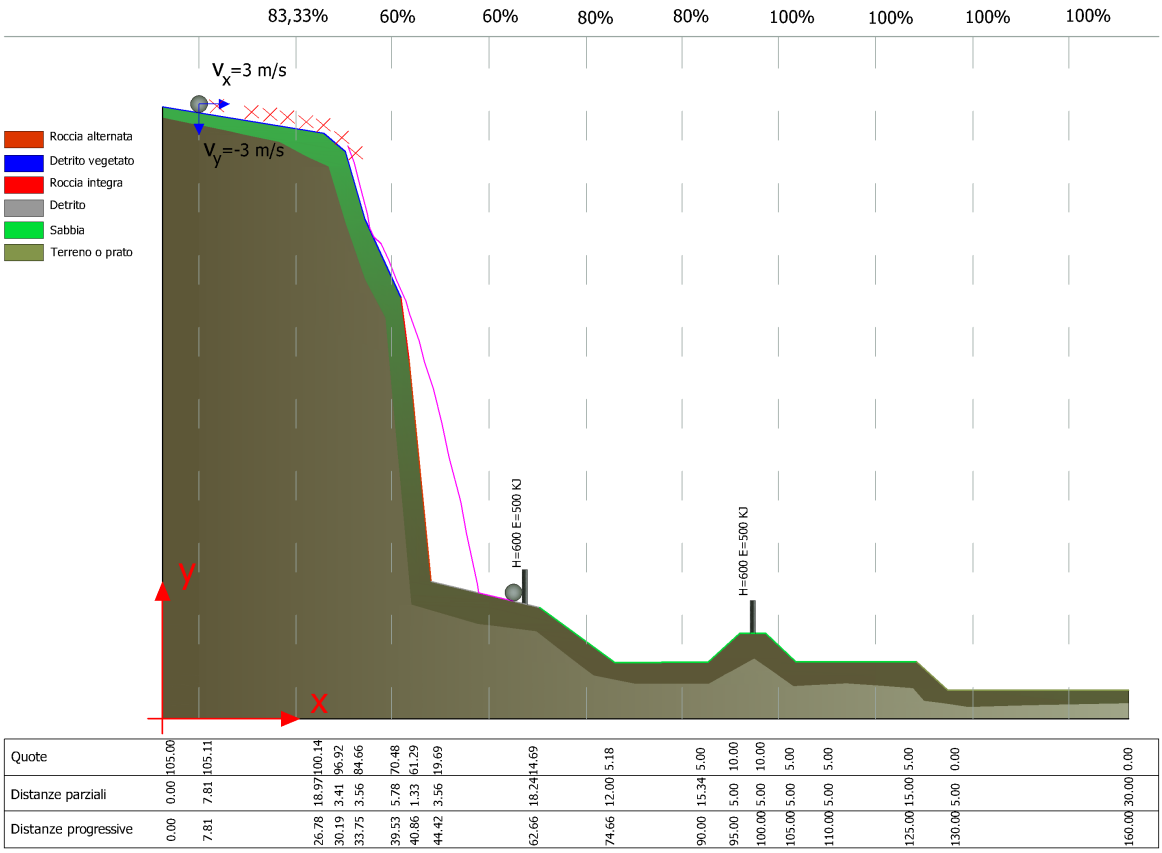
Effettua il calcolo in base al metodo prescelto visualizzando le traiettorie seguite dal masso in base alle sue dimensioni e ai coefficienti di restituzione. A calcolo eseguito, nel pannello laterale all'area di lavoro, vengono riportate le informazioni sulle singole traiettorie:
numero d' ordine, colore di rappresentazione, descrizione e massima ascissa raggiunta.

Visualizza le singole traiettorie

Opzione per la visualizzazione delle traiettorie definite nel calcolo; per la visualizzazione procedere come segue:

- scegliere il comando Visualizza singole traiettorie;
- dal pannello laterale scegliere la traiettoria da visualizzare sullo schermo.
- Portarsi con il mouse sull'area di lavoro: scorrendo il cursore del mouse lungo la traiettoria, sulla barra di stato (barra in basso al foglio di lavoro) compariranno i valori della velocità del masso, l'altezza della traiettoria e l'energia del masso.
- Per la traiettoria scelta, nella griglia sottostante, viene effettuata una discretizzazione a passo costante del percorso e, per ogni ascissa X, è restituito il tempo di volo, l'altezza della traiettoria nel punto X, la velocità e l'energia del masso. La griglia di dati può essere copiata ed incollata in Excel.
- Inoltre, in corrispondenza della singola traiettoria, con i dati riportati in tabella, il programma permette la generazione di grafici delle altezze, velocità ed energia. Tali grafici sono creati a video direttamente sulla sezione e sono stampabili con il comando di "*Anteprima di stampa*".

©GEOSTRU



Informazioni sulla singola traiettoria

Selezionando questa opzione è possibile avere delle informazioni sulle singole traiettorie. Per farlo procedere come segue:

- Sulla griglia " *Visualizza singole traiettorie*" selezionare la traiettoria da visualizzare;
- Scorrere con il mouse i punti della traiettoria selezionata, apparirà una label in cui verranno riportati punto per punto i valori della velocità d'impatto, dell'altezza della parabola rispetto al profilo del terreno, la frazione del tempo di volo nel punto interrogato e il valore dell'energia cinetica posseduta dal masso nella posizione.

Report % massi fermati

Restituisce in relazione i valori della % dei massi intercettati in corrispondenza di ogni ascissa. La selezione di tale comando visualizza una finestra di dialogo in cui è richiesto all' utente il passo di scansione delle ascisse: ad ogni X viene indicata la percentuale di massi fermati e, selezionando l' opzione *"Mostra mesh % massi fermati"*, vengono visualizzate lungo il percorso del masso le corrispondenti percentuali.

Parametri dei grafici

In questo pannello vengono scelte le impostazioni per la visualizzazione corretta dei grafici di cui sotto; in particolare, per l'Istogramma Energia, è possibile scegliere il passo di rappresentazione dell' energia digitando il valore in Passo di rappresentazione.., oppure farlo definire in automatico al programma; per la distribuzione energia, invece, è consentito scegliere il passo con cui far variare l' ascissa in cui è calcolata l' energia del masso e il fattore di rappresentazione dell' energia per una visione più o meno scalata dei picchi. Per il grafico parabole, analogamente, si deve impostare il fattore di rappresentazione per una visualizzazione più o meno accentuata dei picchi raggiunti dall' altezza.

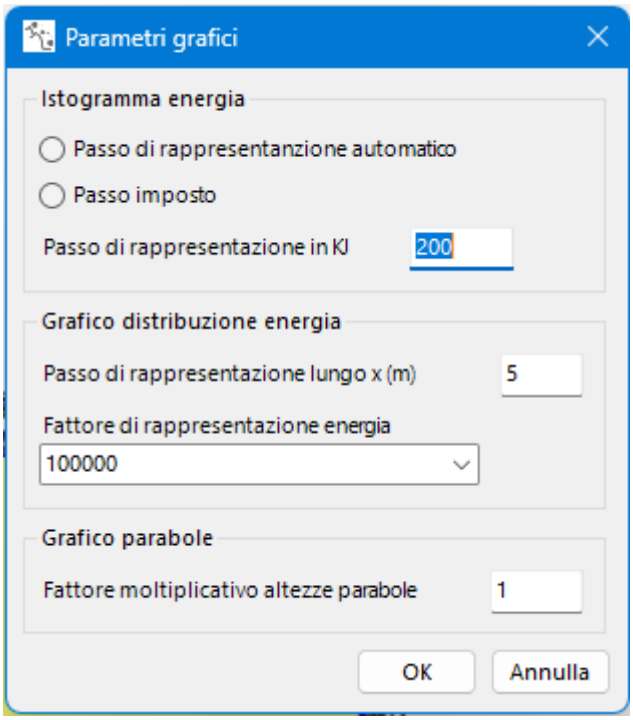


Grafico istogramma energia

Il comando costruisce un istogramma in cui è riportata la distribuzione dell' energia delle traiettorie in un punto particolare definito dall' utente.
In ascissa sono rappresentate le energie ad intervalli, mentre in ordinate il numero di traiettorie che hanno un valore di energia appartenente ad uno degli intervalli in cui è stato discretizzato l'asse delle ascisse.
Per scegliere il punto in cui calcolare l' energia l' utente deve portarsi sull' area di lavoro e con un click del mouse scegliere il

punto specifico, a seguire l'operazione descritta apparirà una tabella che interroga l'utente di confermare o modificare il valore dell'ascissa relativa al punto prescelto, dopo la conferma, viene generato il grafico con i valori delle energie corrispondenti.
La generazione dell' istogramma è disponibile dopo aver eseguito il calcolo.
L'istogramma può essere copiato negli appunti ed incollato come bitmap: posizionarsi sull' istogramma e premere il pulsante destro del mouse, dal menu' si può scegliere anche di fare l'anteprima di stampa ed eventualmente stampare il grafico.

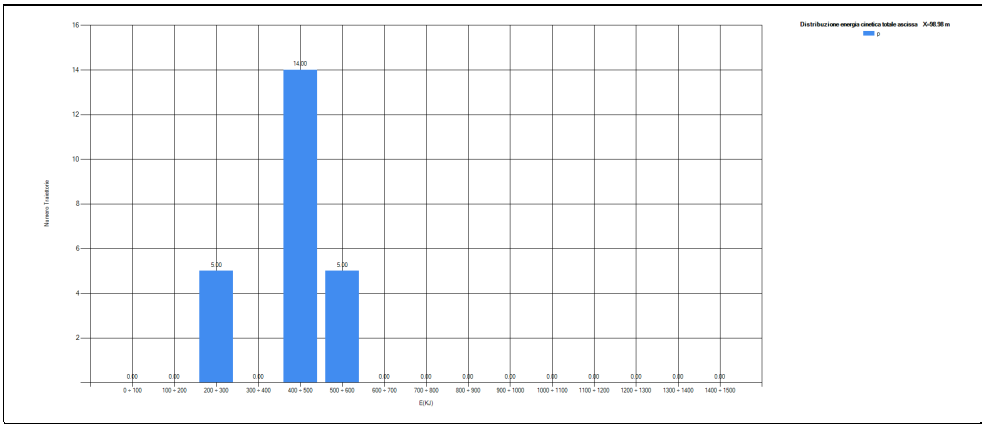
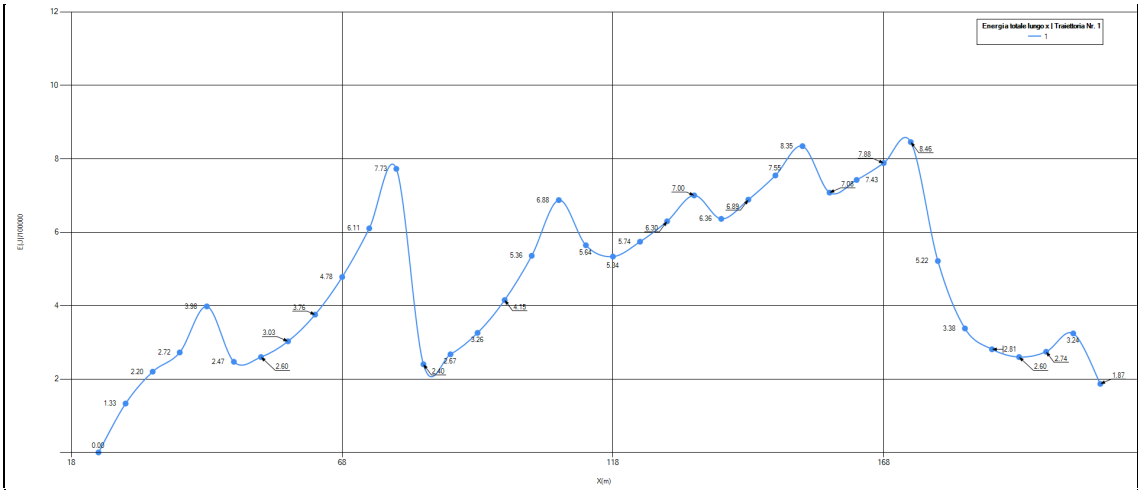


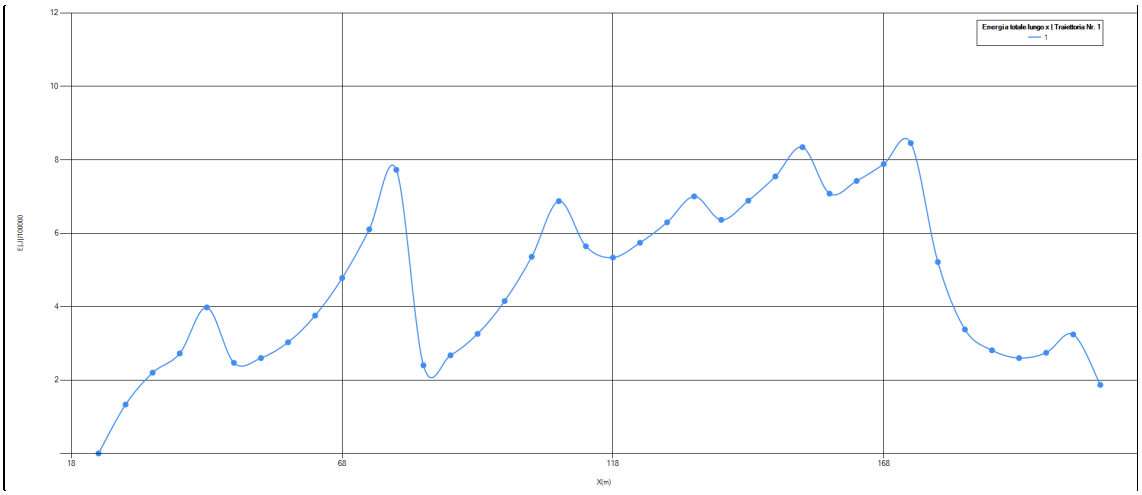
Grafico distribuzione energia

Rappresenta, per ogni traiettoria, l' andamento dell' energia del masso lungo il percorso di caduta; in ascisse è rappresentata la X (distanza progressiva lungo il profilo), mentre in ordinata l' energia del masso nel punto in considerazione. Dopo aver eseguito il calcolo, facendo clik sul tasto destro del mouse si attiva una finestra di scelta dalla quale è possibile scegliere il grafico che si vuole visualizzare a video, è data la possibilità all'utente di operare una scelta sulla singola traiettoria oppure visualizzare tutti i grafici dell'energia associati ad ogni singola traiettoria. La rappresentazione dell'insieme dei grafici avviene in sequenza da sinistra a destra, per la visualizzazione completa basta posizionarsi in un punto qualsiasi dell'area del grafico e col pulsante sinistro del mouse scorrere da destra verso sinistra il grafico.
Sugli assi del sistema di riferimento cartesiano sono presenti le scrollbar per spostarsi da sinistra verso destra e dal basso verso l'alto sul piano cartesiano tale funzionalità si attiva quando la scala di rappresentazione grafica non consente di avere una rappresentazione completa del grafico sull'area di lavoro. È possibile rappresentare l'insieme di tutti grafici dell'energia associati alle singole traiettorie.

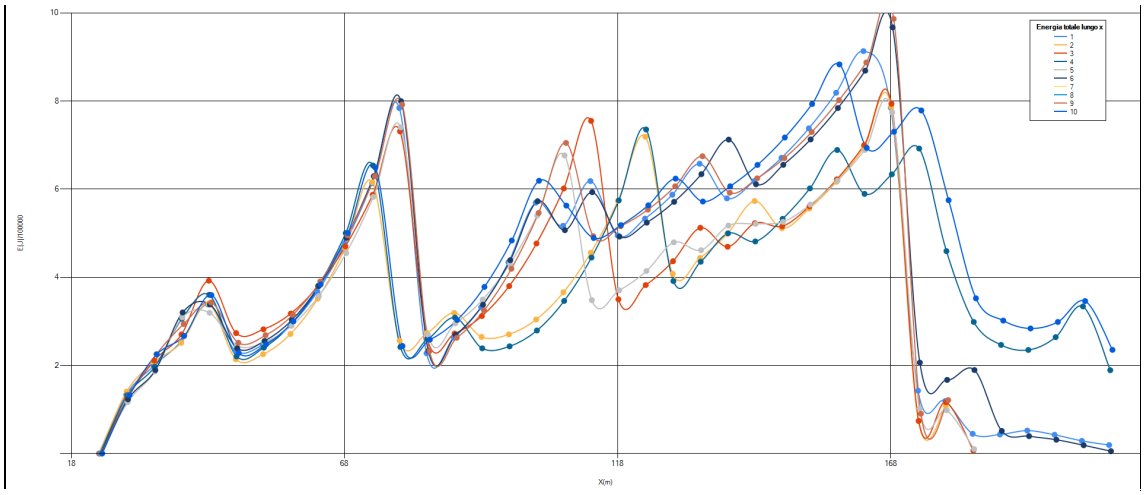
E' data la possibilità all'utente di scegliere se visualizzare sul grafico le etichette dei valori, l'opzione di scelta si attiva con un click dal tasto destro del mouse opzione "Etichette".
I grafici possono essere copiati in memoria per essere, successivamente, incollati in Word o in altre applicazioni, inoltre è possibile visualizzare l'anteprima di stampa dell'area di lavoro tutte le operazioni descritte possono essere eseguite selezionando il comando specifico dalla tabella di scelta che si attiva premendo il tasto destro del mouse.



con etichette



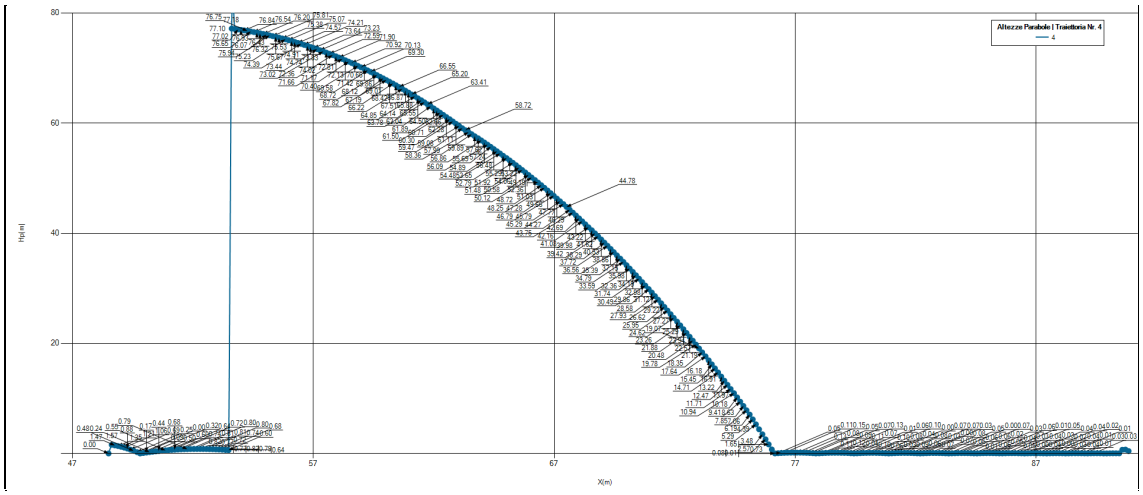
senza etichette



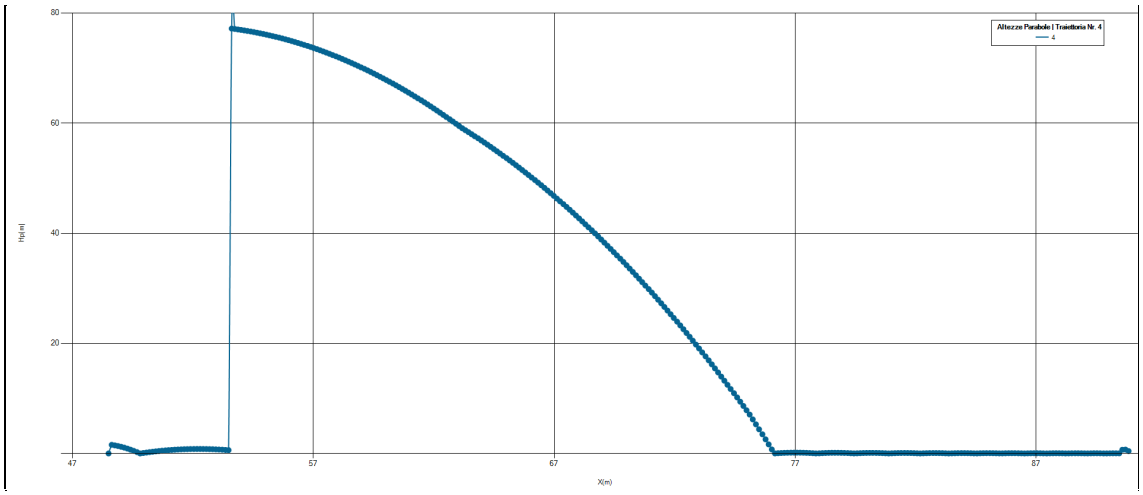
inviluppo

Grafico traiettorie

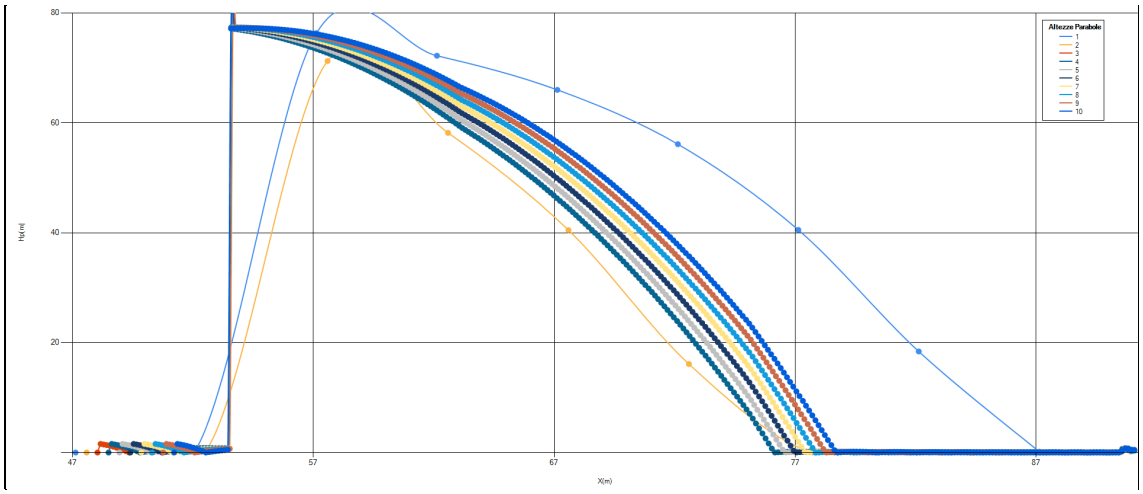
Grafico traiettorie o grafico altezze parabole, rappresenta l' andamento dell' altezza del masso lungo il percorso di caduta; in ascisse è rappresentata la X (distanza progressiva lungo il profilo), mentre in ordinata l' altezza del masso nel punto specifico, il sistema di riferimento è quello solidale al profilo. Il grafico può essere visualizzato seguendo lo stesso criterio esposto nel paragrafo "Grafico Distribuzione Energia".



con etichette



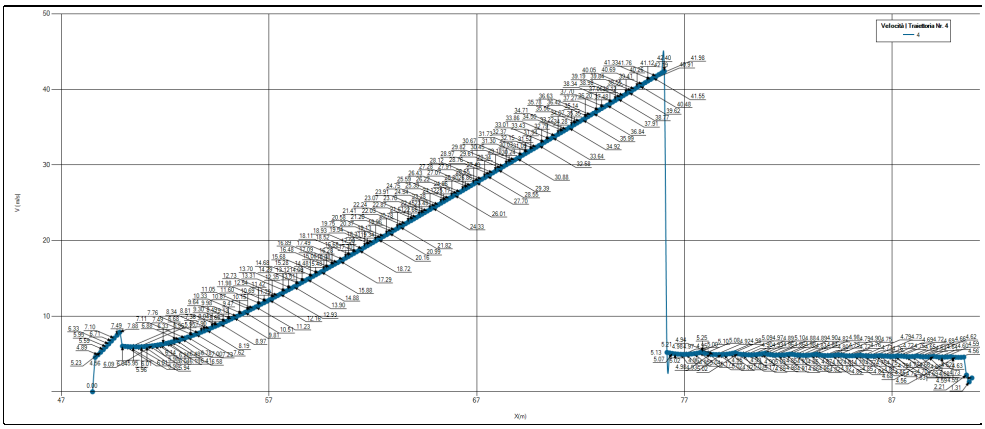
senza etichette



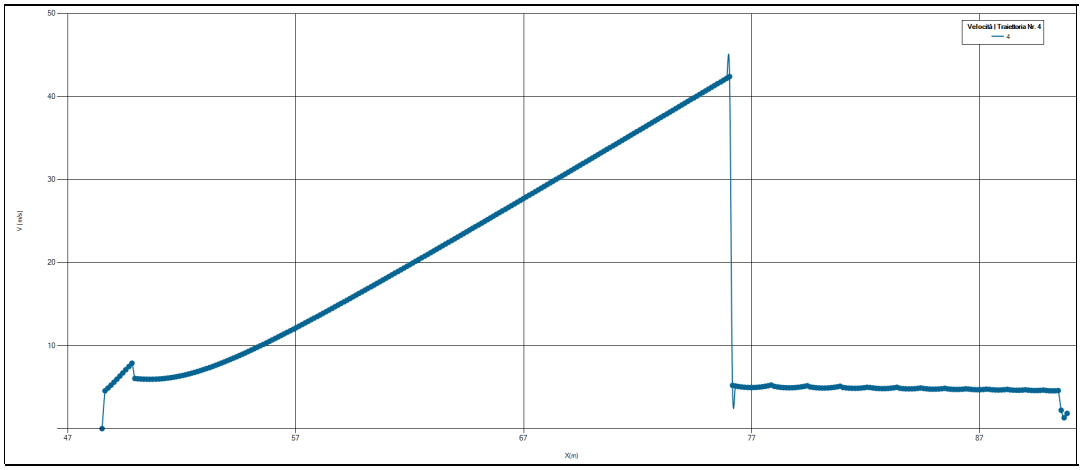
inviluppo

Grafico velocità

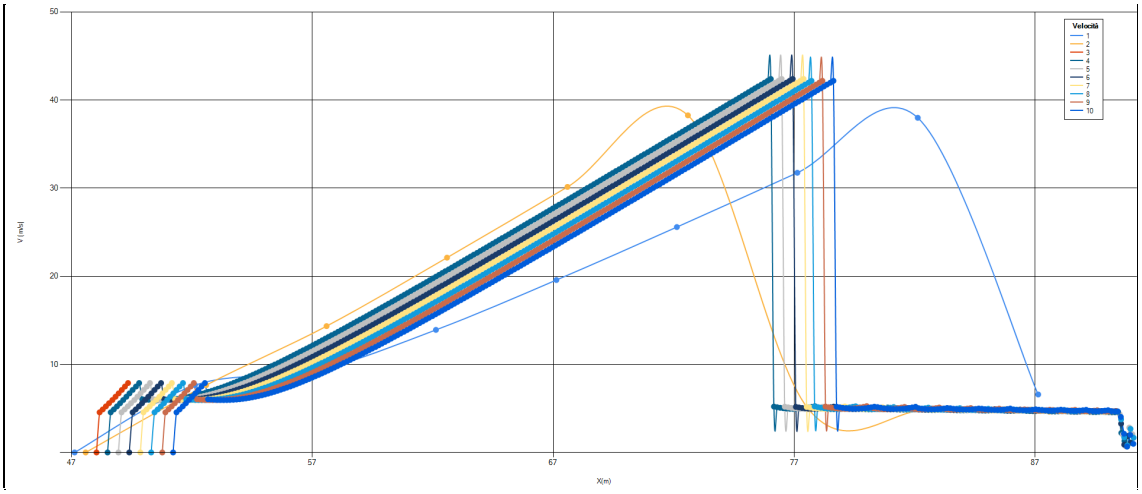
Rappresenta l' andamento della velocità del masso lungo il percorso di caduta; in ascisse è rappresentata la X (distanza progressiva lungo il profilo), mentre in ordinata la velocità del masso nel punto specifico, il sistema di riferimento è quello solidale al profilo. Il grafico può essere visualizzato seguendo lo stesso criterio esposto nel paragrafo "Grafico Distribuzione Energia".



con etichette



senza etichette

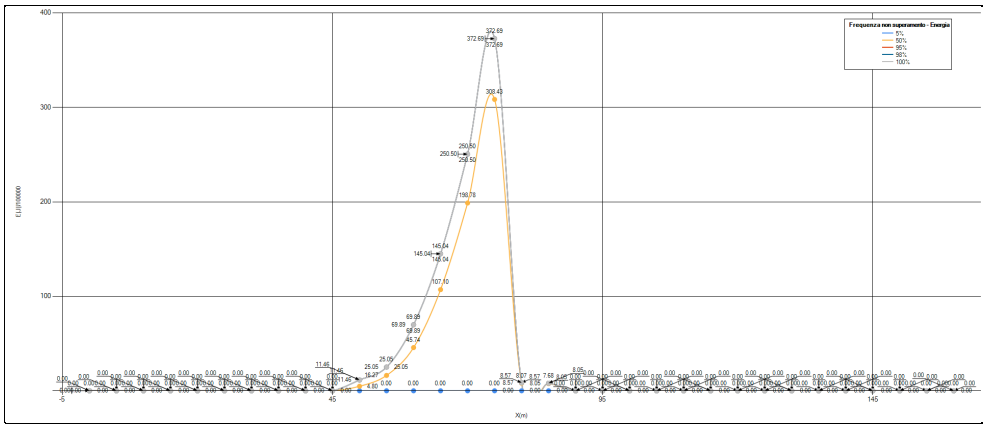


inviluppo

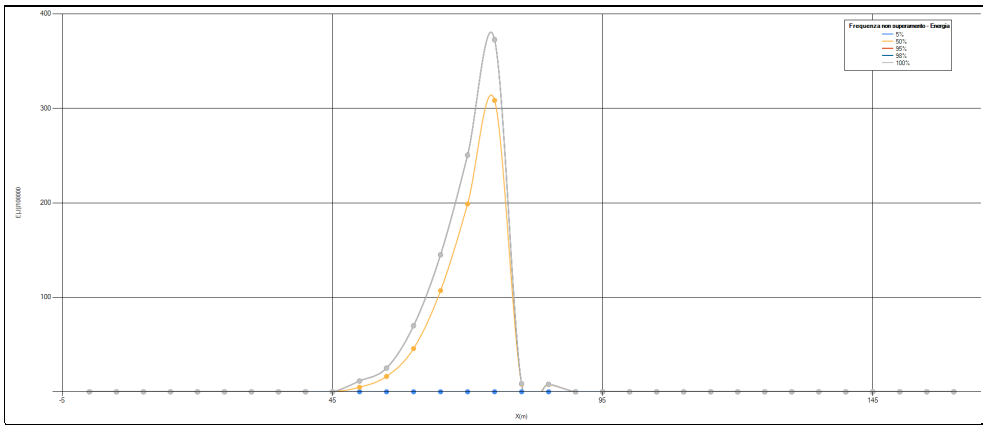
Frequenza di non superamento

In questo grafico è possibile visualizzare la probabilità o frequenza di non superamento dell'energia lungo il percorso di caduta. In particolare, in ascisse è rappresentata la X (distanza progressiva

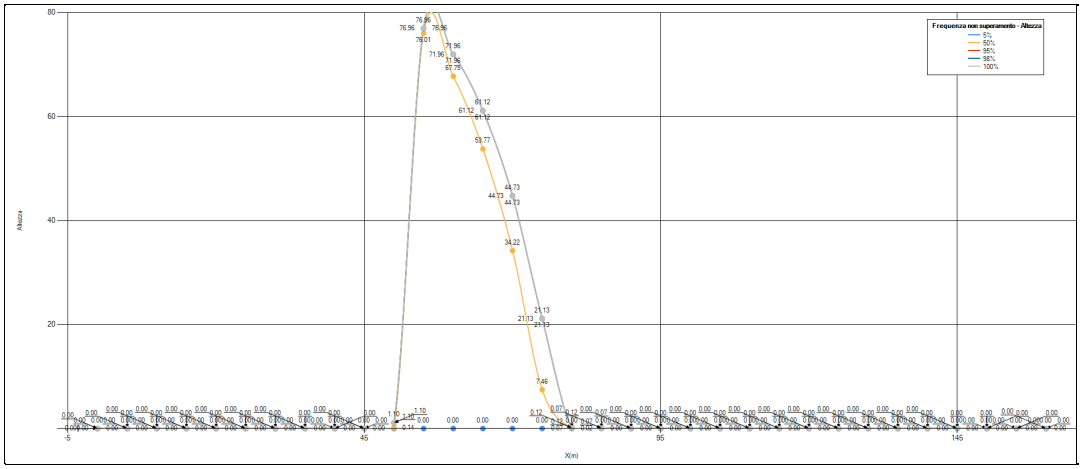
lungo il profilo), mentre in ordinata l'energia o l'altezza espressa in 5 classi di non superamento (5%, 50%, 95%, 98% e 100%). Questa analisi mostra la probabilità che un determinato valore di energia e di altezza non venga superato lungo il percorso di caduta del masso.



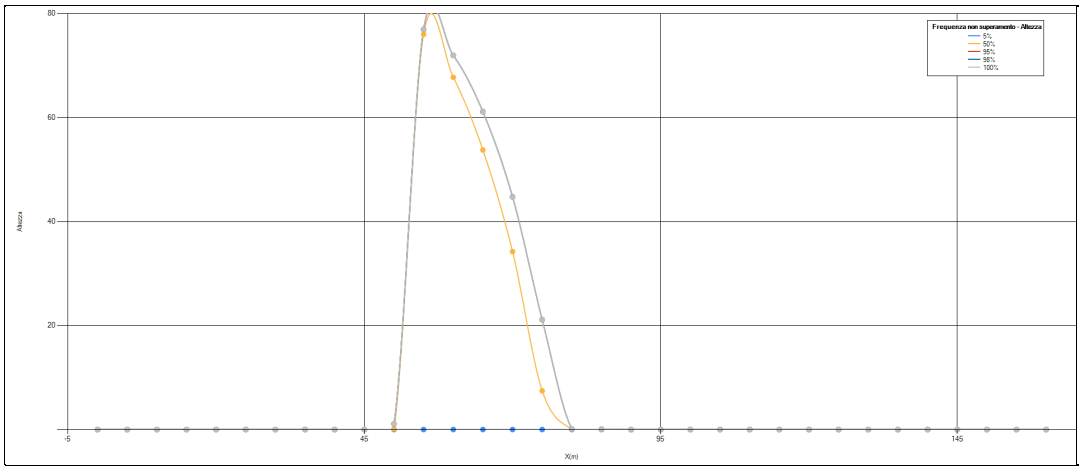
Frequenza di non superamento Energia con etichette



Frequenza di non superamento Energia senza etichette



Frequenza di non superamento Altezze con etichette

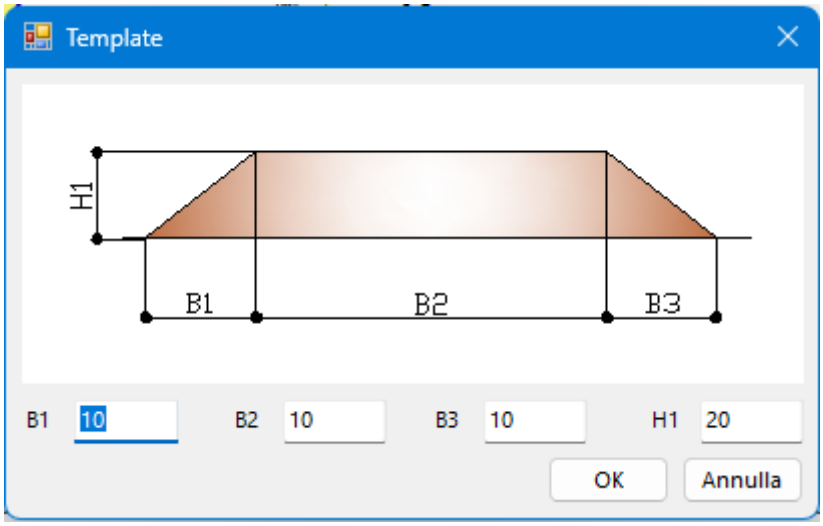


Frequenza di non superamento Altezze senza etichette

Per passare dal grafico della Frequenza di non superamento delle energie a quello delle altezza basta fare click col pulsante destro del mouse sul grafico e scegliere "Energia" o "Altezza". Lo stesso vale per le impostazioni di visualizzazione degli altri grafici

Rilevato

Il template consente di creare delle barriere di protezione (rilevati), per inserirli sul profilo è sufficiente confermare le misure assegnate con "ok" ,portarsi sull'area di lavoro e con un click scegliere il punto specifico di inserimento.



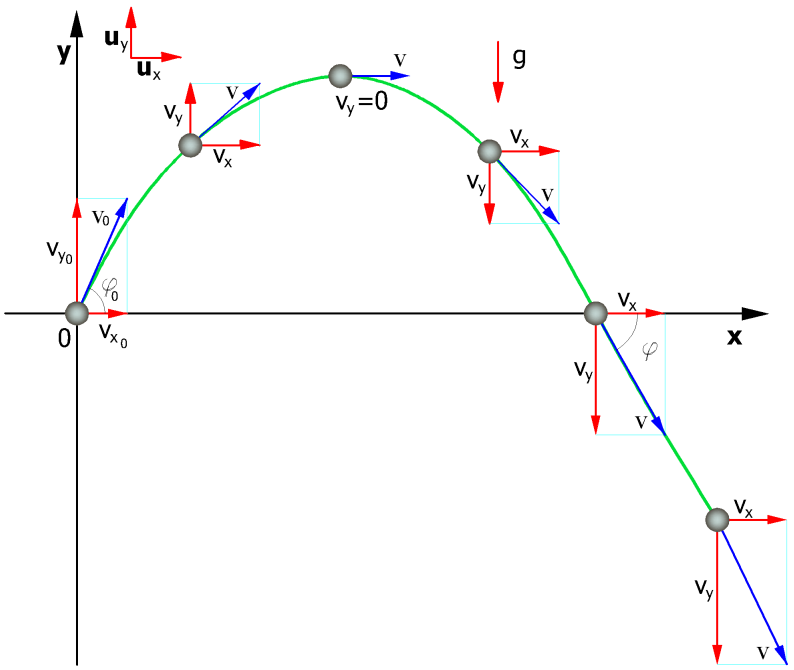
1.7.1 Metodo Lumped Mass

Le ipotesi del modello Lumped Mass sono:

1. schema piano, profilo del pendio assimilabile ad una spezzata costituita da segmenti rettilinei;

2. blocco puntiforme e resistenza dell' aria trascurabile.

In tal caso la traiettoria del blocco può essere determinata utilizzando le equazioni del moto di un grave



Il moto è caratterizzato da un'accelerazione costante $a=g=-g\mathbf{u}_y$ e le condizioni iniziali sono $v=v_0$ al tempo t=0, istante di lancio.

Dalla definizione di accelerazione nel moto piano si ricava la seguente relazione:

poichè

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 \cos\theta \cdot \vec{u}_x + \vec{v}_0 \sin\theta \cdot \vec{u}_y - gt \cdot \vec{u}_y$$

le velocità dei moti proiettati sugli assi sono:

$$v_x(t) = v_0 \cos\theta = \text{cost}$$
$$v_y(t) = v_0 \sin\theta - gt$$

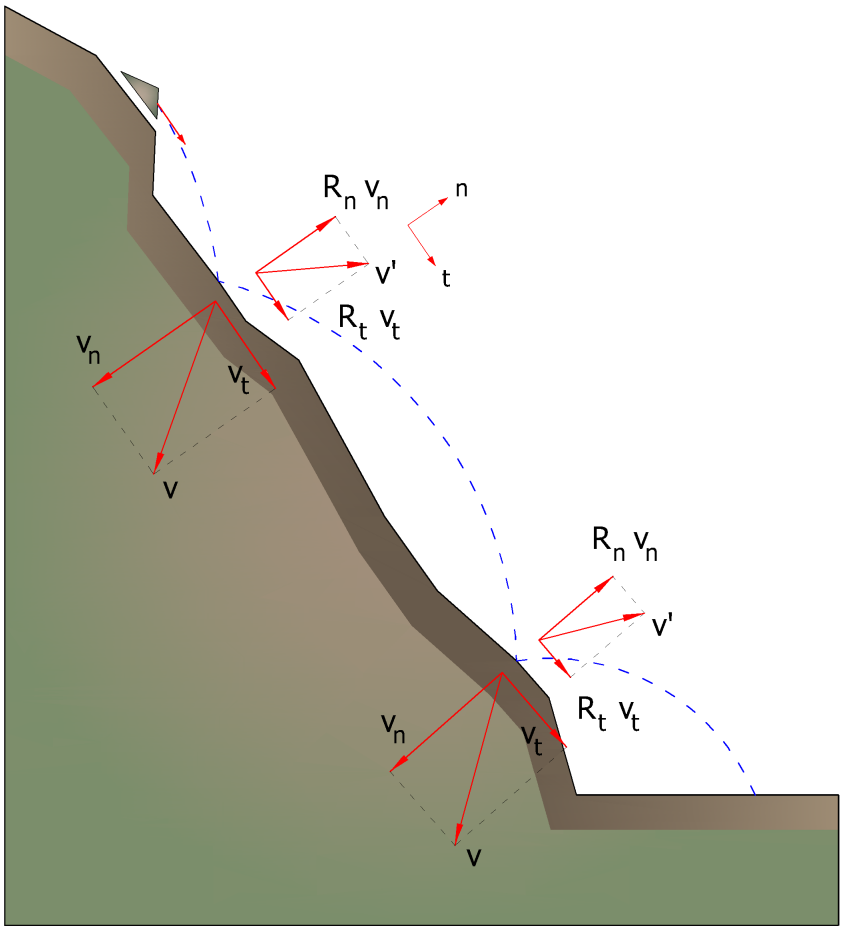
Facendo riferimento allo stesso sistema di assi cartesiani ortogonali le leggi orarie dei moti proiettati sono:

$$\begin{aligned} x &= v_x \cdot t + x_0 \\ y &= -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + v_y \cdot t + y_0 \end{aligned} \qquad (1)$$

dove:

v_x componente orizzontale della velocità del blocco;
v_y componente verticale della velocità del blocco;
t tempo;
g accelerazione di gravità;
x_0 ascissa del punto in cui blocco si distacca dal pendio o urta nel moto di caduta;
y_0 ordinata del punto in cui blocco si distacca dal pendio o urta nel moto di caduta.

Lungo l'asse x il moto è uniforme, lungo l'asse y uniformemente accelerato.



In tal modo la traiettoria del moto del blocco risulta composta da una serie di parabole tracciate fra il punto in cui avviene il distacco ed il punto in cui il blocco urta sul pendio per la prima volta, nella fase iniziale del moto, e fra due successivi punti di impatto sul pendio, o al piede, in seguito, fino al punto finale di arresto.
Le coordinate dei punti d' impatto e le componenti della velocità si determinano risolvendo il sistema fra le equazione (1) e l' equazione delle rette che rappresentano il profilo del pendio.
In pratica si procede dal punto in cui avviene il distacco del blocco e si risolve tale sistema di equazioni considerando di volta in volta le diverse equazioni delle rette che contengono i successivi segmenti della spezzata fino a trovare le coordinate di un punto, punto di impatto, che appartiene alla parabola che rappresenta la traiettoria e ricade all' interno di uno dei segmenti della spezzata ed è pertanto anche un punto del pendio.
Tale punto rappresenta il primo punto di impatto del blocco sul pendio. Il procedimento viene ripetuto a partire da tale punto per determinare il successivo arco della traiettoria ed un nuovo punto d' impatto.

©GEOSTRU

La perdita di energia cinetica per effetto degli attriti e degli urti può essere modellata riducendo la velocità del blocco in caduta ogni qualvolta questo urta sul pendio.
In particolare, indicando con v_n e v_t le componenti (normali e tangenziali) della velocità prima dell' urto, dopo l'urto v'_n, v'_t possono calcolarsi mediante le relazioni:

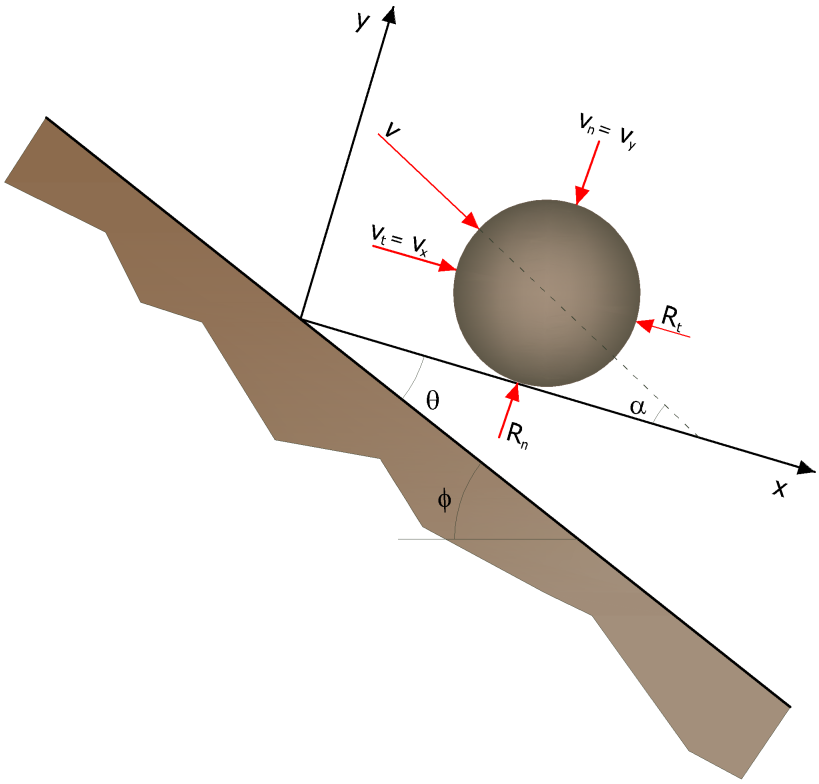
$$v'_n = v_n \cdot R_n$$
$$v'_t = v_t \cdot R_t$$

R_n ed R_t sono detti coefficienti di restituzione variabili nell' intervallo 0-1.

1.7.2 Metodo CRSP

Il modello detto **CRSP** *(Colorado Rockfall Simulation Program)* è stato messo a punto da **Pfeiffer e Bowen** (1989) con lo scopo di modellare il moto di caduta di blocchi aventi la forma di sfere, cilindri o dischi, con sezione circolare nel piano verticale del movimento.
Per descrivere il movimento dei blocchi il modello CRSP applica l'equazione del moto parabolico di un corpo in caduta libera ed il principio di conservazione dell' energia totale.
Il fenomeno dell' impatto viene modellato utilizzando come ulteriori parametri, rispetto al metodo Lumped Mass, la rugosità del pendio e la dimensione dei blocchi.
In particolare il modello CRSP assume che l' angolo formato tra la direzione del blocco ed il profilo del pendio varii secondo una statistica che deve essere definita per ogni caso analizzato. Il modello tratta quindi in modo statistico anche i risultati che principalmente constano nelle velocità e nelle altezze di rimbalzo, rispetto alla superficie del pendio, durante il percorso di caduta. Il modello considera quindi le combinazioni dei movimenti di caduta libera, di rimbalzo, di rotolamento e di scivolamento, che possono variare a seconda delle dimensioni dei blocchi e della rugosità del pendio.
L' affidabilità del modello è stata verificata attraverso confronti tra i risultati numerici e quelli ottenuti da prove in sito.
La descrizione del moto di caduta libera inizia da un punto nel quale, è nota la velocità iniziale scomposta nelle sue componenti orizzontali e verticali. Il blocco è soggetto al movimento di caduta libera fino a quando non collide con la superficie del pendio.

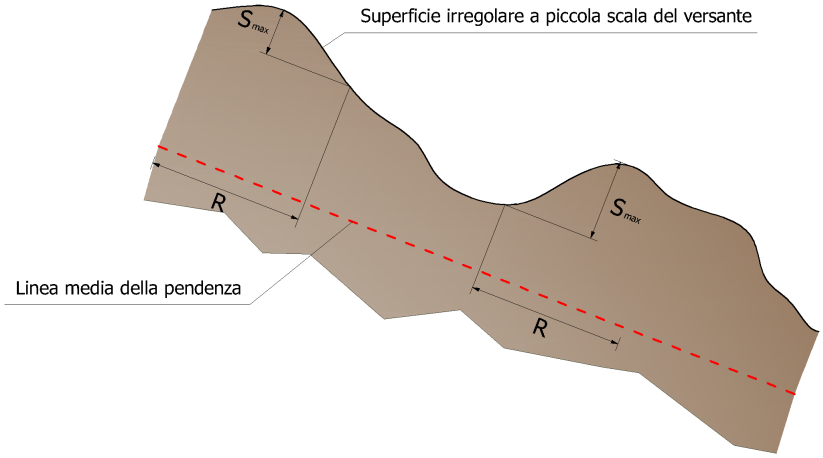
Dall' intersezione vengono ricavate le coordinate del punto di impatto. Il vettore della velocità di pre-impatto V, forma un angolo α con il pendio.



Ad ogni impatto l'inclinazione del pendio φ è fatta variare casualmente in un campo di valori compreso tra 0 e θ_{max}. Il valore di θ_{max} dipende dalla rugosità del pendio e dalla dimensione del blocco e viene determinato da misure in sito. Detto R il raggio del blocco in esame si ha:

$$\tan\theta_{max} = \frac{S_{max}}{R}$$

L'angolo θ_{max} è definito come la massima variazione della linea di pendenza media rispetto al raggio R del masso.



La velocità che si ottiene a seguito dell' impatto, viene determinata attraverso l' equazione di conservazione dell' energia totale così espressa:

$$\left(\frac{1}{2}J\omega_1^2+\frac{1}{2}Mv_{t1}^2\right)\cdot f(F)\cdot SF=\frac{1}{2}J\omega_2^2+\frac{1}{2}Mv_{t2}^2$$

dove:

R Raggio del blocco;
M Massa del blocco;
J Momento d' inerzia del blocco;
ω_1 Velocità angolare prima dell' impatto;

ω_2 Velocità angolare dopo l' impatto;

V$_{t1}$ Velocità tangenziale prima dell' impatto;

V$_{t2}$ Velocità tangenziale dopo l' impatto.

La funzione f(F) di attrito così definita:

Mentre la funzione di scala SF:

$$SF = \frac{R_t}{\left[\left(\frac{V_{n1}}{250 \cdot R_n}\right)^2 + 1\right]}$$

I termini f(F) e SF sono ricavabili attraverso espressioni empiriche che vengono utilizzate per valutare l' energia cinetica dissipata nelle collisioni tra blocco e pendio a causa dell' attrito e dell' urto.
L' attrito riguarda principalmente la dissipazione dell' energia prodotta dalla velocità tangenziale, l' urto quella prodotta dalla velocità normale al pendio.

Le velocità tangenziali e angolari post-collisione sono messe in relazione tra loro dalla seguente equazione:

$$v_{t2} = \omega_2 \cdot R$$

che assume che i blocchi abbandonino il contatto con il pendio ruotando, indipendentemente dalla velocità angolare precedente.
La velocità normale post-collisione viene ricavata dalla seguente espressione empirica:

$$V_{n2} = V_{n1} \cdot \frac{R_n}{\left[1 + \left(\frac{V_{n1}}{9}\right)^2\right]}$$

che intende tener conto del fatto, verificato anche sperimentalmente, che il rapporto tra le velocità normali post-impatto e pre-impatto diminuisce con l' aumentare della velocità normale pre-impatto stessa.

RCoefficienti di restituzione normale;
n
RCoefficienti di restituzione tangenziale;
t
RRaggio del blocco.

1.7.3 Norme UNI

OPERE DI DIFESA DELLA CADUTA MASSI – UNI 11211-4:2012

Gli interventi di difesa dalla caduta hanno lo scopo di intercettare ed arrestare i blocchi in caduta lungo il versante. Per questo motivo è opportuno che gli interventi vengano realizzati lungo il percorso dei blocchi o in corrispondenza dei punti di maggior criticità del pendio, rendendo indispensabili accurate indagini geognostiche del versante e analisi traiettografiche dei potenziali corpi di caduta. Gli interventi di difesa possono distinguersi in **PASSIVI** e ***ATTIVI***.

ATTIVI: intervengono all'origine del problema provvedendo ad impedire il distacco degli elementi lapidei dal versante (modifica di: geometria del versante, resistenza meccanica, condizioni piezometriche interventi sulla superficie dell'ammasso roccioso con chiodi, bulloni, tiranti, etc.);

PASSIVI: intercettano o deviano i massi che si siano mobilizzati con interventi localizzati prevalentemente alla base dei pendii o delle pareti rocciose (riprofilatura del versante con la creazione di berme intermedie, installazione di barriera paramassi a rete con diverse tecnologie di smorzamento dell'energia cinetica dei blocchi, muri di protezione, gallerie artificiali, trincee; rilevati in terra (rinforzata o non rinforzata), scogliere, terre armate, muri cellulari;

DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE INTERVENTI DI DIFESA PASSIVI

Qualunque sia la tipologia dell'opera di difesa in progetto, le azioni si riferiscono al caso di crollo di un masso isolato o di uno sciame di massi che agiscono sull'opera di protezione in condizioni temporali tali da poter essere considerati come un unico evento. Le azioni sulle opere di difesa passiva devono essere determinate ricorrendo ad analisi approfondite sulla dinamica dello scoscendimento del masso di progetto, al fine di determinarne la traiettoria, sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico, la velocità e l'energia cinetica. Sulla base di questi calcoli è possibile determinare l'energia di progetto $\mathbf{E_{sd}}$ che corrisponde all'energia del blocco in movimento in corrispondenza del punto di impatto con l'opera passiva.

Velocità di progetto dei blocchi

La velocità di progetto dei blocchi (v_d) è definita come la velocità in corrispondenza del punto di impatto con l'opera corrispondente al frattile del 95% delle velocità calcolate (v_t) nelle analisi delle traiettorie moltiplicata per il coefficiente di sicurezza (γ_F) definito come:

$v_d = v_t \times \gamma_F$

dove:

v_d: è la velocità di progetto dei blocchi,

v_t: sono le velocità calcolate nelle analisi delle traiettorie,

γ_F: è espresso come $\gamma_F = \gamma_{Tr} \times \gamma_{Dp}$.

dove:

γ_{Tr} è il coefficiente di affidabilità di calcolo delle traiettorie

=1.02 per simulazioni di caduta massi basate su coefficienti di restituzione ottenute da *Back Analysis*,

=1.10 per simulazioni di caduta massi basate su coefficienti di restituzione derivati da informazioni bibliografiche;

γ_{Dp} è il coefficiente di qualità della discretizzazione topografica del pendio

=1.02 per pendii discretizzarti con rilievo topografico di buona precisione in rapporto alle caratteristiche del sito,

=1.10 per pendii discretizzato con precisione medio-bassa.

Massa del blocco di progetto

La massa del blocco di progetto (m_d) è definita come il prodotto del volume del blocco di progetto (Vol_b) per la massa per unità di volume della roccia (γ) moltiplicato per un coefficiente di sicurezza (γ_m):

$m_d = (Vol_b \ \gamma) \ \gamma_m$

dove:

©GEOSTRU

m_d: è la massa del blocco di progetto;

Vol_b: è il volume del blocco di progetto;

γ: è la massa per unità di volume della roccia in posto;

γ_m: è un coefficiente di sicurezza espresso come:

$\gamma_m = \gamma_{VOLF1} \times \gamma_\gamma$

Dove:

γ_γ: è il coefficiente legato alla valutazione della massa per unità di volume della roccia, assunto generalmente pari a 1;

γ_{VOLF1} è il coefficiente legato alla precisione del rilievo del volume del blocco di progetto, che vale:

=1.02 per rilievi accurati della parete (tecniche fotogrammetriche, topografiche di precisione, geomeccanici sistematici in parete, etc.)

=1.1 in assenza di rilievi finalizzati al progetto

L'energia cinetica sollecitante di progetto $\mathbf{E_{sd}}$ è pertanto determinata come:

$E_{sd} = 1/2 \times m_d \times V^2_d$

Verifica di opere paramassi

La verifica delle opere paramassi passive deve essere condotta tenendo conto della loro destinazione, dell'ubicazione e del livello di rischio.

Nel caso di elevato rischio per la vita umana (per esempio nel caso di scuole, strade e ferrovie ad alta percorrenza, ospedali, ecc.) all'energia sollecitante di progetto $\mathbf{E_{sd}}$ può essere applicato un ulteriore coefficiente amplificativo di protezione *l* variabile da 1 a 1,2 in funzione del grado di rischio valutato secondo la classificazione sotto riportata, oppure può essere sviluppata una analisi di rischio adeguata:

- beni il cui danneggiamento determina modeste conseguenze economiche, con danni facilmente riparabili (luoghi raramente frequentati, strutture di modesto valore economico e nessun valore storico-artistico): *l*= 1,00;

- beni il cui danneggiamento determina rilevanti conseguenze economiche, ma facilmente riparabili (luoghi raramente frequentati, strutture di valore economico, ma nessun interesse storico-artistico): I = 1,05;
- beni il cui danneggiamento determina rilevanti conseguenze economiche e danni difficilmente riparabili (luoghi frequentati strutture di valore economico o modesto interesse storico-artistico): I = 1,10;
- beni il cui danneggiamento determina rilevanti conseguenze economiche ed estesi danni non riparabili (luoghi molto frequentati, strutture strategiche come ospedali, caserme, scuole, opere di rilevante interesse storico artistico): I = 1.20.

BARRIERE PARAMASSI A RETE

Le caratteristiche prestazionali di una barriera paramassi a rete sono:
Energetiche:

E_{Rdu}**:** è la resistenza della barriera allo stato limite ultimo: è definito come il valore di energia **MEL** (*Maximum Energy Level*" deve essere pari a 3 volte l'energia del SEL),

E_{Rds}**:** è la resistenza della barriera allo stato limite di servizio o per impatti multipli: è definito come il valore di energia **SEL** (*Service Energy Level*);

Geometriche e dimensionali:
l'interasse dei montanti,
l'altezza geometrica,
altezza residua,
deformata massima verso valle durante la fase di arresto del blocco d_{maxMEL}: massimo allungamento dinamico verso valle della barriera misurato durante l'impatto al livello energetico MEL,
il franco laterale, che è assunto non minore di metà campata,
di trasmissione delle forze di arresto alle fondazioni:
intensità e direzione delle forze trasmesse dalla barriera paramassi alle opere di fondazione durante l'urto al livello energetico MEL).

Le barriere marchiate **CE**, devono essere state provate ad entrambi i livelli energetici secondo le modalità e le procedure descritte in dettaglio nella linea guida. La seguente tabella classifica le barriere sulla base dei livelli energetici.

©GEOSTRU

LIVELLO ENERGETICO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
SEL [kJ]	-	85	170	330	500	660	1000	1500	>1500
MEL [kJ]	100	250	500	1000	1500	2000	3000	4500	>4500

Verifiche barriere

Le barriere devono essere verificate alla stato limite ultimo (MEL); in presenza di impatti multipli o ripetuti, si deve eseguire anche la verifica allo stato limite di esercizio (SEL).

Nel caso di una verifica agli stati limite ultimi (approccio MEL) occorre applicare adeguati coefficienti di sicurezza sia ai valori caratteristici delle azioni, calcolati mediante l'analisi delle traiettorie, sia al valore della resistenza energetica della barriera in rapporto alla classe di livello energetico adottata.

Nel caso di una verifica agli stati limite di esercizio (approccio SEL) occorre applicare adeguati coefficienti di sicurezza alle azioni, mentre le resistenze devono essere considerate con i valori della classe di livello energetico adottata). Lo stato limite di esercizio è il massimo livello di energia ammissibile per cui la barriera mantiene la sua funzionalità anche dopo un primo urto.

Quanto detto sopra è espresso dalla seguente relazione:

$(E_{Sd} < E_{barriera} / \gamma_E)$

dove:

E_{Sd}: è l'energia cinetica sollecitante di progetto;

$E_{barriera}$: è il valore energetico MEL o SEL;

γ_E: è il coefficiente di sicurezza da applicare ai valori energetici MEL e SEL;

il valore di γ_E è posto pari a:

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

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

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

applicare comunque γ_E = 1,2 e ricorrere a due stendimenti paralleli;

applicare il coefficiente γ_E = 2,00.

FORZA STATICA EQUIVALENTE

In mancanza di valutazioni più approfondite, la determinazione della componente verticale F della forza statica equivalente all'impatto può essere effettuata con la formula seguente (*formulazione tratta da ASTRA 12006 Actions de chutes de pierres sul les galeries de protection*):

$$F = 2.8 \times t^{-0.5} \times R^{0.7} \times M_E^{0.4} \times tg\varphi \times (\frac{m \times v^2}{2})^{0.6}$$

$(\frac{m \times v^2}{2})^{0.6}$ *profondità di penetrazione in m*

dove:

F: è la componente verticale della forza statica;

m: è la massa del blocco, in tonnellate (t);

v: è il componente normale alla soletta della velocità di impatto, in metri al secondo (m/s);

R: è il raggio della sfera che approssima il blocco, in metri (m);

t: spessore minimo dello strato smorzatore, in metri (m);

M_E: è il modulo elastico del materiale dello strato smorzatore (ottenuto dalla curva di primo carico in una prova di carico su piastra), in kilonewton per metro quadrato (kN/m2);

φ: è l'angolo di attrito interno del materiale smorzante, in gradi (°).

BIBLIOGRAFIA

UNI 11211-4: 2012 Rockfall protective measures. Part 4: Definitive and executive design

Linee Guida per la redazione di capitolati per l'impiego di rete metallica a doppia torsione del Presidente del **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**.

ASTRA 12006 Actions de chutes de pierres sur les galeries de protection

Raccomandazioni **A.I.C.A.P.** "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (Edizione 1993)

ETAG 027 Guideline for European Technical Approvai of falling rock protection kits

2 Comandi di shortcut

La barra indicata in figura può essere utilizzata per una serie di funzionalità:

1) Con le lettere di shortcut dei menu, seguite da invio si ha l'accesso veloce ai comandi.

Esemp.: **N+Invio** per creare un nuovo file.

2) Si può fare una domanda al programma seguita da **?+Invio**. In tal caso saranno effettuate delle ricerche avanzate nell'help.

Esemp.: **Sisma+?+Invio** per avere delle informazioni sull'analisi sismica.

3) . Attivazione di un programma in modo rapido

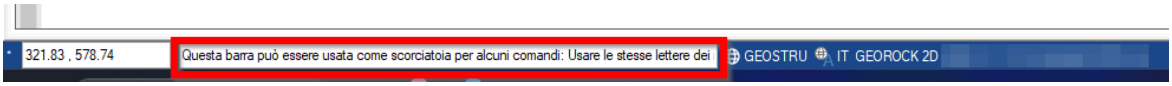
Esemp.: **Slope+Invio** per aprire altro software GeoStru.

4) Accesso rapido ai contatti GeoStru.

Esemp.: **Contatti+?+Invio** per accedere alla lista dei contatti.

5) Accesso rapido a funzionalità web:

Es.: www.geostru.eu+Invio oppure info@geostru.eu
Scrivere **geostru ps + Invio** per l'accesso rapido al calcolo dei parametri sismici.



Barra comandi di short cut

3 Utility

3.1 Tabelle Conversione

Tabella conversione da gradi in % e viceversa

Pendenza (%)	Angolo (°)	Pendenza (%)	Angolo (°)
1	0.5729	26	14.5742
2	1.1458	27	15.1096
3	1.7184	28	15.6422
4	2.2906	29	16.1722
5	2.8624	30	16.6992
6	3.4336	31	17.2234
7	4.0042	32	17.7447
8	4.5739	33	18.2629
9	5.1428	34	18.7780
10	5.7106	35	19.2900
11	6.2773	36	19.7989
12	6.8428	37	20.3045
13	7.4069	38	20.8068
14	7.9696	39	21.3058
15	8.5308	40	21.8014
16	9.0903	41	22.2936
17	9.6480	42	22.7824
18	10.2040	43	23.2677
19	10.7580	44	23.7495
20	11.3099	45	24.2277
21	11.8598	46	24.7024
22	12.4074	47	25.1735
23	12.9528	48	25.6410
24	13.4957	49	26.1049
25	14.0362	50	26.5651

Tabella di conversione delle forze

Da	A	Operazione	Fattore
N	kg	Dividere per	9.8
kN	kg	Moltiplicare per	102
kN	Tonn	Dividere per	9.8
kg	N	Moltiplicare per	9.8
kg	kN	Dividere per	102
Tonn	kN	Moltiplicare per	9.8

Conversione forze:
1 Newton (N) = 1/9.81 Kg = 0.102 Kg ; 1 kN = 1000 N

Tabella di conversione delle pressioni

Da	A	Operazione	Fattore
Tonn/m^2	kg/cm^2	Dividere per	10
kg/m^2	kg/cm^2	Dividere per	10000
Pa	kg/cm^2	Dividere per	98000
kPa	kg/cm^2	Dividere per	98
Mpa	kg/cm^2	Moltiplicare per	10.2
kPa	kg/m^2	Moltiplicare per	102
Mpa	kg/m^2	Moltiplicare per	102000

Conversione pressioni:
1 Pascal (Pa) = 1 Newton/mq ; 1 kPa = 1000 Pa

3.2 Database Terreni

Valori indicativi dei coefficienti di restituzione normale (Rn) e tangenziale (Rt) per le varie categorie morfologiche

MORFOLOGIA	R_t
Roccia in posto	0.87
Affioramenti di roccia con detrito	0.85
Detrito grossolano non vegetato	0.85
Detrito medio fino non vegetato	0.83
Detrito vegetato ad arbusti	0.70
Detrito vegetato a bosco	0.60
Terreno nudo o prato	0.55
Superfici pavimentate	0.90

MORFOLOGIA	R_n
Roccia in posto	0.40
Affioramenti di roccia con detrito	0.38
Detrito grossolano non vegetato	0.35
Detrito medio fino non vegetato	0.31
Detrito vegetato ad arbusti	0.30
Detrito vegetato a bosco	0.28
Terreno nudo o prato	0.25
Superfici pavimentate	0.40

Valori indicativi del peso di volume in Kg/m3

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Ghiaia asciutta	1800	2000

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Ghiaia umida	1900	2100
Sabbia asciutta compatta	1700	2000
Sabbia umida compatta	1900	2100
Sabbia bagnata compatta	2000	2200
Sabbia asciutta sciolta	1500	1800
Sabbia umida sciolta	1600	1900
Sabbia bagnata sciolta	1900	2100
Argilla sabbiosa	1800	2200
Argilla dura	2000	2100
Argilla semisolida	1900	1950
Argilla molle	1800	1850
Torba	1000	1100

Valori indicativi dell'angolo di attrito, in gradi, per terreni

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Ghiaia compatta	35	35
Ghiaia sciolta	34	35
Sabbia compatta	35	45
Sabbia sciolta	25	35
Marna sabbiosa	22	29
Marna grassa	16	22
Argilla grassa	0	30
Argilla sabbiosa	16	28
Limo	20	27

Valori indicativi della coesione in Kg/cm2

Terreno	Valore
Argilla sabbiosa	0.20
Argilla molle	0.10
Argilla plastica	0.25
Argilla semisolida	0.50
Argilla solida	1
Argilla tenace	2÷10
Limo compatto	0.10

Valori indicativi del modulo elastico, in Kg/cm2

Terreno	Valore massimo di E	Valore minimo di E
Argilla molto molle	153	20.4
Argilla molle	255	51
Argilla media	510	153
Argilla dura	1020	510
Argilla sabbiosa	2550	255
Loess	612	153
Sabbia limosa	204	51
Sabbia sciolta	255	102
Sabbia compatta	816	510
Argilloscisto	51000	1530
Limo	204	20.4
Sabbia e ghiaia sciolta	1530	510
Sabbia e ghiaia compatte	2040	1020

Valori indicativi del coefficiente di Poisson per terreni

Terreno	Valore massimo di ν	Valore minimo di ν
Argilla satura	0.5	0.4
Argilla non satura	0.3	0.1
Argilla sabbiosa	0.3	0.2
Limo	0.35	0.3
Sabbia	1.0	-0.1
Sabbia ghiaiosa comunemente usata	0.4	0.3
Loess	0.3	0.1
Ghiaccio	0.36	
Calcestruzzo	0.15	

Valori indicativi del peso specifico di alcune rocce in Kg/m3

Roccia	Valore minimo	Valore massimo
Pomice	500	1100
Tufo vulcanico	1100	1750
Calcare tufaceo	1120	2000
Sabbia grossa asciutta	1400	1500
Sabbia fine asciutta	1400	1600
Sabbia fine umida	1900	2000
Arenaria	1800	2700
Argilla asciutta	2000	2250

Roccia	Valore minimo	Valore massimo
Calcare tenero	2000	2400
Travertino	2200	2500
Dolomia	2300	2850
Calcare compatto	2400	2700
Trachite	2400	2800
Porfido	2450	2700
Gneiss	2500	2700
Serpentino	2500	2750
Granito	2550	2900
Marmo saccaroide	2700	2750
Sienite	2700	3000
Diorite	2750	3000
Basalto	2750	3100

©GEOSTRU

Valori indicativi dell' angolo di attrito in gradi

Roccia	Valore minimo	Valore massimo
Granito	45	60
Dolerite	55	60
Basalto	50	55
Arenaria.	35	50
Argilloscisto	15	30
Calcare	35	50
Quarzite	50	60
Marmo	35	50

Valori indicativi del modulo elastico e del coefficiente di Poisson per rocce

Roccia	E		ν	
	Valore massimo	Valore minimo	Valore massimo	Valore minimo
Basalto	1071000	178500	0.32	0.27
Granito	856800	142800	0.30	0.26
Scisto cristallino	856800	71400	0.22	0.18
Calcare	1071000	214200	0.45	0.24
Calcare poroso	856800	35700	0.45	0.35
Arenaria	428400	35700	0.45	0.20
Argilloscisto	214200	35700	0.45	0.25
Calcestruzzo	Variabile		0.15	

4 Geoapp

Geoapp: la più grande suite del web per calcoli online

Gli applicativi presenti in Geostru Geoapp sono stati realizzati a supporto del professionista per la soluzione di molteplici casi professionali.
Geoapp comprende oltre 70 applicazioni per: Ingegneria, Geologia, Geofisica, Idrologia e Idraulica.

La maggior parte delle applicazioni sono **gratuite**, altre necessitato di una **sottoscrizione** (*subscription*) mensile o annuale.

Perchè si consiglia la subscription?

Perchè una subscription consente di:

- usare applicazioni professionali ovunque e su qualunque dispositivo;
- salvare i file in cloud e sul proprio PC;
- riaprire i file per elaborazioni successive;
- servizi di stampa delle relazioni ed elaborati grafici;
- notifica sull'uscita di nuove applicazioni ed inclusione automatica nel proprio abbonamento;
- disponibilità di versioni sempre aggiornate;
- servizio di assistenza tramite Ticket.

4.1 Sezione Geoapp

Generale ed Ingegneria, Geotecnica e Geologia

Tra le applicazioni presenti, una vasta gamma può essere utilizzata per GeoRock. A tale scopo si consigliano i seguenti applicativi:

- ✓Sistemi reti ancorate
- ✓Chiodature barre passive
- ✓Barriere paramassi rigide ed elastiche
- ✓Tiranti
- ✓Analisi stabilità di superfici piane
- ✓Scivolamenti lungo un piano
- ✓GeoStru Maps

5 GeoStru Software

GeoStru è un'azienda che sviluppa software tecnico professionale per l'ingegneria strutturale, la geotecnica, la geologia, la geomeccanica, l'idrologia e le prove sui terreni.
Grazie a Geostru Software è possibile avvalersi di strumenti di grande efficacia per la propria professione. I software GeoStru sono strumenti completi, affidabili (gli algoritmi di calcolo sono quanto di più tecnologicamente avanzato nel campo della ricerca mondiale), aggiornati periodicamente, semplici da utilizzare, dotati di un'interfaccia grafica intuitiva e sempre all' avanguardia.
L'attenzione posta nell'assistenza ai clienti e nello sviluppo di software sempre in linea con le più moderne tecnologie ha consentito, in pochi anni, l'affermazione sui mercati internazionali. Il software, attualmente tradotto in cinque lingue e compatibile con le normative di calcolo internazionali, è utilizzato in piu' di 50 paesi nel mondo.
GeoStru è presente alle maggiori manifestazioni fieristiche nazionali: SAIE di Bologna, GeoFluid di Piacenza, MADEEXPO di Milano, Fiere di Roma ed internazionali: SEEBE di Belgrado, Costruct EXPO Romania, EcoBuild di Londra, etc. Oggi rivolgersi a GeoStru significa non solo acquistare un software, ma avere al proprio fianco delle persone specializzate che rimettono al cliente tutta l'esperienza acquisita.
Tanti sono i settori in cui l'azienda si è specializzata nel corso degli anni. La famiglia dei prodotti GeoStru è, infatti, suddivisa in diverse categorie:

- Strutture
- Geotecnica e geologia
- Geomeccanica
- Prove in situ
- Idrologia e idraulica
- Topografia
- Energia
- Geofisica

Per maggiori informazioni sui prodotti disponibili consultare in nostro sito web http://www.geostru.eu/

Inoltre tra i tanti servizi offerti da GeoStru Software è possibile usufruire del servizio gratuito GeoStru Online che include applicazioni software sul web che risolvono le problematiche più varie.

© GEOSTRU- GeoRock 2D

5.1 Supporto Clienti

Per qualsiasi domanda riguardante un prodotto GeoStru:

- Consultare la documentazione ed altro materiale stampato incluso nella confezione del prodotto.
- Consultare l'Help in linea.
- Consultare la documentazione tecnica utilizzata per lo sviluppo del software (Sito Web).
- Consultare l'area FAQ (Sito Web).
- Consultare i servizi di supporto GeoStru (Sito Web).

È attivo il nuovo servizio Ticket per rispondere alle richieste di assistenza dei nostri utenti.
Il servizio, riservato agli utenti in possesso di licenze di programmi GeoStru regolarmente aggiornati, permette di essere seguiti direttamente dai nostri specialisti e di ottenere risposte su problematiche di diversa natura inerenti i software licenziati (Sito Web).

Sito Web: www.geostru.eu

5.2 Contatti

Consultare la pagina dei contatti del Sito Web per avere maggiori informazioni sui nostri contatti e sugli indirizzi delle sedi operative in Italia e all'Estero.

5.3 Copyright

Le informazioni contenute nel presente documento sono soggette a modifiche senza preavviso. Se non specificato diversamente, ogni riferimento a società, nomi, dati e indirizzi utilizzati nelle riproduzioni delle schermate e negli esempi è puramente casuale e ha il solo scopo di illustrare l'uso del prodotto. Il rispetto di tutte le applicabili leggi in materia di copyright è a esclusivo carico dell' utente.

Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta in qualsiasi forma o mezzo elettronico o meccanico, per alcun uso, senza il permesso scritto di GeoStru Software. Comunque, se l'utente ha come unico mezzo di accesso quello elettronico, allora sarà autorizzato, in base al presente documento, a stamparne una copia.