

Comune di VILLA D'OGNA  
Provincia di Bergamo



Lavori di  
"DIFESA DEL SUOLO PER MESSA IN SICUREZZA DELLA  
STRADA DELLA CUNELLA (VIA COLLEONI)"  
Importo Complessivo Progetto Euro 230.000,00  
CUP:J27H22000440001

PROGETTO ESECUTIVO – ALLEGATO A2  
RELAZIONE GEOLOGICA

Marzo 2023

GRUPPO DI LAVORO  
dott. ing. Bertoni Paolo Francesco  
dott. geol. Santambrogio Sergio

I Progettisti



FIRMATO DIGITALMENTE  
dott. geol. Santambrogio Sergio  
Ordine Geologi delle Lombardia n. 830



FIRMATO DIGITALMENTE  
dott. ing. BERTONI PAOLO FRANCESCO  
Ordine Ingegneri di Brescia n. A1990

AGGIORNAMENTI				



**Geoter**  
di Sergio Santambrogio

via G. Rossini, n. 2 – 24020 – Ardesio (BG) – mail: studio.geoter@virgilio.it



**STUDIO TECNICO ASSOCIATO**  
**BERTONI – MATTIOLI**

via Nazionale, n. 1 – 25040 – Braone (BS) – mail: studiotecnicoassociatobertonimattioli@virgilio.it





COMUNE  
DI  
VILLA D'OGNA

***Lavori di “DIFESA DEL SUOLO PER MESSA IN SICUREZZA  
DELLA STRADA DELLA CUNELLA (VIA COLLEONI)***

*Importo complessivo Progetto Euro 230.000,00*

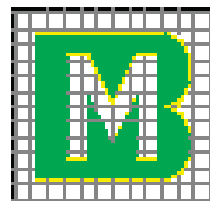
*CUP: J27H22000440001*

Progetto Esecutivo 2023 – A2

Relazione Geologica



Studio Geoter





COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica

## Premessa

La strada Cunella (via Bartolomeo Colleoni) costituisce un collegamento stradale secondario tra Villa d'Ogna e Ardesio che diviene utilissimo ed essenziale in caso di danni e interruzioni al traffico per cause naturali (caduta massi, valanga, frana) o per lavori di manutenzione del tratto della SP49 che unisce i due comuni.

Tale strada è stata ancora una volta oggetto di danneggiamenti a causa di un fenomeno temporalesco con pioggia e vento forte avvenuto il 7 giugno 2022 che ha provocato l'interruzione della strada nonostante la temporanea pulizia della stessa strada dal blocco franato e dalle piante divelte che avevano raggiunto anch'esse la sede stradale. Anche l'8 agosto si è verificata una nuova caduta di massi molto più contenuta cui è seguita una segnalazione da parte del Comune.

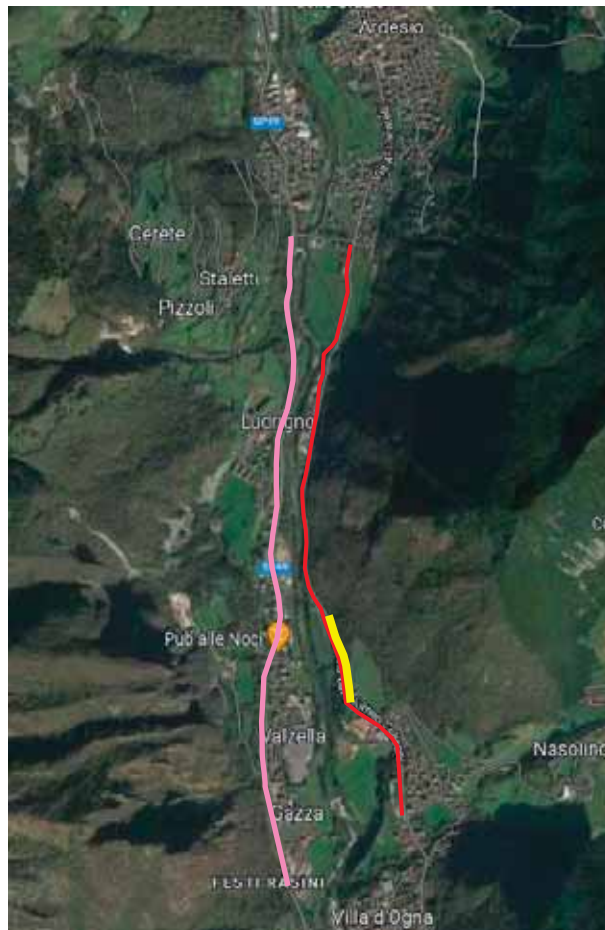
Tale tratto di strada è stato più volte oggetto di interventi per mitigare la caduta massi che può interessare il percorso tanto in comune di Villa d'Ogna (tratto a Sud), quanto in comune di Ardesio (tratto a Nord), ma tali interventi non hanno permesso la completa messa in sicurezza del versante, soprattutto in corrispondenza della

scarpata ubicata immediatamente a monte del muro di controripa della strada che spesso è anche muro di delimitazione di un canale idroelettrico dismesso che, in parte, funge da vallo paramassi.

Le opere di protezione hanno sinora riguardato prevalentemente il settore a monte della scarpata per intercettare i massi provenienti da quote più elevate, mentre per la scarpata immediatamente a monte della strada vi sono prevalentemente interventi con reti addossate e/o inerbimenti con pacciamatura e reti, mentre una barriera paramassi a monte di un muro è limitata ad un tratto di 80 m come descritto nella relazione illustrativa generale (documento A1).

Qui di seguito vengono esposte sinteticamente le indagini geologiche ed i rilievi realizzati in passato nel corso di analoghe progettazioni che non hanno avuto seguito per mancanza di finanziamenti, ma i cui interventi sono a tutt'oggi validi e necessari per garantire la completa fruibilità della strada Cunella. La relazione è corredata anche da tavole che illustrano le caratteristiche geologiche e geomorfologiche (tavola B1) oltre a verifiche di caduta massi, mentre i rimedi da effettuare sono sviluppati successivamente dal progettista in modo completo (tavola C3).

La cartografia si basa sull'aerofotogrammetrico in scala 1:2.000-1:5.000 del comune di Villa d'Ogna e su alcune sezioni appositamente realizzate in modo speditivo per verificare le caratteristiche geologiche ed effettuare analisi di caduta massi.





Studio Geoter  
di Santambrogio S.  
via G. Rossini, 2 – 24020 ARDESIO (Bergamo)  
0346 33663 [studio.geoter@virgilio.it](mailto:studio.geoter@virgilio.it)  
sede legale via G. da Velate n.2 - Milano

**Studio Associato Bertoni - Mattioli.**  
Via Nazionale n. 1 – 25040 BRAONE (BS)  
0364 433806 – [studioassociatobertonimattioli@virgilio.it](mailto:studioassociatobertonimattioli@virgilio.it)

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica

## Inquadramento geologico

(cfr. allegato B1)

La strada Cunella ed il vecchio canale di derivazione idroelettrica nel territorio di Villa d'Ogna sono stati intagliati nei terreni fluvioglaciali quaternari, costituiti da banchi di conglomerati (**cg**) ben cementati e da livelli di ciottoli e ghiaie con sabbia limosa addensata e localmente compatta. Questi terreni formano il terrazzo su cui sorge l'abitato di Ogna e caratterizzano soprattutto il settore meridionale di questo tratto di via Colleoni, mentre nel settore verso Ardesio essi lasciano il posto a brecce calcaree di versante cementate; queste ultime interessano il tratto di canale idroelettrico a cielo aperto, che ora viene utilizzato come vallo paramassi. Localmente si osserva la compenetrazione tra i conglomerati fluvioglaciali e i detriti cementati a testimonianza dell'interconnessione in questa porzione del pendio tra l'attività alluvionale antica del fiume Serio e quella gravitativa delle pendici montuose.

Lungo l'intaglio stradale, dove i terreni non sono cementati, l'erosione progressiva forma una sottile fascia di detriti (**dt**) ai piedi della scarpata; questi detriti sono coperti da un sottilissimo suolo, sufficiente tuttavia a permettere uno sviluppo notevole del manto vegetale, con anche numerose piante d'alto fusto che sono state progressivamente tagliate a causa della loro propensione all'innescio di caduta massi in occasione di eventi temporaleschi con forti raffiche di vento che fanno oscillare e talvolta sradicano gli alberi.

A monte della strada, almeno fino a circa m 610 di altitudine s.l.m. vi sono detriti di versante inerbiti (**di**) con coltre continua di suolo, sui quali si sviluppa una consistente copertura boschiva; solo più a Sud a monte del tratto di via Colleoni soprastante la zona industriale e delle zone prative coltivate vi sono detriti sciolti con scarsa vegetazione messi particolarmente in evidenza dal taglio della vegetazione effettuato negli ultimi anni.

Nella fascia più alta del versante, non rappresentata in carta, compaiono affioramenti rocciosi della formazione triassica del Calcarea di Esino, della Formazione di Breno e della Formazione di Gorno, con giacitura degli strati generalmente a "traverpoggio"; queste rocce sono affette da sistemi di fratture che scompongono l'ammasso e lo rendono franoso, almeno nelle parti più superficiali.

Solo nei pressi del tratto a cielo aperto del canale idroelettrico si nota un affioramento di roccia calcarea a bordo strada (Calcarea di Esino, **CE**, sezione A di Allegato B1), che permette di stimare lo spessore del terreno detritico intorno ai tre/cinque metri in quel punto; durante la realizzazione del muro che sostiene la barriera a energia fissa nel primo tratto di strada in comune di Villa d'Ogna provenendo da Ardesio è stato interessato in più punti il substrato roccioso costituito sempre dal Calcarea di Esino.

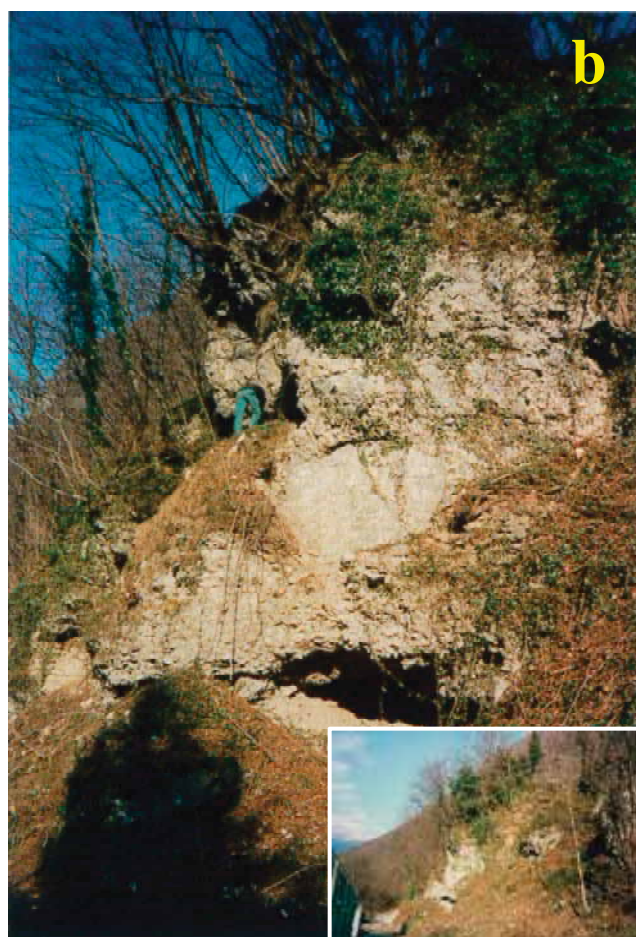
Le sezioni riportate nella tavola illustrano i rapporti tra i calcari, i conglomerati e i detriti al piede degli stessi oltre ad evidenziare la morfologia della scarpata e i rapporti con il canale idroelettrico dismesso.



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica



*Panoramica del versante a monte della strada Cunella*



*Situazione durante i lavori di messa in sicurezza di fine 1994 con la realizzazione del muro di sostegno alla barriera paramassi a energia fissa il cui scavo mostra settori con Calcere di Esino con sovrapposte fasce detritiche (a) e i banchi di conglomerato nella zona soprastante il bacino di carico del canale idroelettrico Cunella di GeoGreen con intercalati blocchi di detrito/frana su cui sono state successivamente posate le reti addossate (b); in piccolo l'ubicazione del conglomerato rispetto alla strada*

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica

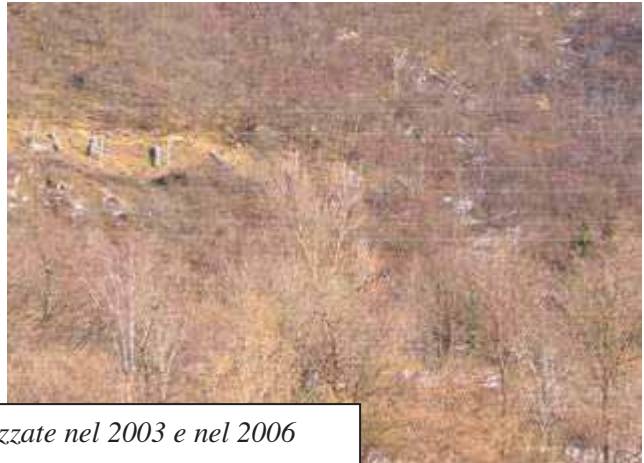
## Geomorfologia e forme di dissesto

(cfr. tavola B1)

Il contesto geologico su descritto presenta due diverse situazioni geomorfologiche, che hanno condizioni di dissesto simili (caduta massi), ma sottendono pericolosità differenti, a causa delle diverse energie in gioco: la fascia a quote più elevate con terreni detritici a monte del ciglio in erosione della scarpata stradale e le rupi/erosioni sopra l'intaglio della strada e del canale idroelettrico dismesso.

Nella fascia più alta vi è la possibilità di distacco di blocchi dall'ammasso roccioso fratturato. Tali fenomeni si sono verificati anche negli ultimi venti - venticinque anni e, a tale proposito, nel 2003 e nel 2006 sono state posate serie di barriere paramassi sul versante che interessa non solo il territorio di Villa d'Ogna, ma anche quello di Ardesio.

Le ultime barriere elastoplastiche e la barriera ad energia fissa che borda per un tratto la strada poco sotto il canale dismesso, creano oggi un efficiente sistema continuo di protezione per la strada rispetto alle potenziali direzioni di caduta dei massi, poiché alcuni tratti di esse si sovrappongono.



*Barriere paramassi realizzate nel 2003 e nel 2006*

Nella fascia bassa, scostata una decina di metri a monte del ciglio della strada, vi è un orlo di scarpata morfologica, creato a suo tempo dallo sbancamento della strada e del canale idroelettrico; quest'orlo è attualmente l'elemento geomorfico principalmente attivo da cui si verificano stacchi di piccoli sassi o ciottoli in occasione di forti piogge o, come è avvenuto il 1° agosto 2008 ed in parte anche il 7 giugno 2022, per l'azione meccanica degli alberi mossi o addirittura sradicati dal vento.

In particolare, si distinguono due settori, in cui l'orlo eroso è formato da conglomerati: uno a Sud, nel punto dove il canale derivatore viene a giorno dopo il tratto in galleria, e l'altro a Nord, dove il vecchio canale è utilizzato anche come vallo. In questi punti, dove prevalgono gli stacchi di blocchi e di sassi, si è intervenuti nel corso degli anni con la posa di reti addossate, con la sistemazione del canale come vallo e con la posa di una barriera paramassi a energia fissa. Queste strutture svolgono efficacemente la loro funzione, tuttavia la loro mancata manutenzione può renderle inefficienti o addirittura trasformarle in elementi di pericolosità: gli accumuli di ciottoli e sassi alla base delle reti addossate possono alla fine strappare le reti stesse riversando il contenuto sulla strada, il riempimento del canale può permettere il rotolamenti di blocchi fino a raggiungere la sede stradale e l'abbattimento di grossi alberi sulle reti paramassi può provocare il loro allentamento con la perdita di funzionalità di alcuni elementi frenanti (frizioni).



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica

La ripida scarpata del banco di conglomerati non ha opere di difesa nel tratto di via Colleoni prossimo alla cascina (dove ha inizio il tratto di strada attualmente interdetto dal lato Sud) e in questo settore è concentrata la caduta di piccoli sassi sulla strada.

Nel tratto intermedio il dissesto riguarda i terreni sciolti, dove si osservano forme di soliflusso e piccoli accumuli di detriti conseguenti a smottamenti; in questo settore il muro di contenimento lungo il ciglio stradale è stato sistemato e sopralzato all'epoca in cui sono state posate anche la barriera metallica e le reti addossate (inizio anni Novanta) in tal modo esso forma una efficace protezione contro la caduta di sassi e lo smottamento di terreno. E' stata anche stabilizzata con la posa di reti e paglia una fascia detritica alle spalle di detto muro. Rimangono tuttavia tratti analoghi privi di consolidamento che stanno creando situazioni di pericolo per caduta massi.



*Rupi di conglomerato nel settore Sud da cui si staccano sassi e piccoli blocchi*



*Rupi di conglomerato nel settore Sud con scavernamenti da cui si staccano sassi e piccoli blocchi*



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica



*Reti addossate colme di ghiaia e ciottoli che si spanciano verso la strada nel settore Sud*



*Reti spanciate a causa del materiale divelto dagli alberi abbattuti*

*Reti addossate su rupe di conglomerato e reti con paglia parzialmente lesionate e colme di ghiaia e ciottoli che si spanciano verso la strada nel settore Nord*



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica



*Sassi che hanno raggiunto il canale dismesso aperto o la sommità del muro del canale coperto*



*Sassi di dimensione decimetrica caduti sulla strada Cunella e alberi abbattuti dal fortunale nel 2008, situazione analoga a quella attuale anche se quest'ultima è molto più localizzata nella medesima zona della foto a destra*

A questa situazione di dissesto diffuso, dovuta soprattutto alla mancata manutenzione e pulizia della scarpata, si sono aggiunti nel tempo gli effetti del fortunale del 1° agosto 2008 che ha sradicato numerosi alberi e fatto cadere a valle molti sassi ed attualmente quelli del 7 giugno e del 9 agosto 2022.

I sassi caduti a causa di questi eventi meteorici sono segnalati sia nella parte della strada in corrispondenza della vasca di carico del canale idroelettrico in funzione, sia più sporadicamente nei tratti dove i presidi esistenti sono ammalorati o con sassi che riempiono completamente le reti addossate. Tuttavia, dalle persone che frequentano la strada vengono segnalati continui distacchi di piccoli sassi testimoniati dai numerosi frammenti che si trovano al piede dei muri.



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica



*Reti realizzate nel 1995 colme di detriti al piede con il rischio di collasso delle reti in assenza di manutenzione:*

*in alto) foto 2015;*

*a sinistra) foto attuale in punti diversi della rete addossata)*

*Tracce di impatto sulla strada Cunella per la caduta del blocco (in basso a sinistra)*

Per quanto riguarda gli ultimi eventi avvenuti è utile segnalare la modestissima energia dei blocchi che hanno raggiunto la strada indicata da due distinte osservazioni: da un lato il fatto che i blocchi si sia fermato sulla strada a poca distanza dal muro confermando una dinamica principale di rotolamento del blocco stesso lungo il pendio con il salto del muro alto poco più di un metro e il suo rapido arresto sulla sede stradale, dall'altro il fatto che siano estremamente limitate o inesistenti le tracce d'impatto stesso dei blocchi sulla sede stradale stessa.



Le caratteristiche dello smottamento con caduta massi indicano che è stato coinvolto materiale prevalentemente raccolto all'interno delle reti addossate che si sono adagiate su se stesse a causa del distacco del ciglio a cui erano affrancate per il distacco degli arbusti li presenti.

Ciò ha permesso che gran parte del terreno sia rimasto sulla scarpata a monte del canale dismesso e non abbia raggiunto la sede stradale; solo il blocco che si trovava in corrispondenza del ciglio in erosione, dove tra l'altro sono





COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica

presenti altri blocchi di minori dimensioni ha raggiunto la sede stradale insieme al ceppo di arbusti che lo tratteneva insieme alla rete divelta.

In ogni caso occorre osservare che oltre ai blocchi presenti sul ciglio in erosione e per i quali erano state appositamente posizionate le reti in aderenza sono presenti a monte della scarpata anche aree con conglomerato non protette (zona più a sud dell'intaglio stradale illustrata nelle foto precedenti).



*In alto a sinistra: blocco instabile sul ciglio in erosione (  ) dopo il distacco della pianta e del blocco franato il 7 giugno (  );*

*in alto a destra: lo stesso blocco instabile con il pendio e le opere provvisorie di difesa;*

*a lato: il blocco caduto sulla strada e fatto rotolare a valle della strada Cunella sino alla strada di accesso alla centrale GeoGreen*

La caduta massi dell'8 agosto ha interessato il settore immediatamente soprastante la strada in allineamento al tratto settentrionale degli organi di manovra del bacino di carico della condotta forzata.

*L'area di distacco dei blocchi franati l'8 agosto con particolare del ciglio di scarpata (a lato)*



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica

Il progetto preliminare prevedeva proprio in questi settore la parte terminale del tratto di 150 metri di barriere paramassi sino all'inizio delle reti addossate che viene confermato da tale evento come tipologia e come ubicazione; i sassi caduti infatti non hanno lasciato tracce di impatto rotolando sino a oltre metà strada poiché qui la scarpata inclinata di circa 40° raggiunge direttamente il muro stradale.



*In blocchi (sassi) franati l'8 agosto dal ciglio di scarpata che hanno raggiunto la strada Cunella già interdetta al transito; la presenza di ciottoli anche arrotondati indica la loro appartenenza al conglomerato fluvio-glaciale*

## Verifiche di caduta massi

(cfr. tavola B.1)

I dissesti del terreno verificatisi a seguito dell'evento meteorico del 1° agosto 2008, i piccoli distacchi avvenuti nell'arco di quasi quindici anni e gli eventi del 7 giugno e dell'8 agosto 2022, nonostante alcuni interventi di taglio bosco, hanno accentuato e reso sempre più pressanti le problematiche riguardanti la sicurezza del transito di via Colleoni (strada Cunella) in Comune di Villa d'Ogna.

La carenza di manutenzione delle opere e i forti temporali con vento che frequentemente sradica completamente alberi sino all'apparato radicale creano continuamente situazioni di pericolo a cui oggi è necessario porre rimedio.

Per il fatto che negli ultimi vent'anni circa sono state messe in opera reti e barriere paramassi a quote superiori alla scarpata che grava direttamente sulla strada, la stessa strada può considerarsi adeguatamente difesa dalla caduta di massi che eventualmente si staccano dal versante roccioso alle quote più elevate. Comunque, a riguardo di tali situazioni, è evidente che occorre programmare ed effettuare verifiche periodiche e manutenzioni eventualmente necessarie, come per la funzionalità dei morsetti, delle frizioni, degli snodi e delle altre parti che compongono le barriere elastoplastiche, oltre alla pulizia dalla vegetazione nell'immediato intorno di queste opere, in modo da garantirne l'accessibilità.

In corrispondenza di alcune sezioni di dettaglio (sezione A, C, E ed I), rilevate appositamente in modo speditivo per il progetto di fattibilità, sono presentate alcune verifiche per valutare l'opportunità di sistemare il versante con una riprofilatura con l'ausilio di palificate doppie. L'acclività dei luoghi non permette una tale sistemazione, mentre è stata invece confermata la necessità di costruire una modesta barriera paramassi a energia fissa, anche mediante l'esecuzione di alcune simulazioni di caduta massi lungo alcune traiettorie attraverso uno specifico software (PCMASSI ver.2.01 di Geosoft) riportate



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica

di seguito nella relazione. In sede di progettazione definitiva sono state realizzate le verifiche anche delle altre sezioni effettuate (B, D, F, G, H) nelle condizioni attuali e simulando la presenza di barriere nella posizione di progetto.

I massi che possono cadere lungo la scarpata a monte della strada sono stati considerati generalmente di forma sferica (cubica) cui competono a parità di dimensioni rispetto ad altre forme le distanze massime raggiungibili lungo traiettorie di caduta. La presenza di ciottoli anche ben arrotondati di materiale fluvioglaciale giustifica tale scelta, anche se sono diffusi ciottoli embricati di forma ovoidale assimilabile a corpi di forma cilindrica e/o discoidale e soprattutto blocchi di calcare facenti parte delle brecce di detrito con forma analoga e simile a quello del blocco franato il 7 giugno.

I blocchi prismatici di dimensione pari a 0,6 m di altezza e 0,3 m di diametro (analoghi ad una sezione prismatica di  $0,25 \div 0,26$  m di lato con la stessa altezza di 0,6 m) sono stati verificati in corrispondenza della sezione A dove vi sono affioramenti rocciosi e nel canale dismesso si osservano blocchi prismatici di queste dimensioni. In analogia a quanto osservato nella frana del 7 giugno anche per la sezione E sono state condotte verifiche anche con blocchi di queste dimensioni come anche per le sezioni F e G che mostrano condizioni analoghe del fronte di scarpata.

Le dimensioni dei blocchi sferici (o cubici) di dimensioni medie e massime utilizzate per le verifiche sono riportate nella seguente tabella dove sono anche esposti i parametri più significativi per la definizione delle barriere paramassi (velocità, energia cinetica e altezza di rimbalzo).

Occorre evidenziare come il blocco franato il 7 giugno 2022, nonostante venga riferito nella relazione dei VVFF sia di dimensioni pari a  $0,5 \text{ m}^3$  in realtà dalle misure effettuate sui blocchi in cui è stato rotto e gettato a valle della strada siano nettamente inferiori ( $39 \text{ dm}^3$  pari a  $0,04 \text{ m}^3$ ) come risulta dalla documentazione fotografica e dalla tabella a lato delle foto.

In tal modo le dimensioni del blocco di dimensioni massime risultano compatibili con quelle del blocco di forma cilindrica utilizzato per le verifiche di caduta massi nel settore della sezione A e per la sezione E.

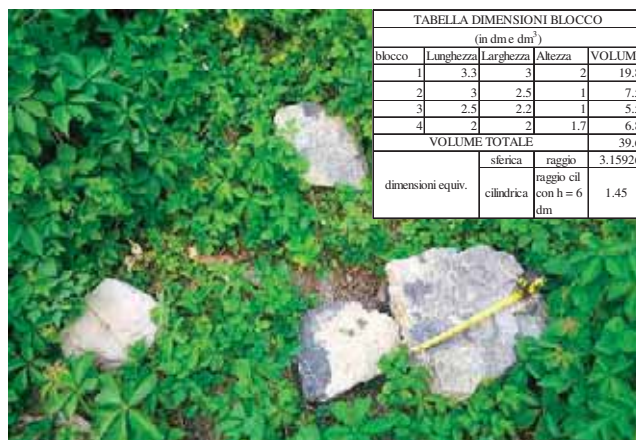


TABELLA DIMENSIONI BLOCCO				
(in dm e dm <sup>3</sup> )				
blocco	Lunghezza	Larghezza	Altezza	VOLUME
1	3,3	3	2	19,8
2	3	2,5	1	7,5
3	2,5	2,2	1	5,5
4	2	2	1,7	6,8
VOLUME TOTALE				39,6
dimensioni equiv.	sferica	raggio	3.15926	
	cilindrica	raggio cil con h = 6 dm	1,45	

*Sassi di dimensione decimetrica caduti sulla strada Cunella il 7 giugno 2022 e gettati poi a valle della strada dai VVFF; le misure effettuate indicano che complessivamente il blocco aveva dimensioni pari a  $39 \text{ dm}^3$  ( $0,039 \text{ m}^3$ ) ed anche supponendo che si sia persa qualche frazione lungo la scarpata o immediatamente al piede del muro di sostegno della strada si raggiungerebbe al massimo una dimensione pari ad un decimo ( $0,05 \text{ m}^3$ ) di quella indicata nel rapporto dei VVFF ( $0,5 \text{ m}^3$ ), compatibile con le dimensioni dei blocchi presenti sul ciglio della scarpata in erosione.*

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica

La tabella che riporta sinteticamente i dati di verifica effettuati in corrispondenza di tutte le sezioni (nell'allegato il dettaglio di ciascuna verifica) indica le altezze dei rimbalzi e le energie cinetiche in gioco che permettono di determinare e progettare le caratteristiche della barriera paramassi.

MASSO DI DIMENSIONI MASSIME (n. blocchi di verifica pari a 1000)													
VERIFICA	QUOTA DI CADUTA		PROGRESSIVA PROFILO MONITORAGGIO (m)	CARATTERISTICHE PUNTO DI MONITORAGGIO	N blocchi che hanno superato punto monitoraggio	CARATTERISTICHE MASSO		VELOCITA'		ENERGIA CINETICA		LTEZZA RIMBALZ	
	min	max				forma	dimensioni (m <sup>3</sup> )	media	max	media	max	media	max
	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)						(m/s)	(m/s)	(kJ)	(kJ)	(m)	(m)
sez A	545.7	541.5	14.3/18.9	ciglio interno canale lato valle/ciglio strada di monte	0	cilindrica	$\pi \cdot 0.15^2 \cdot 0.6$	9.00	5.1	-----	-----	0.42	1.61
sez B	547.1	545.7	7.4	sommità muro canale lato monte	609	cilindrica	$\pi \cdot 0.15^2 \cdot 0.6$	9.19	9.19	1.93	<b>4.98</b>	0.39	<b>1.45</b>
sez B	547.1	545.7	7.4	sommità muro canale lato monte	228	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.1^3$	8.92	10.96	0.16	<b>0.49</b>	0.4	<b>1.17</b>
sez C	543.5	541.7	6.8	sommità muro canale lato monte	270	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.1^3$	8.46	8.76	0.16	<b>0.44</b>	0.27	<b>0.95</b>
sez D	543.4	547.5	8.9	sommità muro canale lato monte	525	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.1^3$	10.34	11.49	0.25	<b>0.67</b>	0.44	<b>1.76</b>
sez E	543.9	545.9	10.1	sommità muro canale lato monte	369	cilindrica	$\pi \cdot 0.15^2 \cdot 0.6$	5.30	8.46	2.04	<b>4.38</b>	0.37	<b>1.16</b>
sez E	543.9	545.9	8	sommità muro canale lato valle	390	cilindrica	$\pi \cdot 0.15^2 \cdot 0.6$	4.55	7.64	1.51	<b>3.64</b>	0.29	<b>0.93</b>
sez E	543.9	545.9	10.1	sommità muro canale lato monte	125	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.1^3$	7.94	27.64	0.18	<b>0.38</b>	0.37	<b>1.19</b>
sez F	348.6	350.6	9.9	sommità muro canale lato monte	175	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.1^3$	11.05	12.65	0.29	<b>0.95</b>	0.32	<b>1.16</b>
sez F	348.6	350.6	9.9	sommità muro canale lato monte	613	cilindrica	$\pi \cdot 0.15^2 \cdot 0.6$	8.51	12.11	2.28	<b>8.94</b>	0.36	<b>1.34</b>
sez G	345.1	345.6	6.8	sommità muro stradale	143	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.1^3$	9.77	10.12	0.27	<b>0.57</b>	0.57	<b>1.51</b>
sez G	345.1	345.6	6.8	sommità muro stradale	624	cilindrica	$\pi \cdot 0.15^2 \cdot 0.6$	8.82	9.88	2.91	<b>5.73</b>	0.70	<b>1.90</b>
sez H	344.0	349.4	7.6	sommità muro stradale	379	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.1^3$	9.61	9.80	0.24	<b>0.65</b>	0.38	<b>1.36</b>
sez I	352.0	349.5	10.3	sommità muro contro ripa	94	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.1^3$	8.63	12.05	0.18	<b>0.52</b>	0.20	<b>0.95</b>

MASSO DI DIMENSIONI MEDIE (n. blocchi di verifica pari a 1000)													
VERIFICA	QUOTA DI CADUTA		PROGRESSIVA PROFILO MONITORAGGIO (m)	CARATTERISTICHE PUNTO DI MONITORAGGIO	N blocchi che hanno superato punto monitoraggio	CARATTERISTICHE MASSO		VELOCITA'		ENERGIA CINETICA		LTEZZA RIMBALZ	
	min	max				forma	dimensioni (m <sup>3</sup> )	media	max	media	max	media	max
	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)						(m/s)	(m/s)	(kJ)	(kJ)	(m)	(m)
sez B	547.1	545.7	9.4	sommità muro canale lato valle	117	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.05^3$						
sez B	547.1	545.7	7.4	sommità muro canale lato monte	144	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.05^3$	8.37	9.46	0.02	<b>0.06</b>	0.41	<b>1.34</b>
sez C	543.5	541.7	6.8	sommità muro canale lato monte	225	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.05^3$	4.98	8.73	0.02	<b>0.06</b>	0.28	<b>0.94</b>
sez D	543.4	547.5	8.9	sommità muro canale lato monte	nulla	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.05^3$						
sez E	543.9	545.9	10.1	sommità muro canale lato monte	84	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.05^3$	8.03	33.07	0.03	<b>0.05</b>	0.42	<b>1.12</b>
sez F	348.6	350.6	9.9	sommità muro canale lato monte	145	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.05^3$	5.92	11.39	0.03	<b>0.1</b>	0.33	<b>1.04</b>
sez G	345.1	345.6	6.8	sommità muro stradale	85	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.05^3$	6.39	9.51	0.03	<b>0.07</b>	0.5	<b>1.4</b>
sez H	344.0	349.4	7.6	sommità muro stradale	282	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.05^3$	5.51	9.74	0.03	<b>0.08</b>	0.39	<b>1.16</b>
sez I	352.0	349.5	10.3	sommità muro contro ripa	79	sferica	$4/3 \cdot \pi \cdot 0.05^3$	8.46	8.81	0.03	<b>0.06</b>	0.24	<b>1.02</b>

Tabella con i dati principali delle simulazioni di caduta massi per i blocchi di maggiori dimensioni (elementi cubici/sferici o prismatici/cilindrici) e per quelli di dimensioni medie (elementi cubici/sferici).

I dati di velocità, energia cinetica e altezza dei rimbalzi sono relativi al punto di monitoraggio che per la sezione A corrisponde al muro esterno del canale, mentre per le altre sezioni, i dati di monitoraggio sono relativi in generale alla posizione del muro esterno del canale o di quello interno (anche all'interno del detrito) come specificato nelle caratteristiche del punto di monitoraggio (si osservino anche le figure delle traiettorie nelle analisi che seguono).

Si può affermare che per questi sassi le altezze massime di rimbalzo sono comprese tra 1 e 2 m di altezza (valore massimo 1,90 m) con energie di impatto bassissime (quasi sempre inferiori a 1 kJ, tranne che per i blocchi cilindrici delle sezioni E, F e G dove si raggiungono valori di poco superiori compresi tra 4,38 kJ e 8.94 kJ). La velocità media di impatto è compresa tra 4,5 e 11 m/s, mentre quella massima può raggiungere 27,6÷33,1 m/s nel caso dei blocchi sferici di dimensione media o massima nella sezione E.



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica

Tali dati confermano la necessità di una modesta barriera paramassi a energia fissa, simile a quella realizzata nel tratto più a Nord sopra il muro rivestito in pietrame. L'altezza, sempre sulla base delle verifiche dovrà essere di almeno due metri di altezza con una energia di assorbimento inferiore a 200 kJ.

Utilizzando una barriera di tale altezza qualsiasi verifica ausiliaria di caduta massi venga effettuata lungo le sezioni utilizzate per il dimensionamento della barriera utilizzate fornirà l'impossibilità del superamento della barriera da parte di tutte le tipologie di masso utilizzato per le analisi analogamente a quanto avviene con la verifica della sezione A in corrispondenza del canale idroelettrico dismesso e senza soletta che funge da vallo, dove nessun blocco caduto supera il vallo stesso.

Le energie di impatto identificate dal valore dell'energia cinetica estremamente contenute permettono di realizzare la barriera paramassi ad energia fissa non solo a monte del canale idroelettrico dismesso e coperto da materiale, ad una distanza di circa 2 m dal muro di delimitazione della strada, sul lato di monte del canale idroelettrico dismesso e coperto, ma anche in alcuni tratti lungo il muro che delimita la strada o al limite immediatamente a monte dello stesso muro senza che vi siano problemi di deformazione della barriera con allargamento verso la sede stradale. Tale possibilità è offerta proprio dalla tipologia di barriera a energia fissa. In ogni caso le verifiche a punzonamento certificate delle barriere paramassi permettono di contenere entro pochi centimetri le deformazioni per carichi molto bassi quali quelli ottenibili sulla base delle energie cinetiche in gioco (1-10 kJ).

Ad ulteriore verifica dell'altezza della barriera necessarie si è tenuto conto dell'altezza del massimo rimbalzo all'interno del tratto di pendio in cui è stato collocato il punto di monitoraggio, tratto evidenziato nella tabella seguente in funzione dei massi cilindrici/prismatici o sferici/cubici di massima dimensione analizzati.

CARATTERISTICHE TRAIETTORIE PER BARRIERA PARAMASSI						
	Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
sez A	3	9,6	5,7	1,9	<b>1,4</b>	0,45
sez B	3	9,7	5,9	2,1	1,26	0,43
sez B	3	10,2	5,8	1,9	1,67	0,46
sez C	4	8,8	4,7	1,6	0,93	0,27
sez D	3	10,8	6	2,2	1,9	0,54
sez E	4	8,6	5,3	1,7	1,19	0,36
sez E	4	8,8	5,3	1,6	1,26	0,38
sez E	4	8,1	5	1,6	1,23	0,37
sez F	7	9,4	5,5	2,2	1,06	0,33
sez F	7	12,5	5,4	2	1,36	0,32
sez G	3	10,2	6,2	2,1	1,45	0,57
sez G	3	10,1	6,6	1,7	1,97	0,71
sez H	4	9,9	5,6	2	1,36	0,37
sez I	7	8,6	4,6	2	0,95	0,2
MASSIMO		<b>12,5</b>	6,6	2,2	<b>1,97</b>	<b>0,71</b>
MEDIA		<b>9,66</b>	5,54	1,90	1,36	0,41
DEV.ST		1,12	0,56	0,22	0,31	0,13

Dalla tabella qui a lato si può asservare che l'altezza prevista di 2 m soddisfa a qualsiasi caduta massi nel tratto considerato garantendo la bontà dell'intervento e che per la gran parte della tratta di progetto è sufficiente anche solo una barriera di 1,5 m di altezza.

Tale barriera dovrà praticamente proseguire verso Sud a partire da quella esistente ad esclusione di un tratto di circa 23 metri immediatamente a Sud della rete esistente dove la protezione è fornita dal canale idroelettrico dismesso (vedi sezione di verifica A) e nel tratto sopra gli organi di manovra del canale idroelettrico a valle della strada dove la rete addossata svolge già una buona protezione prevedendo comunque lo svuotamento della rete stessa.

## Conclusioni

Il modesto smottamento con caduta di un blocco di calcare di circa 40 dm<sup>3</sup> sulla strada Cunella (via Colleoni) avvenuto a giugno 2022 ha riproposto per l'ennesima volta la situazione di pericolo in cui è collocata la stessa strada nel territorio di Villa d'Ogna dove periodicamente si verificano cadute di massi e pietre dal vecchio ciglio in erosione della strada e/o del canale idroelettrico dismesso e dalle pareti del versante a quote decisamente superiori a quelle della strada. Anche la caduta massi più recente del 9 agosto si colloca in posizione analoga con dimensioni molto più contenute dal momento che solo qualche blocco (complessivamente meno di 0,1 m<sup>3</sup> di materiale in blocchi di dimensioni simili a quelle medie analizzate nelle verifiche di caduta massi) hanno raggiunto la sede stradale.

La situazione geologica è ben nota con pareti da cui si staccano i blocchi in terreni sciolti detritici o in corrispondenza ad affioramenti rocciosi (Calcare di Esino) o conglomeratici misti a breccie di natura fluvio-glaciale e detritica) e che rotolando sulle fasce detritiche inerbite naturalmente o artificialmente per la posa di reti addossate possono raggiungere la strada Cunella superando le opere di difesa realizzate (muro di contenimento della strada e/o tratti di canale idroelettrico dismesso).

Nel corso di decenni sono stati effettuati numerosi interventi per la messa in sicurezza. Si può affermare che è stato raggiunto un buon grado di efficienza con scarsa probabilità di caduta di blocchi sulla strada dalle pareti rocciose del versante a quote più elevate (allineamenti anche parzialmente sovrapposti di barriere elastoplastiche ad alta energia di assorbimento).

Lo stesso non si può invece dire per la parete e i cigli di scarpata immediatamente a monte della strada dove sono stati effettuati interventi su alcuni cigli in erosione e su pareti di conglomerato con reti addossate utilizzando anche il vecchio canale idroelettrico dismesso come elemento di contenimento delle cadute massi e solo per un tratto di circa 80 m è stata posizionata una barriera paramassi a energia fissa data la limitata energia cinetica dei blocchi che possono cadere sulla strada da tale scarpata.

La scarsa attività di manutenzione all'interno di aree boscate delle opere esistenti (reti addossate e reti con paglia), nonostante alcuni tagli effettuati dal nuovo proprietario dei terreni, rendono più efficienti interventi di difesa passiva quali barriere paramassi ad energia fissa come verificato anche attraverso verifiche analitiche di caduta massi.

Solo nella zona immediatamente soprastante il bacino di carico della centrale idroelettrica della Cunella è sufficiente un intervento di manutenzione di quella rete, così come per il dissesto di giugno è necessario mettere in opera una rete addossata con funi perimetrali che permetta di lavorare in sicurezza durante la realizzazione delle barriere paramassi ad energia fissa.

Per quanto riguarda le barriere paramassi il loro posizionamento potrà avvenire sulla fascia detritica immediatamente a monte del canale nel tratto a Nord dell'attuale dissesto, mentre da quel punto in poi sarà possibile posizionarla o sul muro o immediatamente dietro il muro stesso. Le verifiche di caduta massi hanno permesso di determinare la loro altezza minima (pari a 2 m) con resistenza molto bassa grazie alla limitata estensione del rotolamento dei massi dopo la caduta.



Studio Geoter  
di Santambrogio S.  
via G. Rossini, 2 – 24020 ARDESIO (Bergamo)  
0346 33663 [studio.geoter@virgilio.it](mailto:studio.geoter@virgilio.it)  
sede legale via G. da Velate n.2 - Milano

**Studio Associato Bertoni - Mattioli.**  
Via Nazionale n. 1 – 25040 BRAONE (BS)  
0364 433806 – [studioassociatobertonimattioli@virgilio.it](mailto:studioassociatobertonimattioli@virgilio.it)

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica

Il muro di valle del canale idroelettrico dismesso continuerà laddove possibile a garantire l'arresto dei blocchi senza che gli stessi raggiungano la strada.

L'altezza di 2 m della barriera da utilizzare garantisce che qualunque distacco di dimensioni analoghe a quelle verificate e simile a quelli avvenuti recentemente o in passato non superi la barriera stessa; la bassissima energia di impatto determina anche una limitata deformazione della barriera stessa contenuta in pochi centimetri come è possibile osservare dai certificati a punzonamento delle reti forniti dai produttori.

Infine, in tutto il settore immediatamente a monte della strada, lungo l'intaglio della strada e del canale, occorre programmare una corretta manutenzione delle varie opere di difesa esistenti e/o di progetto con un controllo periodico (almeno biennale).

Durante le sistemazioni indicate, considerata anche l'acclive morfologia del luogo, sarà necessaria l'adozione di un comportamento prudenziale nella gestione della strada, con interruzioni della transitabilità e/o transito a senso alterno a seconda delle operazioni da svolgere tenendo presente che contemporaneamente la strada SP41 della val Seriana è tranquillamente agibile.

Ardesio, settembre 2022

Studio Geoter  
dott. geol. Sergio Santambrogio



Allegati

VERIFICHE DI CADUTA MASSI





## VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

Le verifiche di caduta massi sono state effettuate con un programma dedicato denominato PCMASSI ver.3.01 di Geosoft s.a.s. Le caratteristiche del programma, come definite dal suo Progettista, sono di seguito riportate:

**PCMassi (ver. 1.1)** è un programma di simulazione dinamica delle traiettorie di cadute massi lungo un pendio. Il programma è basato su un modello che, pur appartenendo alla categoria *lumped-mass*, è in grado di tenere conto della dimensione e della forma del blocco.

Il programma è stato sviluppato al fine di poter configurare la dinamica della caduta massi e di fornire analisi statistiche relative a probabili fenomeni di questo tipo in ogni genere di sito; le analisi fornite possono rappresentare per l'Utente un valido strumento per studiare la dinamica della caduta massi, determinare se sia necessario intervenire per attenuare questo fenomeno e contribuire alla pianificazione di tale intervento.

Al fine di configurare la dinamica della caduta massi, il programma utilizza un input di valori numerici assegnati alle proprietà del pendio su cui si sviluppa la caduta e del masso.

Il modello applica equazioni di accelerazione gravitazionale e di conservazione di energia per descrivere il movimento del masso. Vengono utilizzate funzioni derivate empiricamente relative alla velocità, all'attrito, e alle proprietà del materiale costituente il versante per analizzare l'interazione dinamica fra il masso ed il versante.

La variazione statistica osservata tra le cadute massi viene configurata variando casualmente l'angolo a cui avviene l'impatto tra un masso ed il pendio, entro limiti stabiliti dalla dimensione del masso e dalle caratteristiche del pendio stesso.

Il programma fornisce un'analisi specifica nell'area sede della caduta massi con output di velocità e di statistiche dell'altezza dei rimbalzi.

La dinamica delle cadute massi è influenzata dalla geometria del versante roccioso, dalle proprietà del materiale dello stesso, dalla geometria del masso e dalle proprietà del materiale di cui è costituito il masso (Richtie, 1963).

Le cadute massi aventi origine in uno stesso luogo potrebbero avere dinamiche assai differenti a seguito dell'interazione di questi fattori.

I parametri che quantificano la geometria del versante, le proprietà del materiale del versante e le proprietà del materiale del masso (Tavola I) vengono utilizzati per configurare la dinamica della caduta massi:

**Tavola 1.** Parametri determinanti la dinamica della caduta massi.

Fattore	Parametro
Geometria del Versante	Inclinazione del versante Lunghezza del versante Rugosità della superficie Variabilità laterale
Proprietà del Materiale	Coefficienti di versante Coefficienti del masso
Geometria del Masso	Dimensione del masso Forma del masso
Proprietà del Materiale del Masso	Durezza del masso Massa del masso

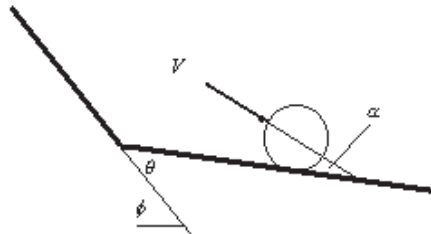
I parametri della geometria del pendio che influenzano la dinamica delle cadute massi sono: l'inclinazione, la sua lunghezza, la rugosità della superficie, e la variabilità laterale della superficie del versante. L'inclinazione del pendio riveste un ruolo fondamentale perché definisce zone di accelerazione e decelerazione della caduta massi. La lunghezza del pendio determina la distanza a cui il masso accelera o decelera. La inclinazione e la lunghezza del pendio vengono inserite nel programma dividendo la pendenza stessa in segmenti di linea retta e introducendo le coordinate di inizio e fine di ogni segmento.

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

Oltre all'inclinazione e alla lunghezza del pendio, la interazione delle irregolarità della superficie con il masso costituisce il fattore più importante nella determinazione della dinamica delle cadute massi. Le irregolarità nella superficie del pendio sono infatti responsabili della maggior parte della variabilità osservata tra le cadute massi aventi origine da una stessa fonte. Queste irregolarità, definite rugosità della superficie, alterano l'angolo a cui avviene l'impatto tra il masso e la superficie. La tipologia del rimbalzo è sostanzialmente determinata proprio da tale angolo di impatto (Wu, 1984).

Il programma PCMassi configura le irregolarità della superficie variando in modo casuale l'angolo di pendio entro limiti definiti dalla dimensione del masso e dalla rugosità della superficie. Variazioni laterali della superficie della pendice potrebbero influenzarne l'inclinazione, la sua lunghezza, o la rugosità della superficie e quindi influenzare la velocità del masso e la direzione di avanzamento. Le proprietà del materiale del versante influenzano la dinamica di un masso che rimbalza sul versante stesso. Le rappresentazioni numeriche di queste proprietà sono denominate *coefficiente normale di restituzione* ( $R_n$ ) e *coefficiente tangenziale* di resistenza di attrito ( $R_t$ ), dove la direzione normale è perpendicolare rispetto alla superficie, e la direzione tangenziale è parallela alla superficie (Piteau e Associates, 1980 - Wu, 1984).

Le componenti ed i coefficienti di velocità sono illustrati nella Figura 1.



**Figura 1.** Angolo di impatto ( $\alpha$ ) definito come funzione di traiettoria del masso, angolo del pendio ( $\phi$ ) e variazione dell'angolo ( $\theta$ ).

Nel determinare le nuove componenti di velocità per un impatto successivo di un masso, si rendono necessari coefficienti normali e tangenziali distinti a causa dei differenti meccanismi implicati nel moto resistente normale e tangenziale rispetto al pendio. Quando un masso rimbalza su di una pendice, l'energia cinetica viene perduta a causa delle componenti anelastiche della collisione e dell'attrito. Mentre il meccanismo primario nel moto resistente parallelo alla pendice è attrito radente o volvente, l'elasticità del pendio determina il moto normale rispetto al pendio stesso.

$R_n$  è una misura del grado di elasticità in una collisione normale rispetto alla pendice, e  $R_t$  è una misura della resistenza di attrito al movimento parallelo rispetto al versante.

Poiché un masso più grande possiede una maggiore quantità di moto ed è meno probabile che si arresti tra le irregolarità, esso avanzerà lungo la pendice in misura maggiore rispetto ad un masso di dimensioni più contenute (Richtie, 1963). Quindi la dimensione del masso è di importanza fondamentale nel determinare la misura in cui la rugosità della superficie influenzerà la dinamica della caduta massi.

Un'altra importante proprietà del masso è la sua forma. La forma del masso, similmente alla rugosità della superficie del pendio, contribuisce alla casualità della dinamica di caduta massi. Essa influenza anche la ripartizione dell'energia di traslazione e di rotazione attraverso il momento d'inerzia. Una proprietà fondamentale del masso è la sua durezza, che determina se un masso si frantumerà al momento dell'impatto. La frammentazione del masso dissipa una gran quantità di energia e riduce la dimensione individuale del masso stesso. La dimensione del masso è in relazione diretta con l'energia cinetica e la quantità di moto, considerazioni fondamentali in ogni tipo di impatto.

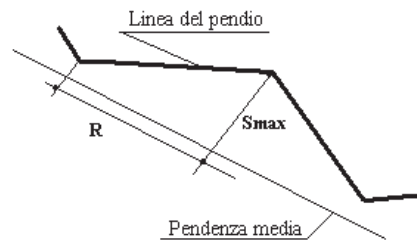
Considerando un pendio naturale, i parametri riportati alla Tavola 1 avranno un'ampia gamma di valori e risulterebbe scomodo analizzarli in quanto variabili indipendenti. E' consigliabile quindi ridurre il numero di variabili semplificando come segue:

1. Il profilo del pendio dovrebbe seguire il percorso di caduta massi più probabile come stabilito durante gli studi sul campo; quindi, tutti i calcoli vengono sviluppati in forma bidimensionale.
2. Poiché il tipo di masso non cambia durante una caduta massi e la gamma delle proprietà del materiale del versante è assai più ampia rispetto alla gamma delle proprietà del materiale del masso, i coefficienti assegnati al materiale possono essere utilizzati sia per le proprietà del masso che per le proprietà del pendio.

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

3. Il caso peggiore è generalmente rappresentato dal masso più grande che rimane intatto mentre avanza lungo la pendice; quindi, si parte dal presupposto che il masso non si frantumi durante la caduta.
4. La dimensione e la forma del masso vengono ritenute costanti per l'analisi della caduta massi da un dato punto di partenza; i valori assegnati a questi parametri devono essere determinati da uno studio in campagna dell'area da cui si distacca il masso e dei materiali costituenti il versante.
5. Per la determinazione del volume e dell'inerzia di un masso, si potrebbe utilizzare una sfera in quanto essa fornisce un volume massimo per un raggio dato che tenderà verso il caso peggiore. Il programma consente però anche l'uso di massi a forma discoidale o cilindrici.

La simulazione della caduta massi inizia entro una zona verticale selezionata che rappresenta il punto di partenza del masso assegnando le componenti nominali iniziali di velocità in orizzontale e in verticale del masso stesso. Si agisce sulle componenti di velocità attraverso l'accelerazione gravitazionale finché la traiettoria del masso interseca la pendice sottostante alla velocità risultante  $V_1$ . Ad ogni impatto, la velocità, l'angolo di impatto, e la velocità di rotazione vengono utilizzate per calcolare nuove componenti di velocità e il ritmo di rotazione. Al punto d'impatto, l'angolo della pendice ( $\phi$ ) viene fatto variare casualmente fino al limite stabilito dalla variazione massima probabile nella pendice ( $\theta_{max}$ ). Tale limite è determinato dall'osservazione sul campo della superficie del pendio. La rugosità della superficie (S) viene definita come la variazione perpendicolare del pendio entro una distanza del pendio uguale al raggio del masso (Figura 2).



**Figura 2.**  $\theta_{max}$  è definito attraverso la variazione perpendicolare massima ( $S_{max}$ ) da una linea di inclinazione media su una distanza uguale al raggio della roccia (R).

Ciò descrive l'angolo del pendio 'visto' dal masso al momento dell'impatto. La rugosità della superficie (S) e il raggio del masso (R) vengono utilizzati nel calcolo della variazione massima consentita nell'angolo della pendice ( $\theta_{max}$ ) da:

$$(1) \quad \theta_{max} = \tan^{-1} \left( \frac{S_{max}}{R} \right)$$

L'angolo di variazione ( $\theta$ ) è un angolo selezionato casualmente, inferiore rispetto al massimo calcolato, che determina la variazione nell'angolo del pendio ( $\phi$ ). Questa variazione casuale è in larga misura responsabile della variazione statistica delle cadute massi. L'angolo di impatto ( $\alpha$ ) viene utilizzato per scomporre la velocità ( $V_{t1}$ ) in componenti di velocità tangenziale ( $V_{t1} = V_1 \cos \alpha$ ) e normale ( $V_{n1} = V_1 \sin \alpha$ ) rispetto alla superficie del pendio.

Nella seguente equazione si calcola una nuova velocità tangenziale dalle considerazioni di conservazione di energia:

$$(2) \quad \left( \frac{1}{2} I \omega_1^2 + \frac{1}{2} M V_{t1}^2 \right) f(F) SF = \frac{1}{2} I \omega_2^2 + \frac{1}{2} M V_{t2}^2$$

dove:

M	massa del masso	$\omega_1$	velocità iniziale di rotazione	f(F)	funzione di attrito
I	momento d'inerzia del masso	$\omega_2$	velocità finale di rotazione	$Rt + (1-Rt) / \{ [(V_{t1} - W1R)/20]^2 + 1.2 \}$	
I	$2MR^2/5$ (sfera)	$V_{t1}$	velocità tangenziale iniziale	SF	fattore di scala
I	$MR^2/2$ (disco)	$V_{t2}$	velocità tangenziale finale	$Rt / \{ [V_{n1} / (250Rn)]^2 + 1 \}$	
I	$MR^2/4 + ML^2/12$ (per masso cilindrico L = lunghezza)				

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

In qualsiasi collisione non perfettamente elastica, l'energia cinetica viene perduta. Nel caso dell'impatto fra un masso e il pendio, la componente di energia cinetica parallela rispetto al pendio e l'energia di rotazione sono attenuate dall'attrito e da collisioni con elementi perpendicolari al pendio.

L'attrito è una funzione del materiale costituente il versante, determinata sia dal coefficiente tangenziale sia dall'eventualità che il masso stia inizialmente rotolando o scivolando lungo la superficie. La funzione di attrito regola il coefficiente tangenziale secondo la differenza tra la velocità alla superficie del masso relativa al terreno all'inizio dell'impatto.

La velocità normale rispetto al pendio riveste anch'essa un ruolo fondamentale relativamente alla perdita di energia cinetica tangenziale al pendio stesso. Un aumento della velocità normale rispetto alla superficie dà come risultato una forza normale maggiore durante l'impatto. Il fattore di scala si regola per le aumentate resistenze di attrito dovute ad un aumento della forza normale.

L'equazione 2 può essere risolta al fine di ricavare nuove velocità tangenziali e di rotazione, stabilendo la seguente relazione tra velocità di rotazione e velocità tangenziale:

$$(3) \quad V_{t2} = \omega_2 R$$

Questa equazione descrive la situazione in cui il masso rotola, anziché scivolare, lungo la superficie durante l'impatto. Dall'osservazione del rimbalzo dei massi si nota che, a prescindere dalla velocità di rotazione iniziale, i massi si distaccano sempre dalla superficie rotolando. La relazione espressa nell'equazione 3 rende possibile l'applicazione dell'energia di rotazione alla velocità tangenziale, o l'applicazione della velocità tangenziale alla velocità di rotazione.

L'energia perduta durante il rimbalzo è determinata dalla differenza tra le velocità di rotazione e tangenziale, la velocità normale rispetto al pendio, e il coefficiente tangenziale. Le costanti utilizzate nella funzione di attrito e il fattore di scala sono stati determinati attraverso prove sperimentali. La soluzione dell'equazione 2 per ricavare la nuova velocità tangenziale dà la seguente equazione:

$$(4) \quad V_{t2} = \sqrt{\frac{R^2 (I\omega_1^2 + MV_{t1}^2) f(F) SF}{I + MR^2}}$$

La seguente equazione stabilisce una nuova velocità normale ( $V_{n2}$ ):

$$(5) \quad V_{n2} = \frac{V_{n1} R_n}{1 + \left(\frac{V_{n1}}{30}\right)^2}$$

Questa equazione utilizza il coefficiente di restituzione ( $R_n$ ) e un fattore di scala dipendente dalla velocità ( $1/(1+V_{n1}/30)^2$ ) per determinare la nuova velocità normale ( $V_{n1}$ ). Il fattore di scala normale si regola automaticamente per la diminuzione del coefficiente normale di restituzione man mano che la velocità di impatto aumenta. Questo fattore rappresenta una transizione da un rimbalzo più elastico a basse velocità verso un rimbalzo molto meno elastico causato dall'accresciuta frantumazione del masso e dalla formazione di crateri sulla superficie della pendice a velocità di impatto più elevate (Habib, 1976).

Dopo ogni rimbalzo il programma esegue una iterazione per trovare il lasso di tempo trascorso fino al rimbalzo successivo. Il tempo trascorso è calcolato dalle velocità x e y, dall'accelerazione gravitazionale e dal profilo del pendio. Dopo aver stabilito una nuova posizione di impatto, il rimbalzo successivo viene calcolato come in precedenza.

Se la distanza percorsa dal masso tra un rimbalzo e il successivo è inferiore al suo raggio, si considera che il masso stia rotolando e gli viene data una nuova posizione x,y uguale ad una distanza di un raggio rispetto alla sua posizione precedente. Questo procedimento consente di configurare un masso che rotola sotto forma di una serie di brevi rimbalzi, similmente al modo in cui un masso irregolare rotola su di una superficie irregolare.

La rugosità della superficie è una funzione della dimensione del masso e dell'irregolarità della superficie come descritto nelle note teoriche (vedasi Figura 2). La rugosità della superficie è una stima di quanto possa variare l'angolo della pendice entro il raggio del masso.



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

All'inizio dello studio di una caduta massi, potrebbe risultare utile effettuare misurazioni relative alla rugosità della superficie. Questa operazione potrebbe essere svolta tirando uno spago lungo la pendice e misurando la distanza dalla pendice perpendicolarmente allo spago. La variazione di questa misurazione, entro il raggio del masso, è la rugosità della superficie.

Con un po' di pratica, una stima della rugosità della superficie potrebbe sostituire questo tipo di misurazione che richiede una considerevole quantità di tempo. Poiché il programma seleziona una variazione dell'angolo d'impatto fino al valore definito dalla rugosità della superficie, è consigliabile utilizzare la maggiore rugosità di superficie probabile. Tale valore non è sempre il valore dell'asperità più notevole del pendio, né una variazione media del pendio stesso, bensì è il valore della maggiore variazione che si verifica con una certa frequenza.

Si dovrebbe selezionare per ogni segmento di pendio una gamma di valori probabili della rugosità di superficie e, nel caso in cui si consideri più di una dimensione di un masso, si dovrebbero raccogliere valori distinti della rugosità di superficie per ogni dimensione di masso.

Nel caso di superfici molto lisce, come ad esempio le pavimentazioni, la rugosità della superficie è una sola funzione dell'irregolarità del masso. In tali casi, le rugosità di superficie appropriate saranno di solito comprese tra il 25 e il 50 per cento del raggio del masso. In tutti i casi, è consigliabile raccogliere una gamma di probabili valori della rugosità di superficie da utilizzarsi in analisi di sensitività.

Il coefficiente tangenziale d'attrito determina la misura in cui la componente della velocità del masso parallela al pendio viene rallentata durante l'impatto. La vegetazione, e in misura minore il materiale del pendio, influenza il coefficiente tangenziale. Si dovrebbe selezionare una gamma di valori probabili per ogni segmento da usarsi in una analisi di sensitività. La tavola seguente propone una serie di valori tipici per vari materiali.

<b>Coefficiente Tangenziale (<math>R_t</math>)</b>	<b>Descrizione del pendio</b>
0.87 - 0.92	Superfici rigide lisce, come ad esempio pavimentazioni o superfici lisce di roccia di letto.
0.83 - 0.87	Maggior parte delle superfici di roccia di letto e pendii con assenza di vegetazione.
0.82 - 0.85	Maggior parte di pendii con vegetazione bassa.
0.80 - 0.83	Pendii con vegetazione scarsa.
0.78 - 0.82	Pendii coperti da boscaglia.

I valori del coefficiente tangenziale relativi a pendii con vegetazione di altezza superiore al metro sono di difficile valutazione perché, mentre il coefficiente per un singolo masso potrebbe essere basso, i primi massi che scendono dalla collina aprono, in genere, il percorso ai massi successivi. Il coefficiente normale di restituzione è una misura della modificazione della velocità normale rispetto al pendio prima dell'impatto, paragonata alla velocità normale successiva all'impatto. Il coefficiente normale è determinato dalla rigidità della superficie del pendio.

La tavola seguente propone una serie di valori relativi a diversi materiali. La compattezza del pendio si può valutare in base al fatto che le impronte rimarranno impresse su pendii aventi un tipo di suolo morbido, mentre non rimarrà nessuna o quasi nessuna traccia su pendii aventi un tipo di suolo più compatto. Si ricordi però che un suolo morbido potrebbe gelare durante l'inverno. Valori tipici di  $R_n$  sono:

<b>Coefficiente Normale (<math>R_n</math>)</b>	<b>Descrizione del pendio</b>
0.37 - 0.42	Superfici rigide lisce e pavimentazioni.
0.33 - 0.37	Maggior parte delle superfici di roccia di letto e di massi erratici.
0.30 - 0.33	Pendii con suolo compatto.
0.28 - 0.30	Pendii con suolo morbido.

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

## ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI VERIFICA SEZ. A (MASSO CILINDRICO DI DIMENSIONI MASSIME)

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: 16 settembre 2022

### Coordinate del Pendio, Natura e Parametri

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	552.2	7.7	545.7	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	7.7	545.7	9.2	541.5	roccia	0.03	0.90	0.40
3	9.2	541.5	11.3	540.3	detrito grossolano	0.10	0.85	0.35
4	11.3	540.3	11.8	540.3	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
5	11.8	540.3	11.8	538.5	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
6	11.8	538.5	14.3	538.5	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
7	14.3	538.5	14.3	540.3	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
8	14.3	540.3	14.9	540.3	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
9	14.9	540.3	15.3	538.6	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
10	15.3	538.6	16.2	538.4	detrito non vegetato	0.15	0.83	0.31
11	16.2	538.4	18.5	535.6	detrito non vegetato	0.15	0.83	0.31
12	18.5	535.6	18.9	535.6	detrito non vegetato	0.15	0.83	0.31
13	18.9	535.6	24.1	535.6	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
14	24.1	535.6	24.6	535.6	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
15	24.6	535.6	25.0	533.7	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

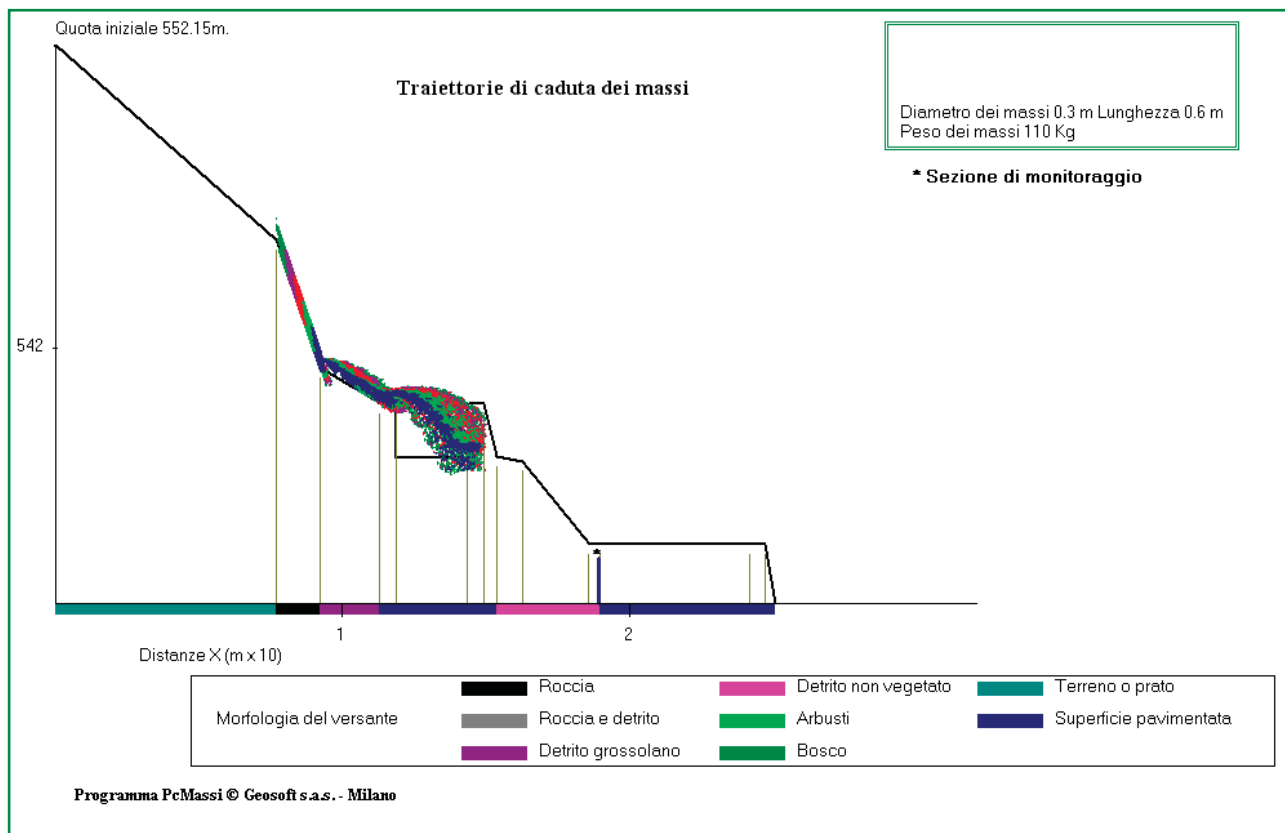
### Caratteristiche del masso tipo

Masso di forma:	<b>cilindrica</b>
Diametro (m):	<b>0,3</b>
Lunghezza (m):	<b>0,6</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>110</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

### Parametri di calcolo

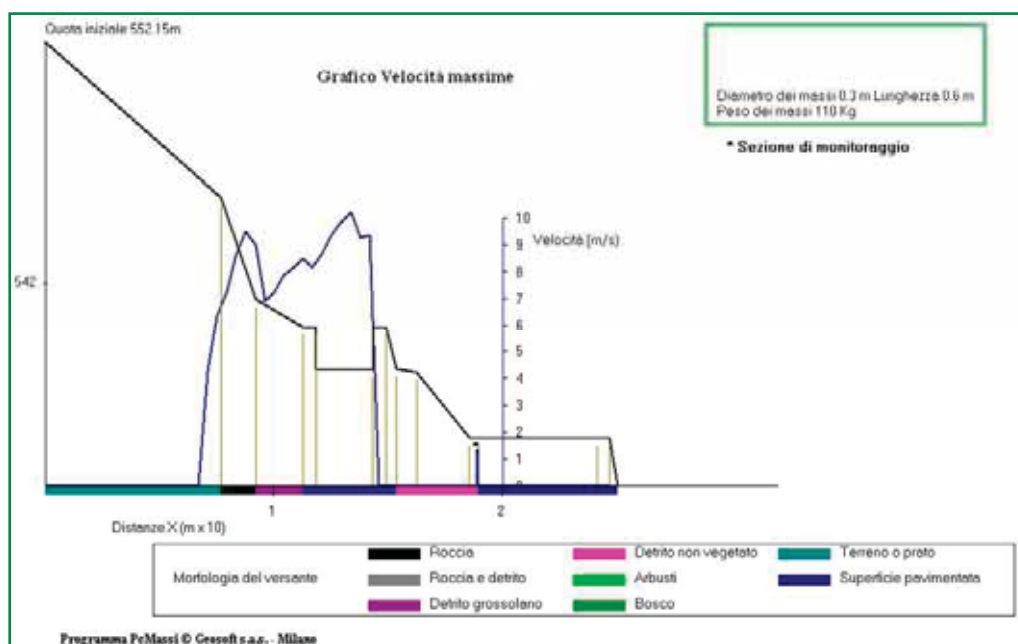
Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	545.7
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	541.5
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	18.9
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella	

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

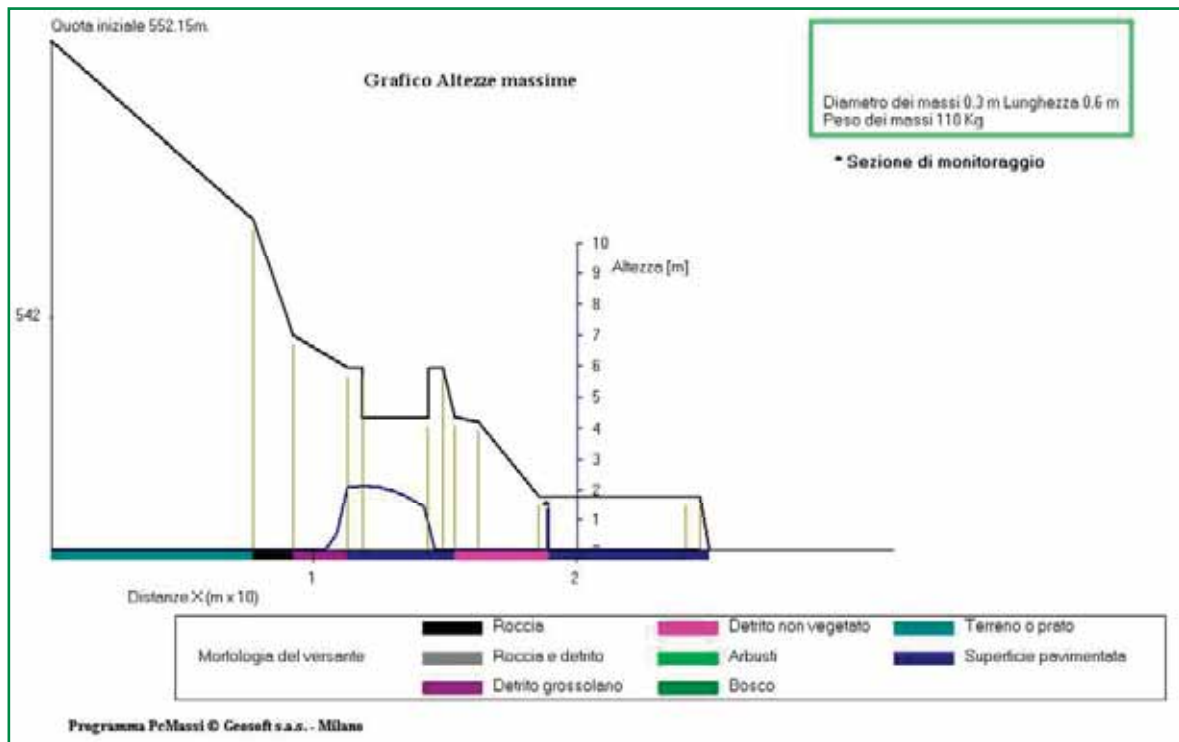
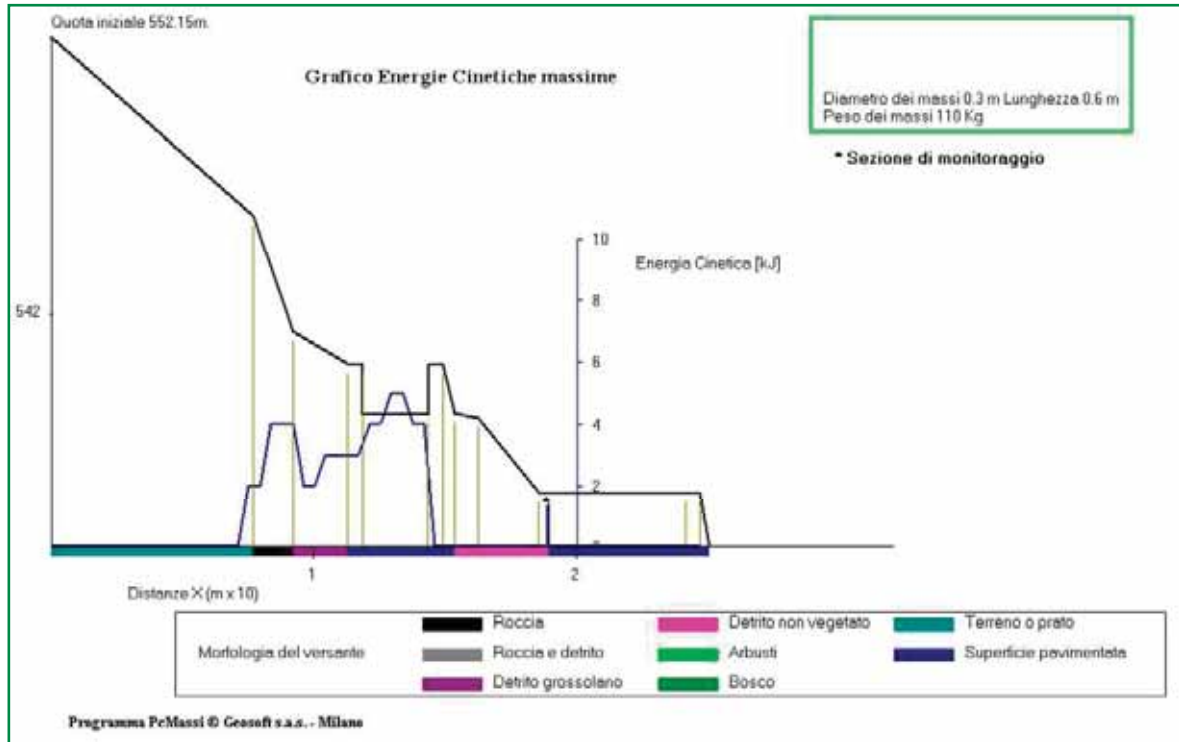


### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	0



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

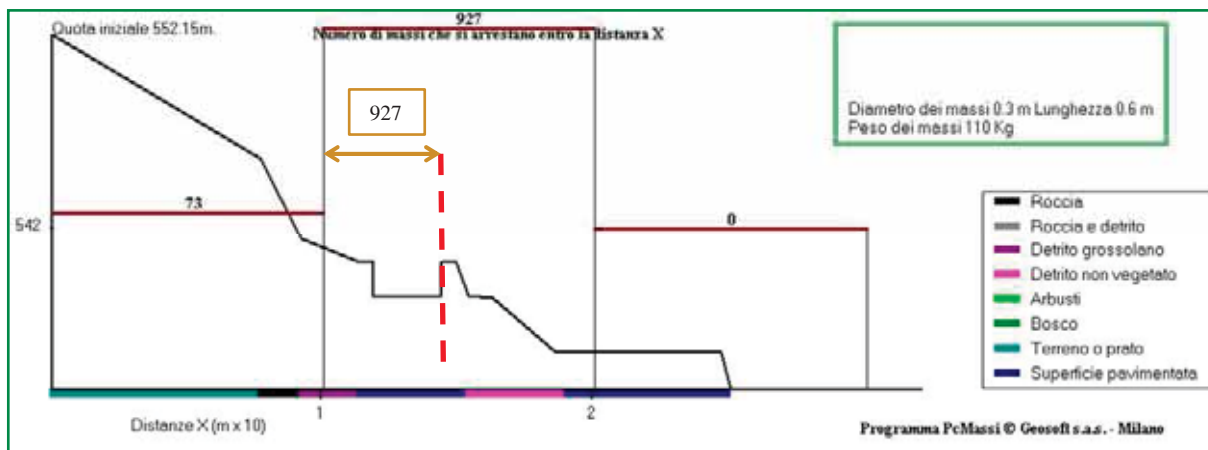




COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	8.7	5.7	1.7	0.32	0.08
3	8.0	5.7	1.0	0.58	0.14
4	7.5	4.4	1.0	0.24	0.09
5	7.7	4.4	1.1	2.06	1.89
6	8.9	5.1	1.7	1.61	0.52
7	9.0	5.1	1.7	1.54	0.47
8	nessun masso				
9	nessun masso				
10	nessun masso				
11	nessun masso				
12	nessun masso				
13	nessun masso				
14	nessun masso				
15	nessun masso				





Studio Geoter  
di Santambrogio S.  
via G. Rossini, 2 – 24020 ARDESIO (Bergamo)  
0346 33663 [studio.geoter@virgilio.it](mailto:studio.geoter@virgilio.it)  
sede legale via G. da Velate n.2 - Milano

**Studio Associato Bertoni - Mattioli.**  
Via Nazionale n. 1 – 25040 BRAONE (BS)  
0364 433806 – [studioassociatobertonimattioli@virgilio.it](mailto:studioassociatobertonimattioli@virgilio.it)

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. B (MASSO DI DIMENSIONI MEDIE)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO STRADA**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 16 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	13.1	1.5	11.7	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.5	11.7	2.0	10.3	roccia	0.03	0.90	0.40
3	2.0	10.3	9.7	3.9	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	9.7	3.9	10.2	2.2	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
5	10.2	2.2	11.4	0.0	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
6	11.4	0.0	16.9	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

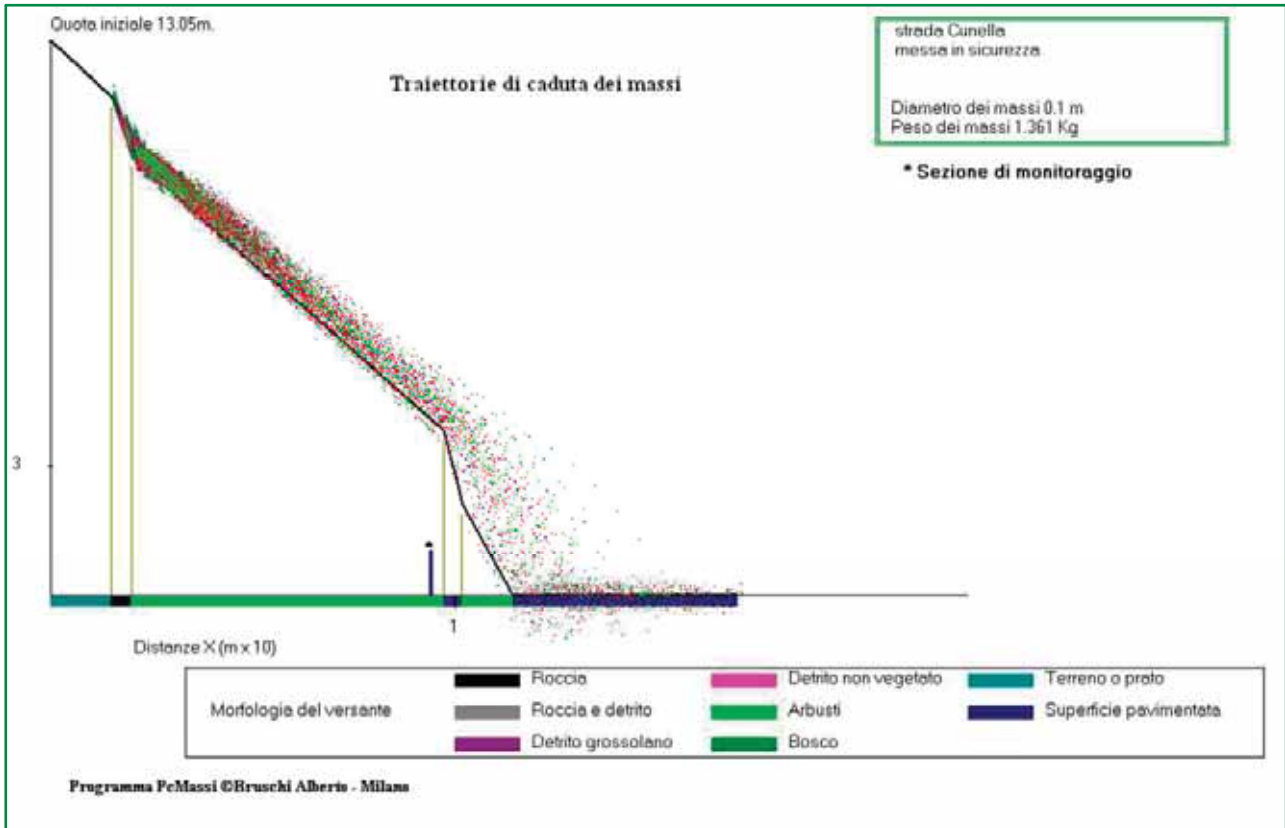
*Caratteristiche del masso tipo*

Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,1</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>1,361</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	11.7
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	10.3
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	9.4
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella sul margine del canale idroelettrico dismesso lato strada	

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>117</b>

### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

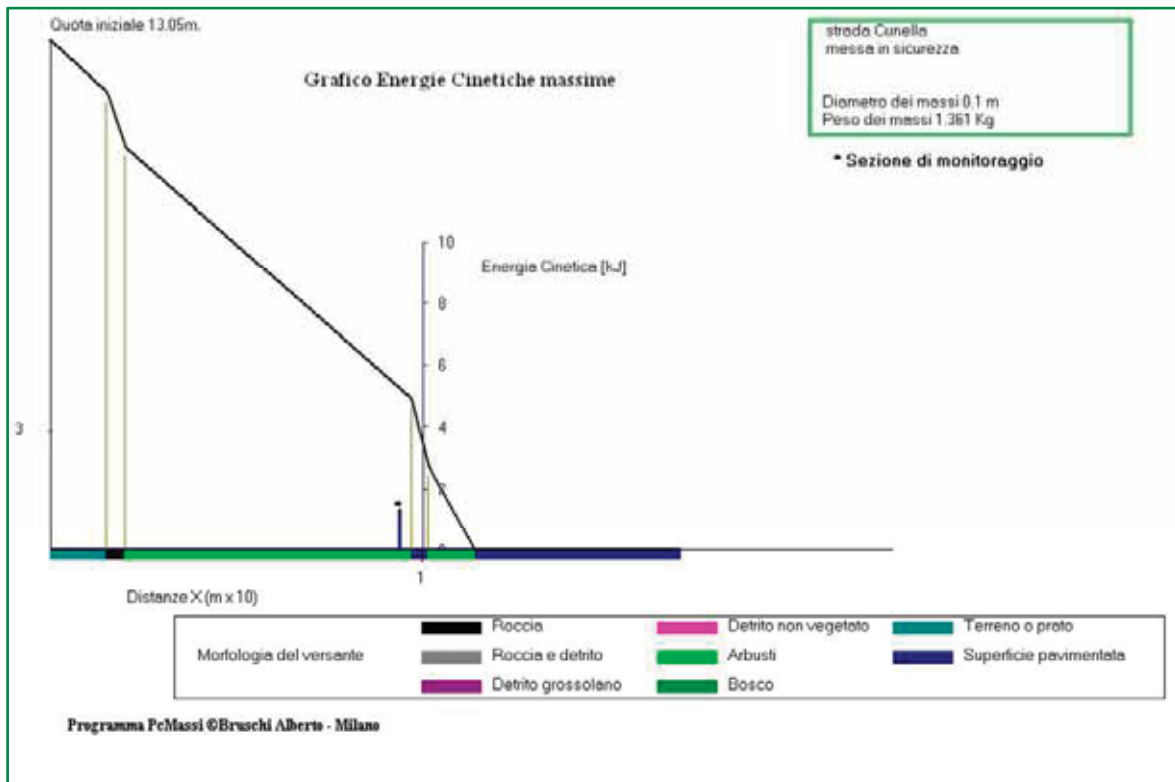
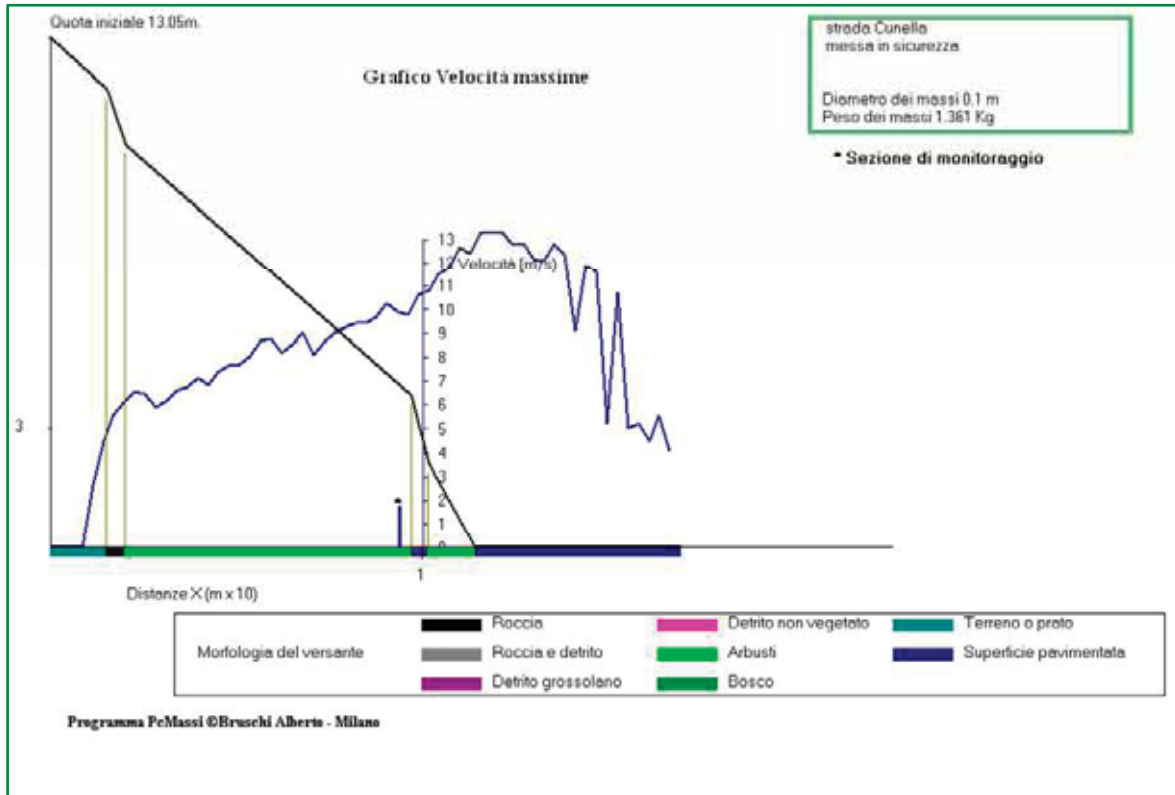
Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	5.53	0.03	0.47
75	6.89	0	0.69
90	8.12	0.05	0.9
95	8.86	0.06	1.02
98	9.69	0.06	1.15

### Valori misurati delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

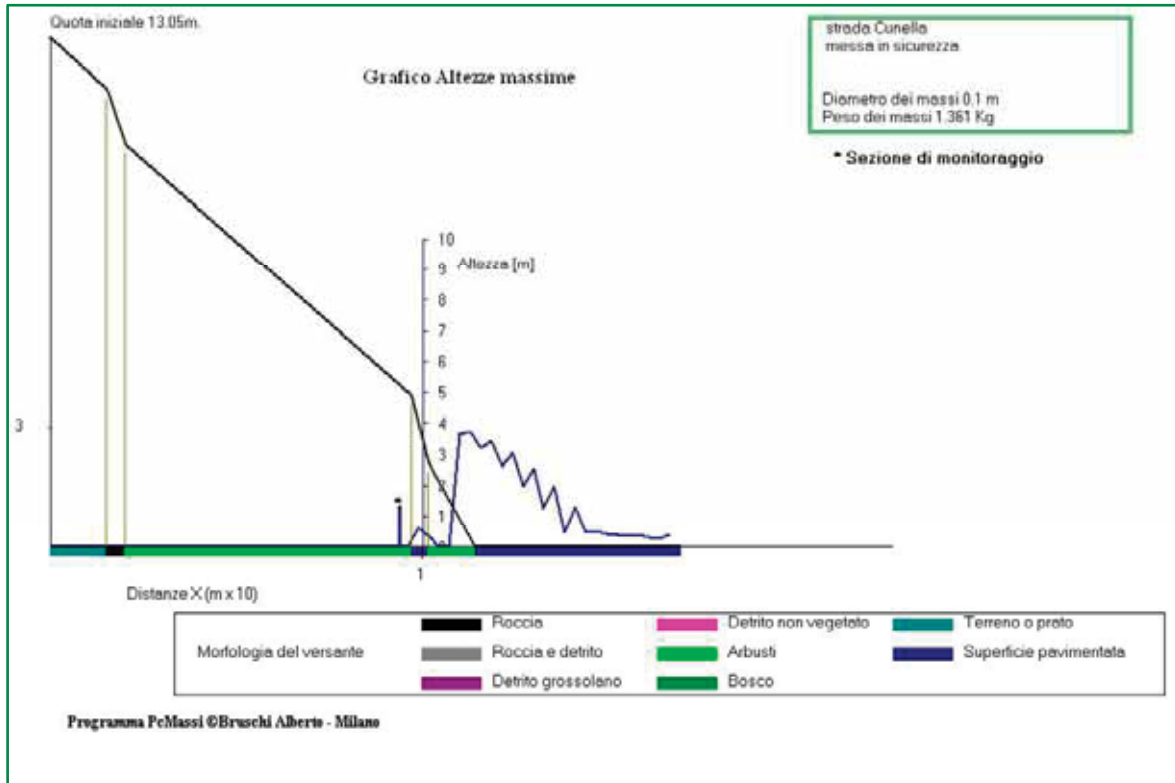
	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	9.58	<b>0.06</b>	<b>1.3</b>
media	5.53	0.03	0.47
minima	0.87		
deviazione standard	2.02	0.02	0.33



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

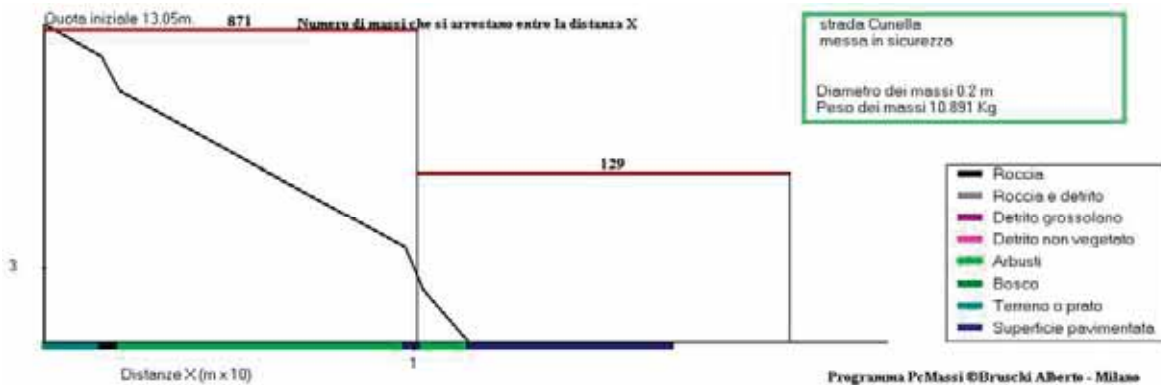


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	5.2	3.0	0.9	0.65	0.17
3	9.6	5.7	1.9	<b>1.40</b>	0.45
4	10.3	6.7	1.8	2.84	1.61
5	12.4	8.5	2.1	4.05	1.72
6	4.2	2.6	1.3	0.35	0.16



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. B (MASSO DI DIMENSIONI MEDIE)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO MONTE SU DETRITO**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 16 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	13.1	1.5	11.7	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.5	11.7	2.0	10.3	roccia	0.03	0.90	0.40
3	2.0	10.3	9.7	3.9	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	9.7	3.9	10.2	2.2	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
5	10.2	2.2	11.4	0.0	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
6	11.4	0.0	16.9	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

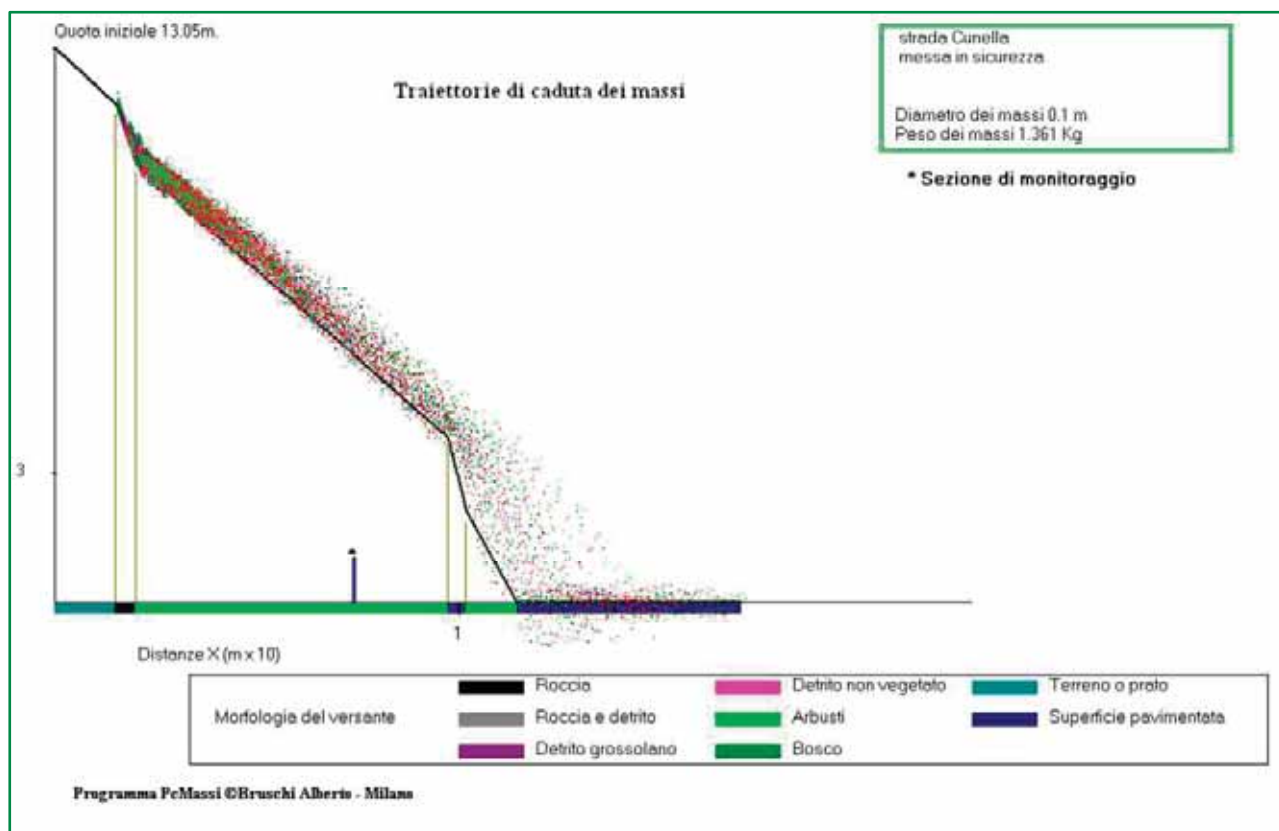
Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,1</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>1,361</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	11.7
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	10.3
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	7.4
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella sul margine del canale idroelettrico dismesso lato monte	



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>144</b>

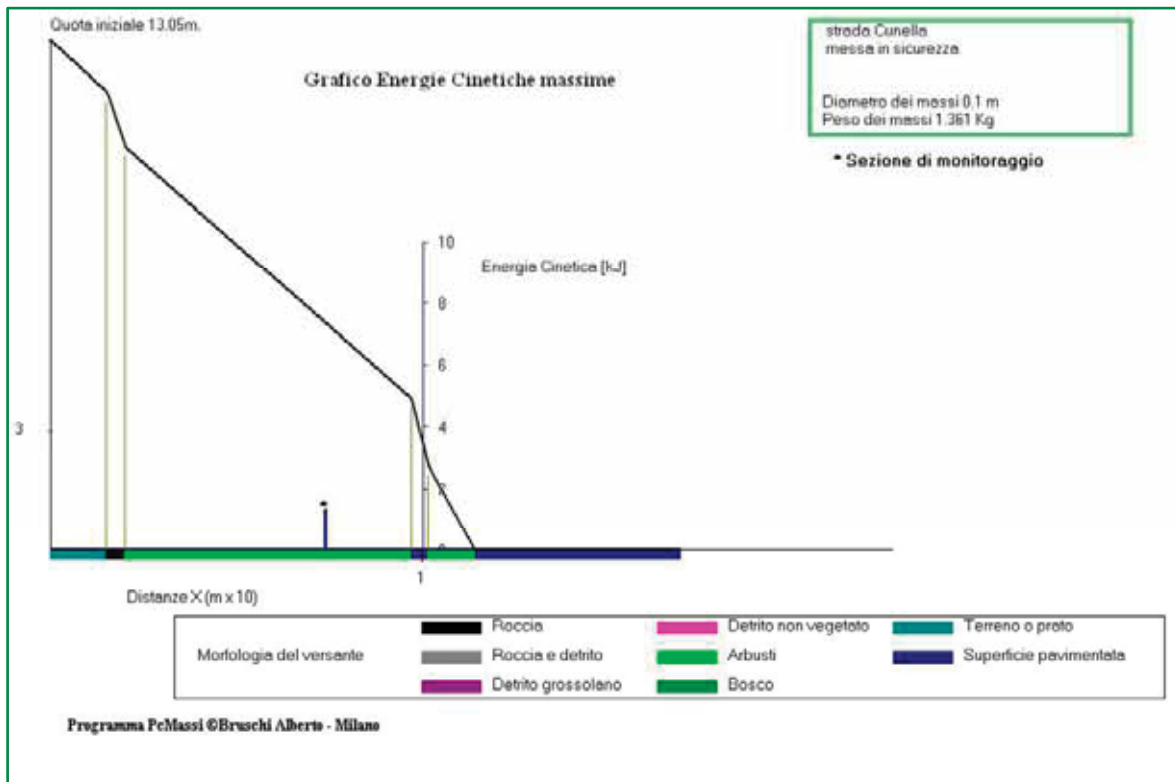
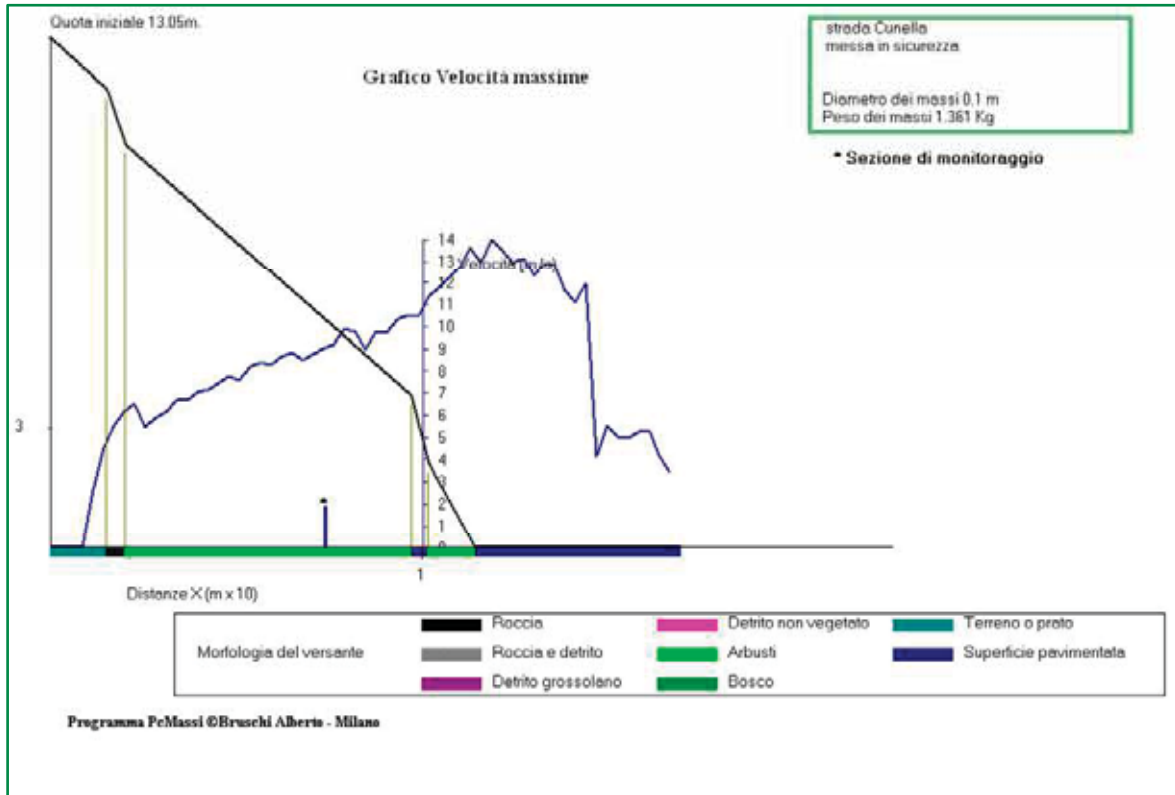
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	8.37	0.02	0.41
75	9.05	0	0.41
90	9.65	0.02	0.41
95	10.02	0.02	0.41
98	10.43	0.02	0.41

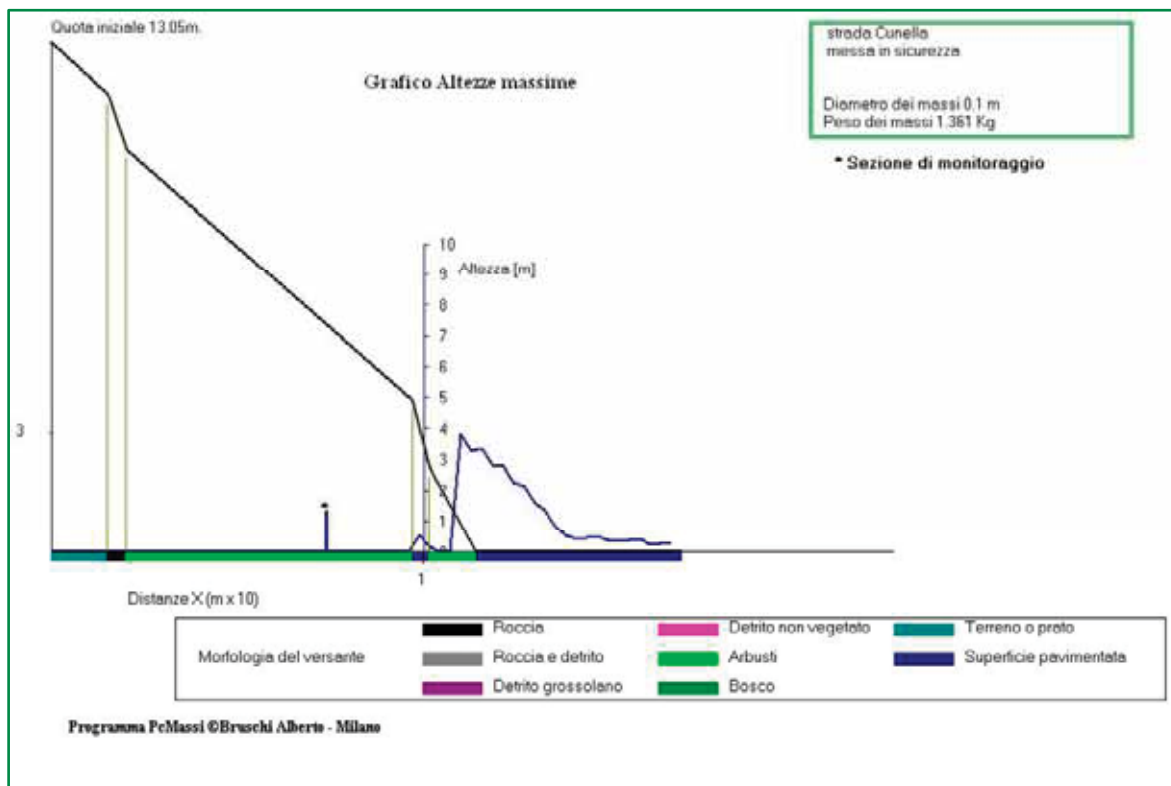
### Valori misurati delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	9.46	<b>0.03</b>	<b>1.34</b>
media	8.37	0.02	0.41
minima	0.0		
deviazione standard	1	0.02	0.0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

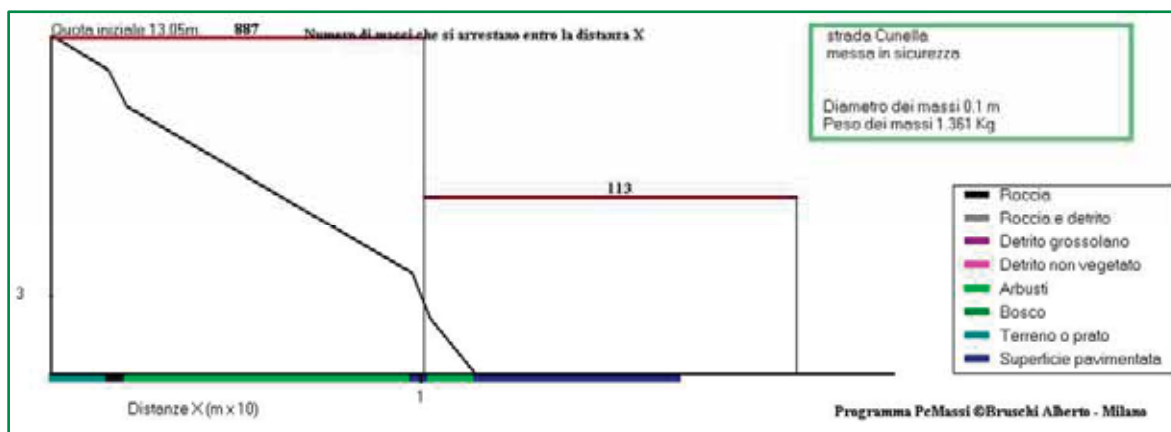


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	5.3	2.9	0.9	0.62	0.17
3	10.0	5.9	2.2	1.30	0.40
4	10.7	6.8	2.0	2.72	1.57
5	12.8	8.6	2.5	3.89	1.73
6	3.5	2.3	0.0	0.31	0.27



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. B (MASSO SFERICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO MONTE SU DETRITO**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 16 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	13.1	1.5	11.7	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.5	11.7	2.0	10.3	roccia	0.03	0.90	0.40
3	2.0	10.3	9.7	3.9	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	9.7	3.9	10.2	2.2	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
5	10.2	2.2	11.4	0.0	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
6	11.4	0.0	16.9	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

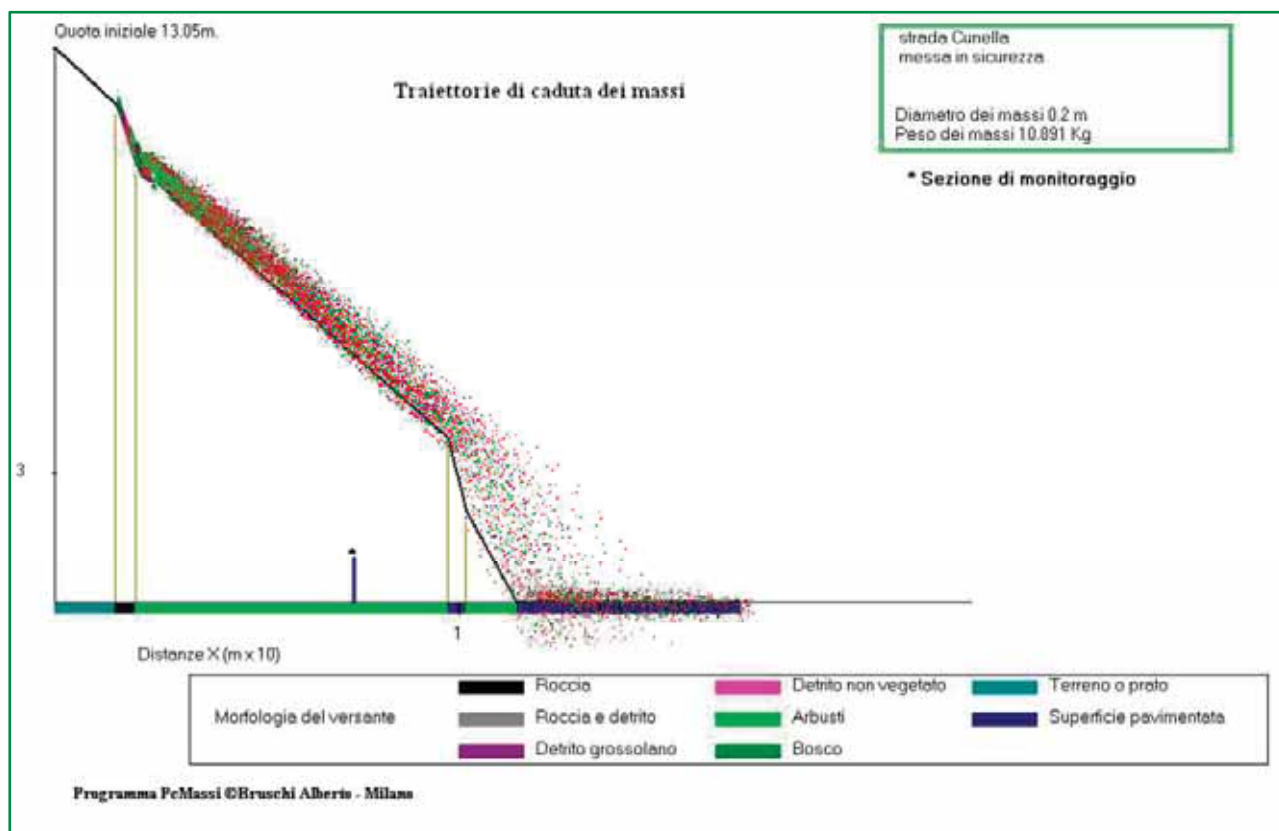
Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,2</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>10,891</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	11.7
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	10.3
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	7.4
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella sul margine del canale idroelettrico dismesso lato monte	



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	228

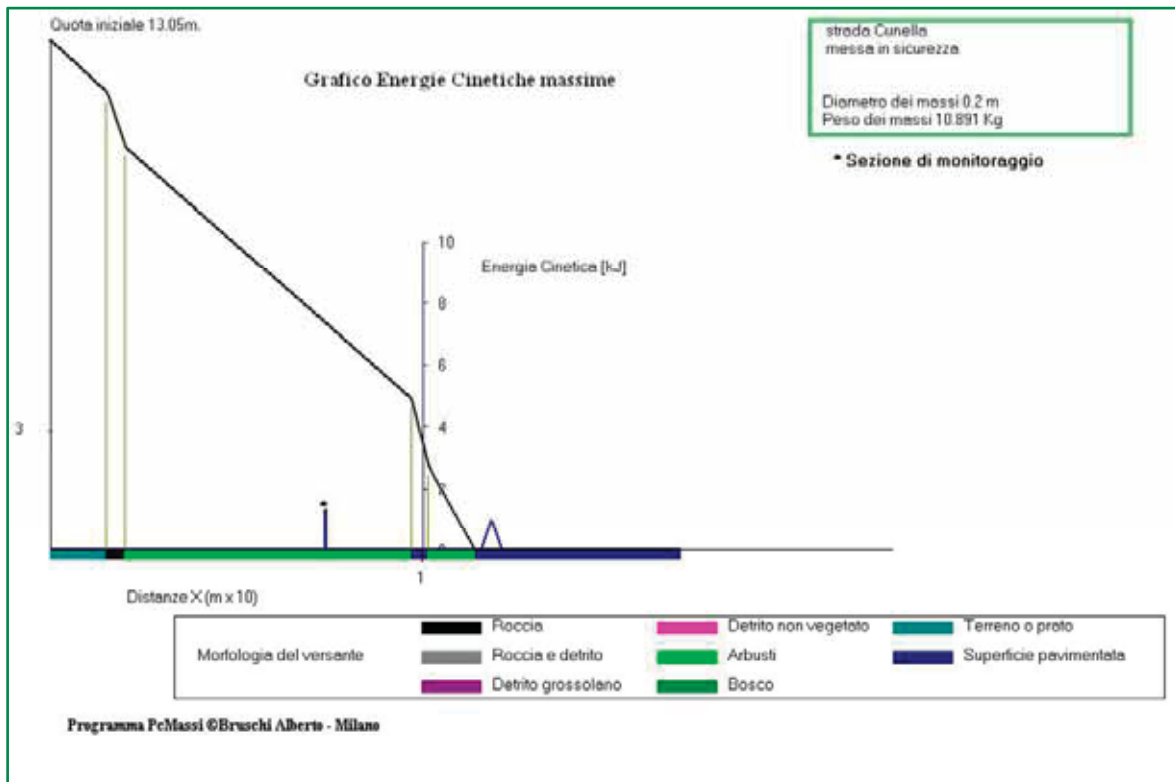
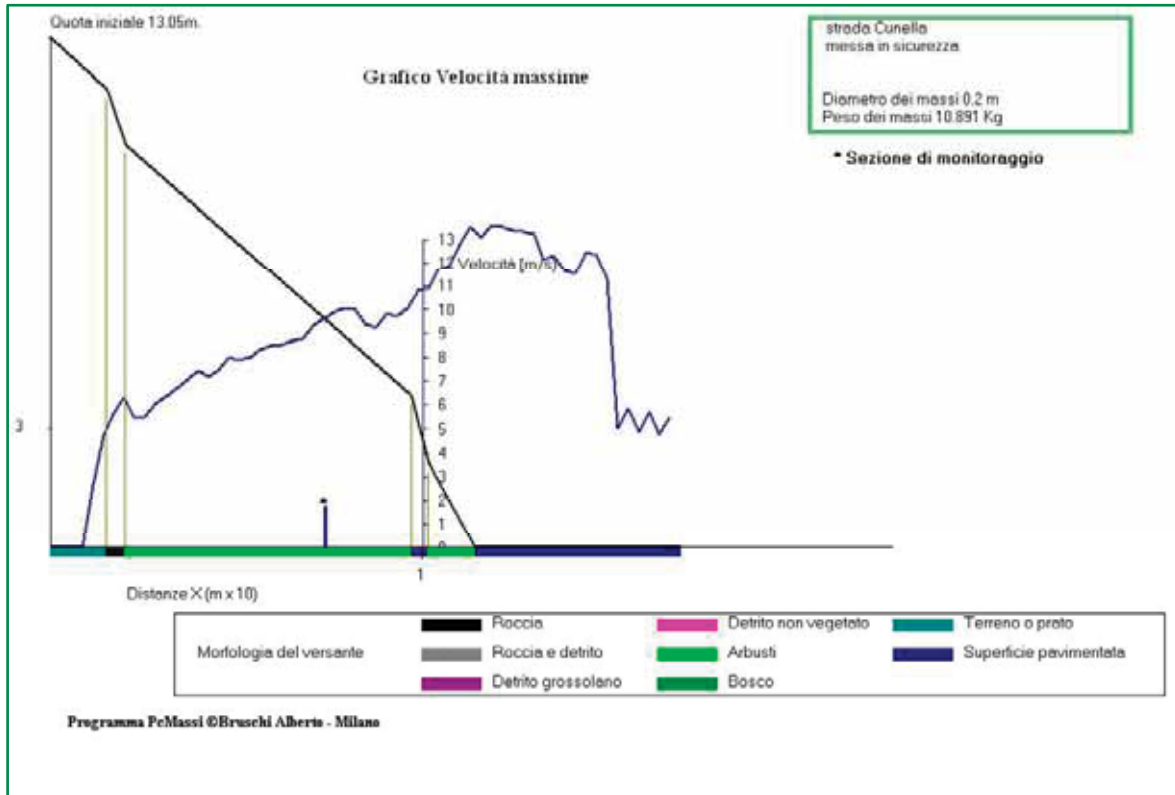
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	8.92	0.0	0.4
75	9.59	0.0	0.4
90	10.20	0.18	0.4
95	10.57	0.18	0.4
98	10.97	0.18	0.4

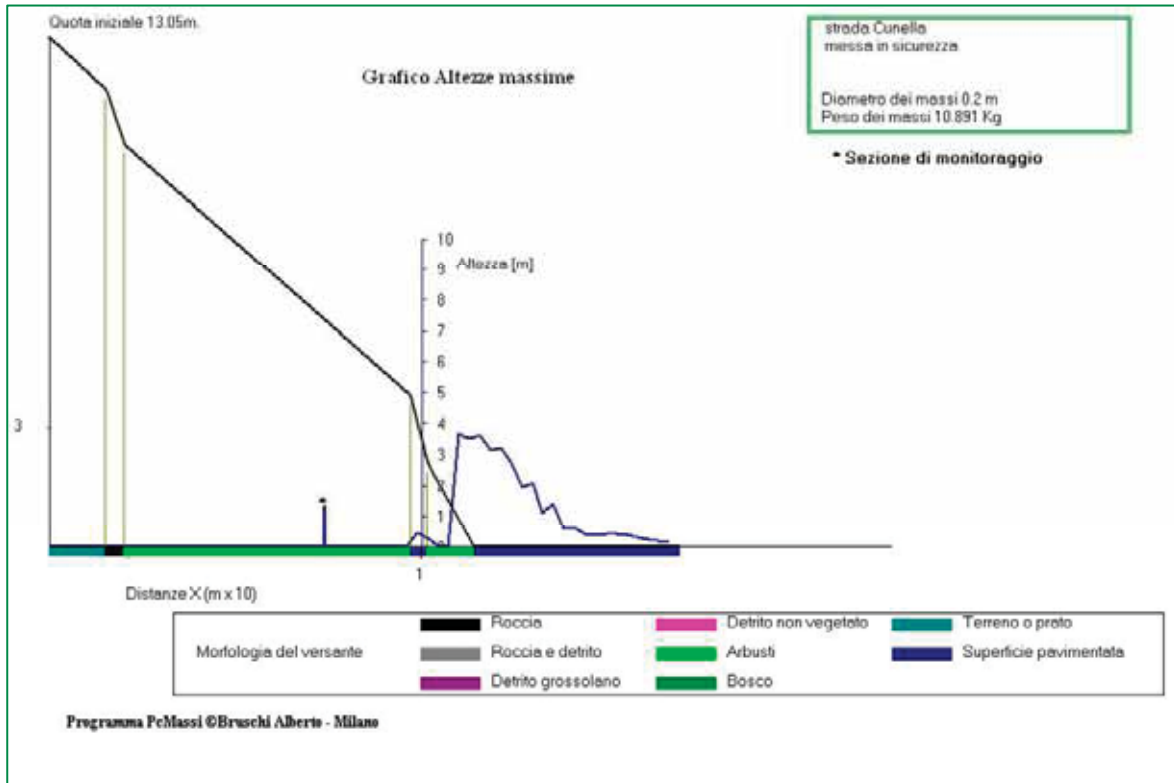
### Valori misurati delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	10.96	0.49	1.17
media	8.92	0.18	0.4
minima	0.0		
deviazione standard	1	0.0	0.0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

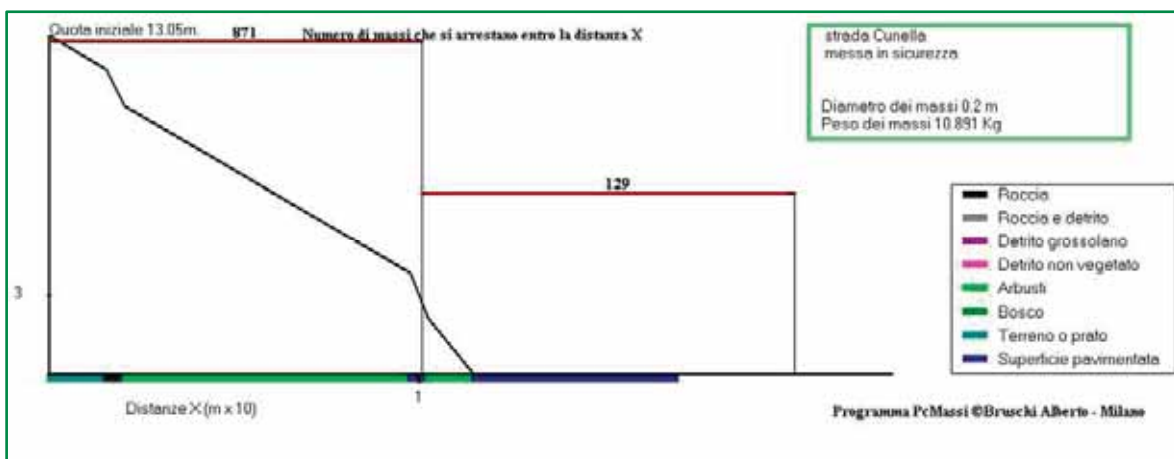


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di “difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)”  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	5.2	3.2	1.0	0.44	0.13
3	9.7	5.9	2.1	1.26	0.43
4	10.3	6.8	1.9	2.71	1.61
5	12.8	8.6	2.3	3.93	1.77
6	5.3	3.1	0.8	0.22	0.08



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. B (MASSO CILINDRICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO MONTE SU DETRITO**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 16 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	13.1	1.5	11.7	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.5	11.7	2.0	10.3	roccia	0.03	0.90	0.40
3	2.0	10.3	9.7	3.9	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	9.7	3.9	10.2	2.2	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
5	10.2	2.2	11.4	0.0	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
6	11.4	0.0	16.9	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

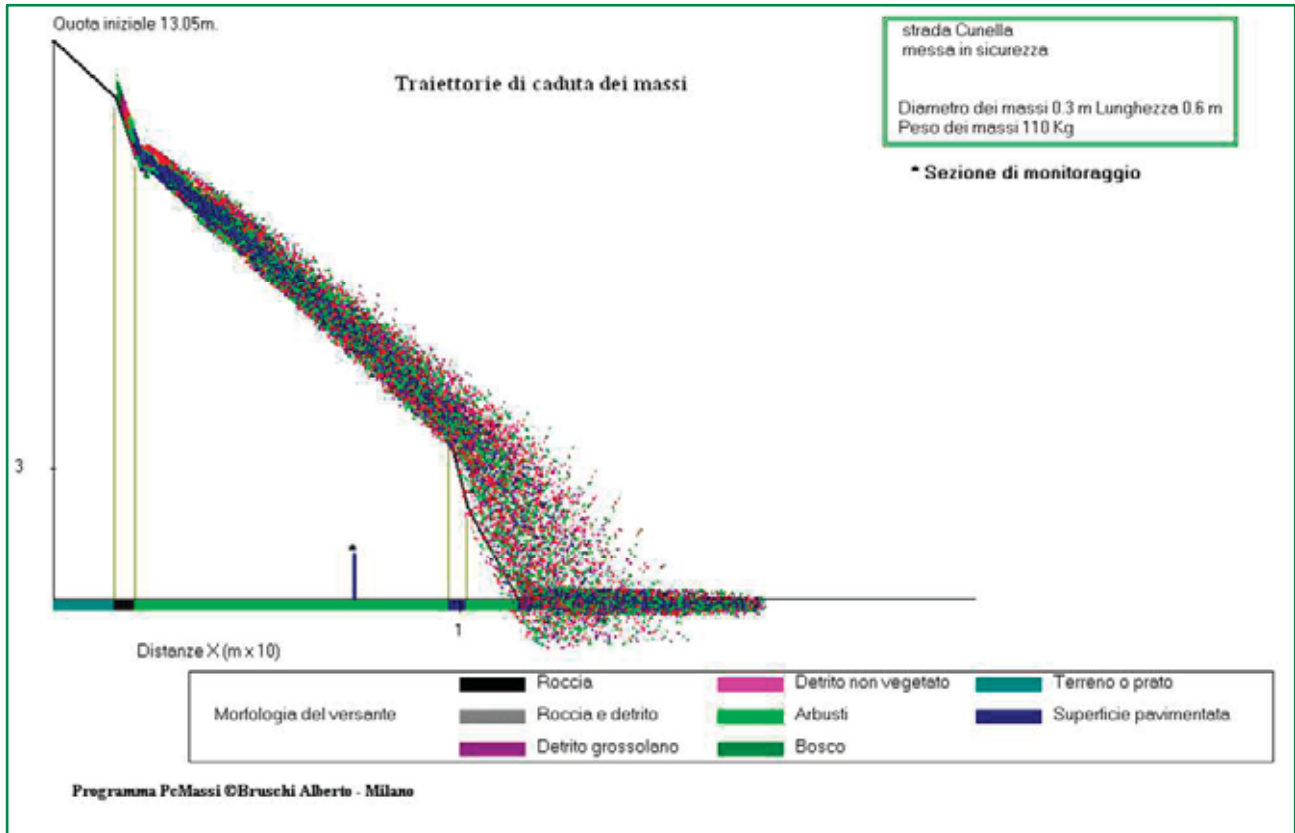
Masso di forma:	<b>cilindrico/prismatico</b>
Diametro (m):	<b>0,3</b>
Lunghezza (m):	<b>0,6</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>110</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	11.7
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	10.3
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	7.4
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella sul margine del canale idroelettrico dismesso lato monte	



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>609</b>

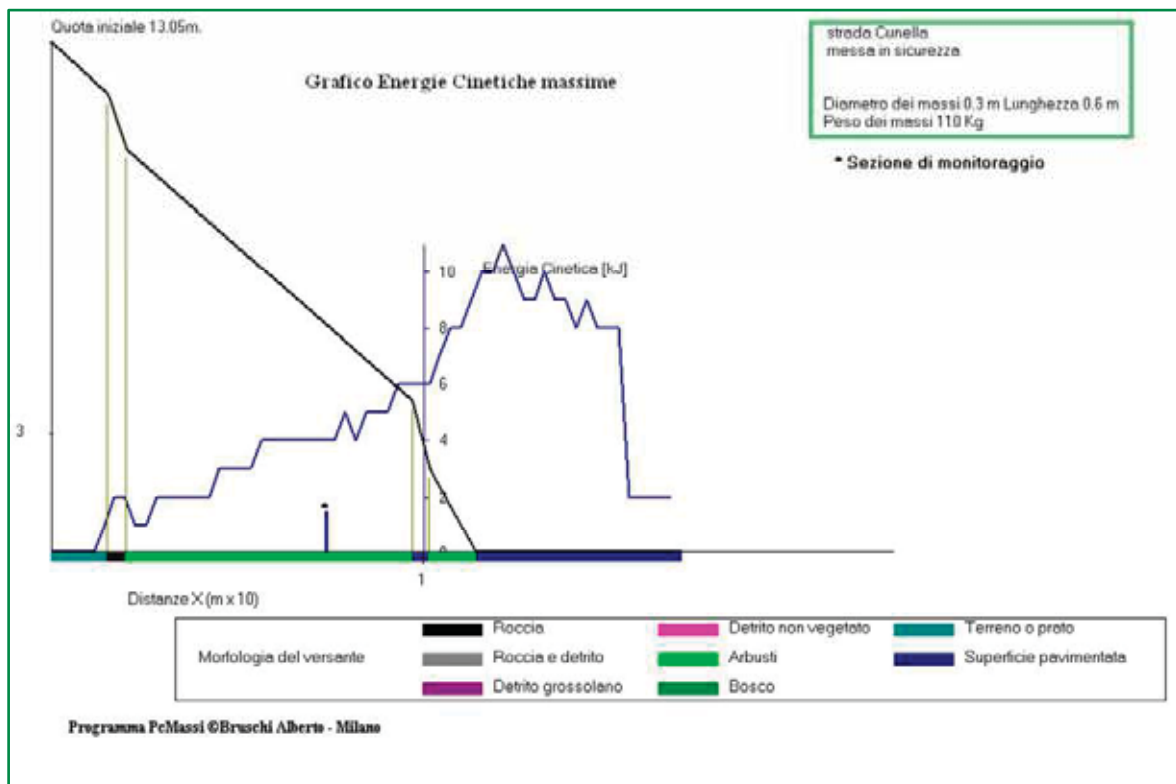
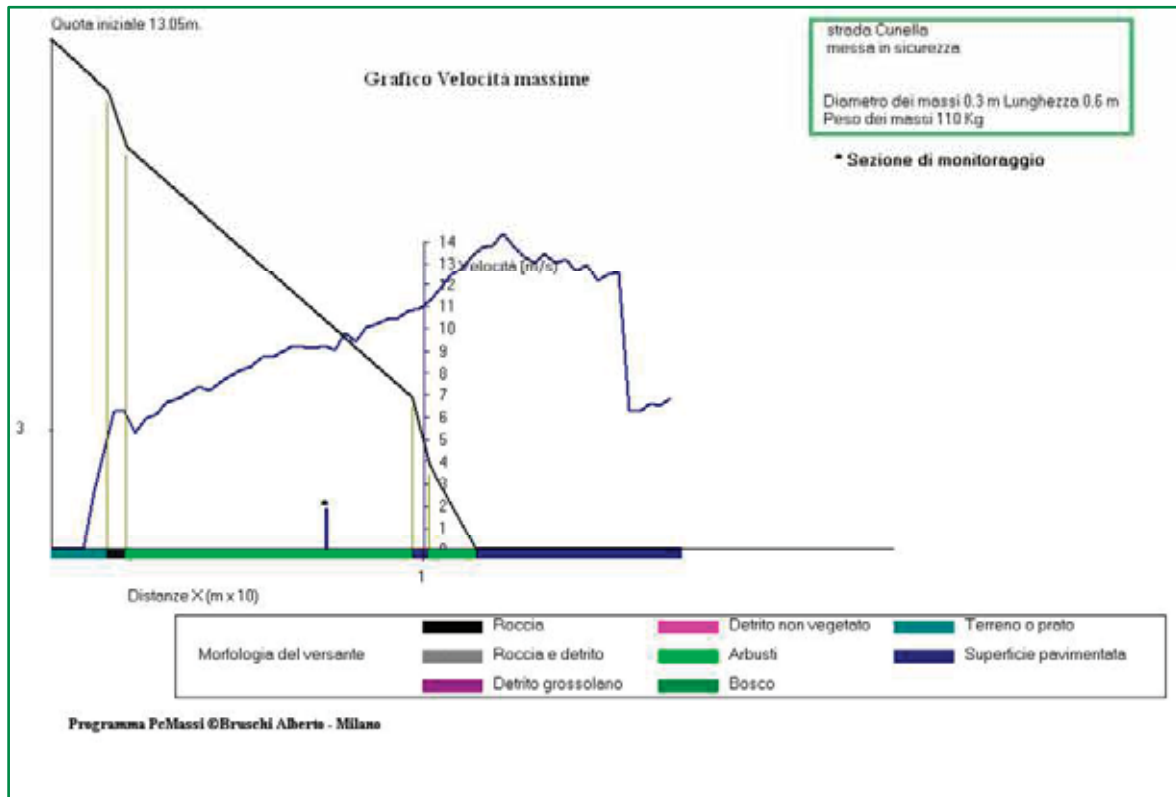
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	8.64	1.0	0.4
75	9.31	1.0	0.4
90	9.92	1.93	0.4
95	10.29	1.93	0.4
98	10.69	1.93	0.4

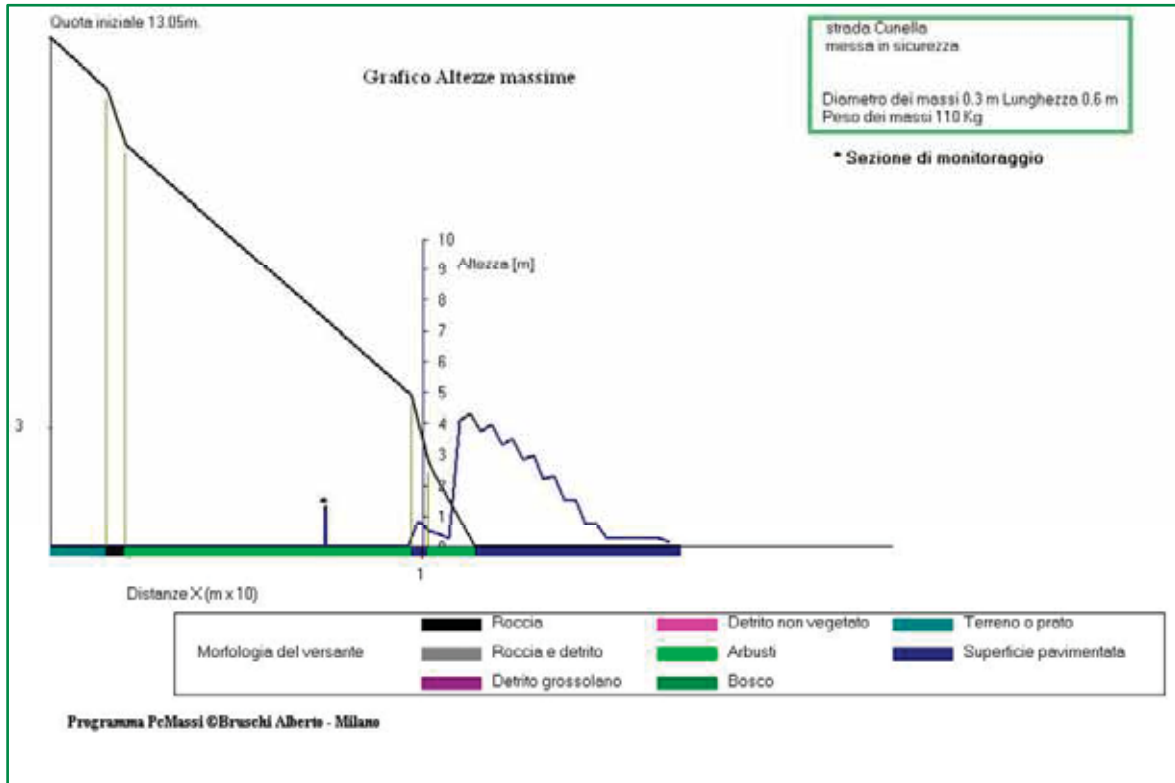
### Valori misurati delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	9.19	<b>4.98</b>	<b>1.45</b>
media	8.64	1.93	0.39
minima	0		
deviazione standard	1	0.0	0.0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

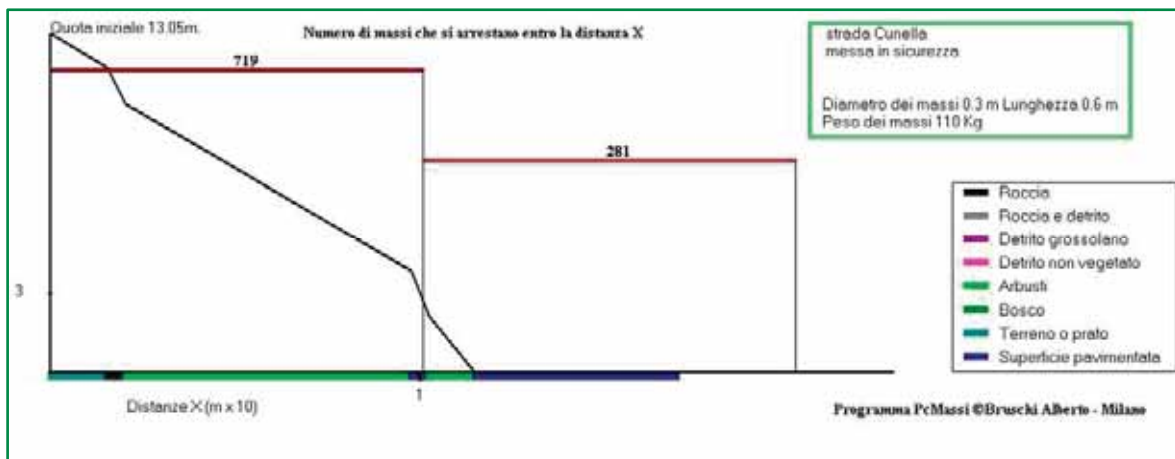


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	5.2	3.5	1.2	0.36	0.16
3	10.2	5.8	1.9	1.67	0.46
4	10.9	6.7	1.8	3.09	1.69
5	12.7	8.5	2.1	4.44	1.95
6	6.8	4.1	0.8	0.26	0.03





Studio Geoter  
di Santambrogio S.  
via G. Rossini, 2 – 24020 ARDESIO (Bergamo)  
0346 33663 [studio.geoter@virgilio.it](mailto:studio.geoter@virgilio.it)  
sede legale via G. da Velate n.2 - Milano

**Studio Associato Bertoni - Mattioli.**  
Via Nazionale n. 1 – 25040 BRAONE (BS)  
0364 433806 – [studioassociatobertonimattioli@virgilio.it](mailto:studioassociatobertonimattioli@virgilio.it)

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. C (MASSO DI DIMENSIONI MEDIE)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO MONTE SU DETRITO**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 08 aprile 2010

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	545.0	1.8	543.5	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.8	543.5	2.1	541.7	roccia	0.03	0.90	0.40
3	2.1	541.7	5.5	538.3	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	5.5	538.3	7.3	537.3	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
5	7.3	537.3	9.8	537.3	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
6	9.8	537.3	10.3	535.2	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
7	10.3	535.2	15.8	535.2	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

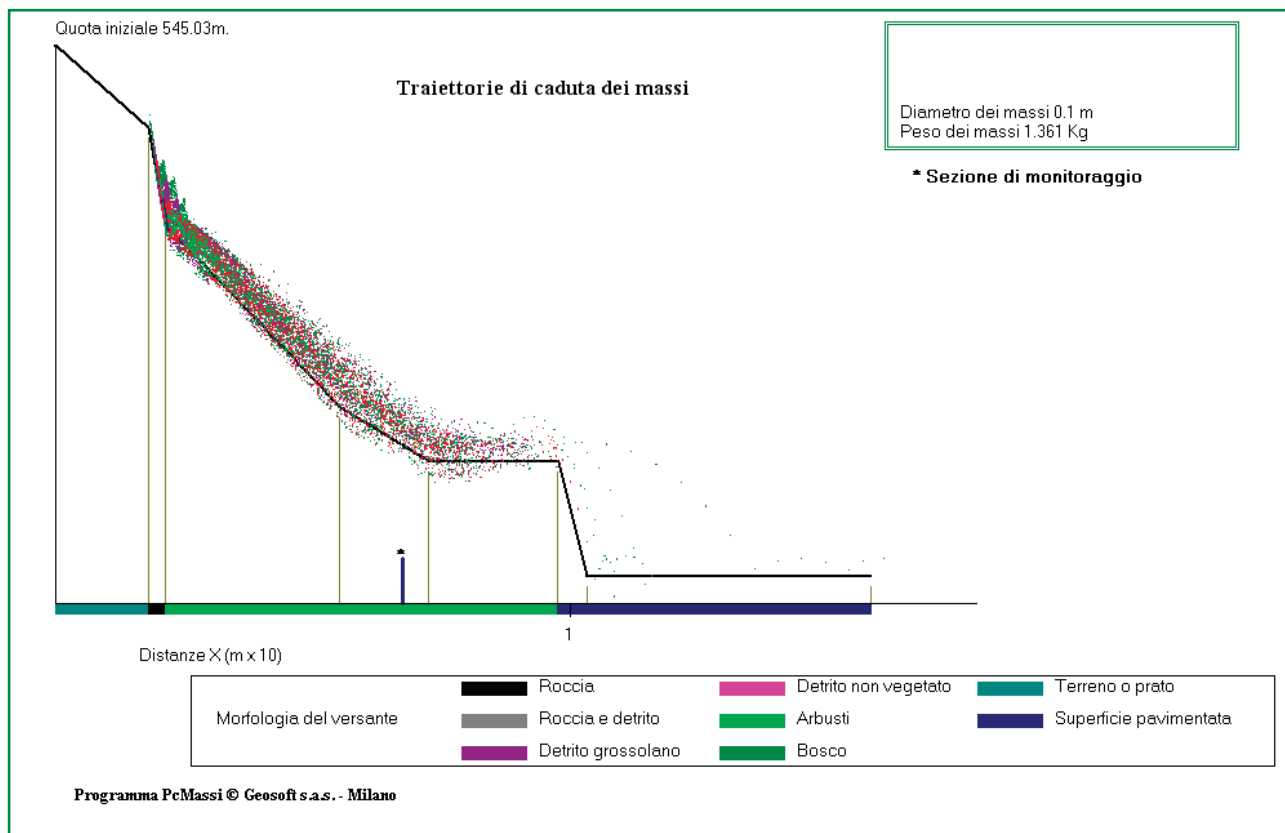
Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,1</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>1,361</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	543.5
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	541.7
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	6.8
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella	



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	225

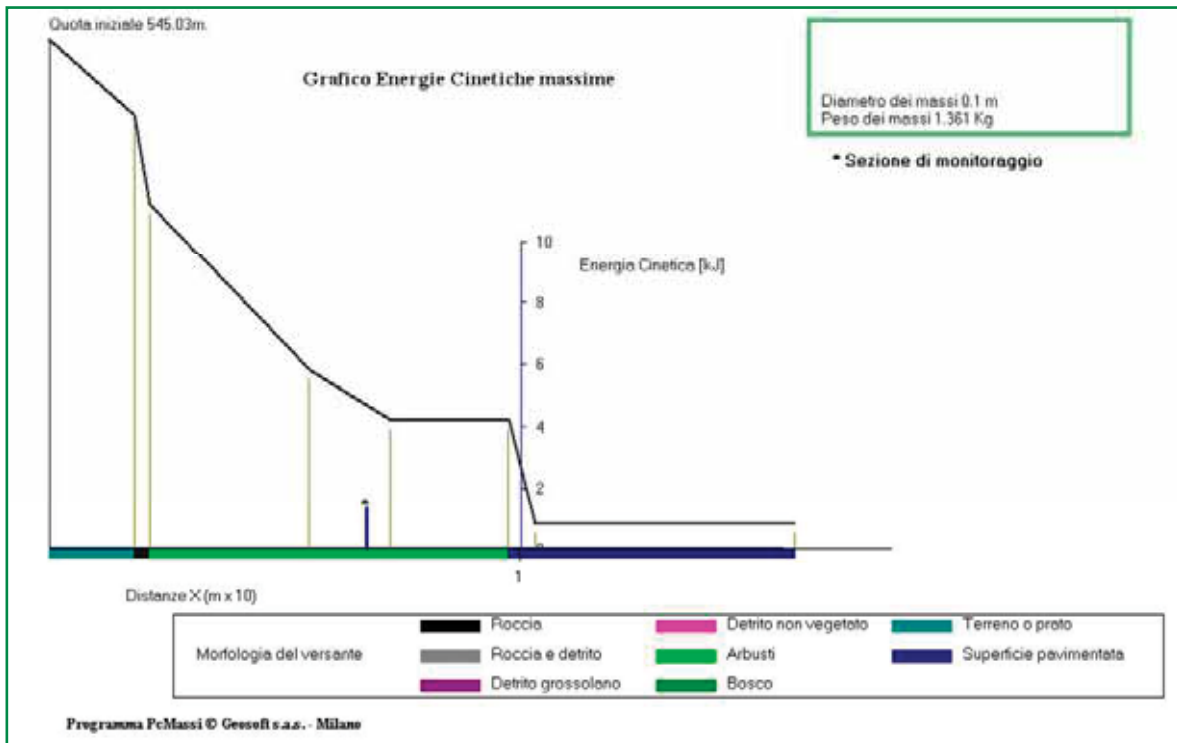
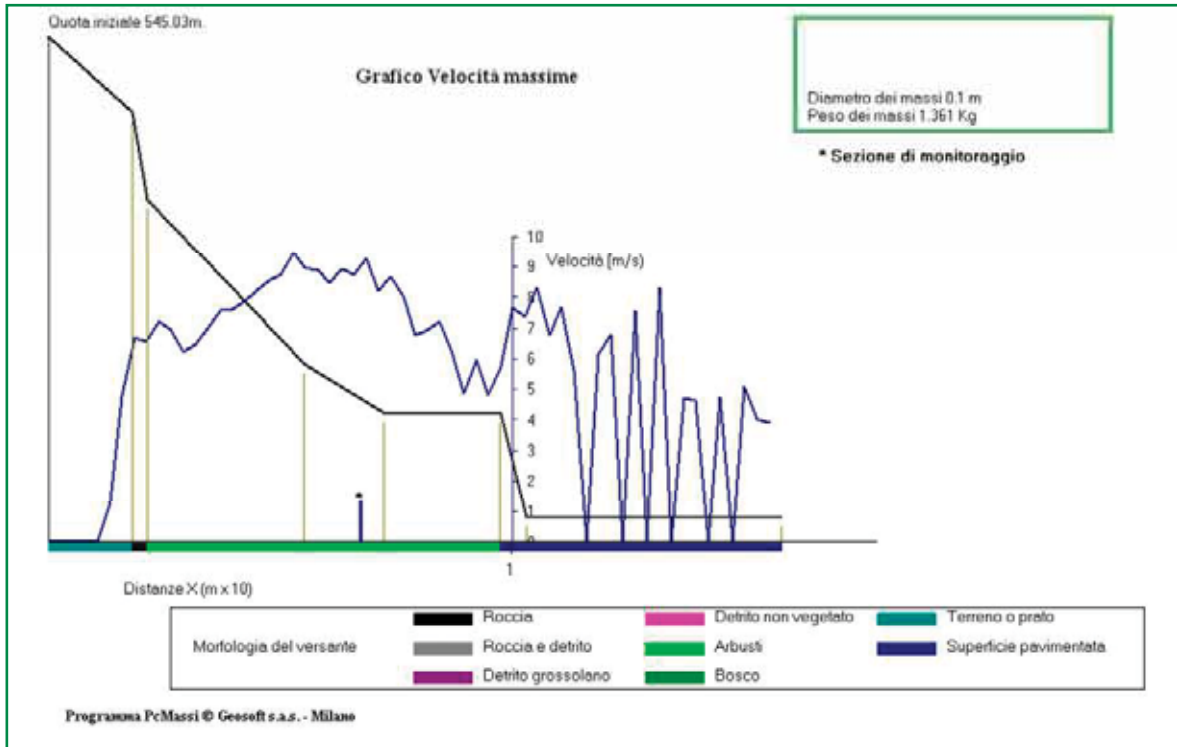
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	4.98	0.02	0.28
75	6.11	0	0.42
90	7.12	0.04	0.55
95	7.72	0.04	0.63
98	8.4	0.05	0.71

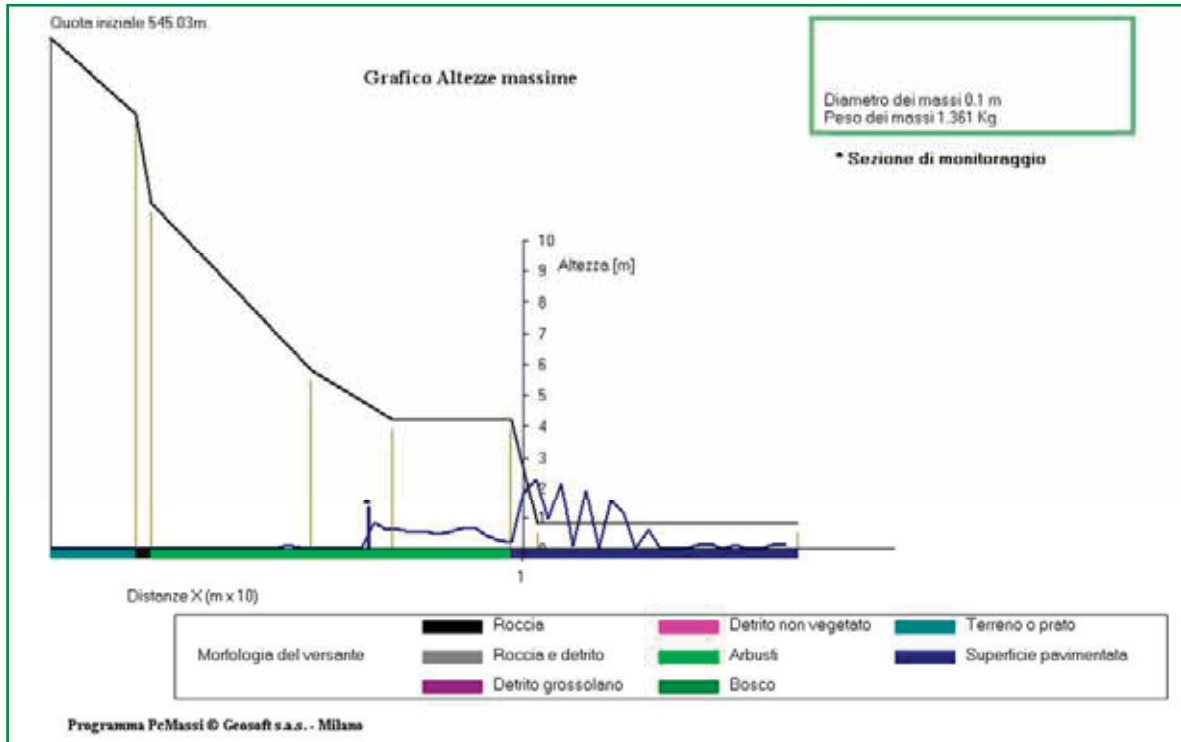
### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	8.73	0.06	0.94
media	4.98	0.02	0.28
minima	1.06		
deviazione standard	1.66	0.012	0.21

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

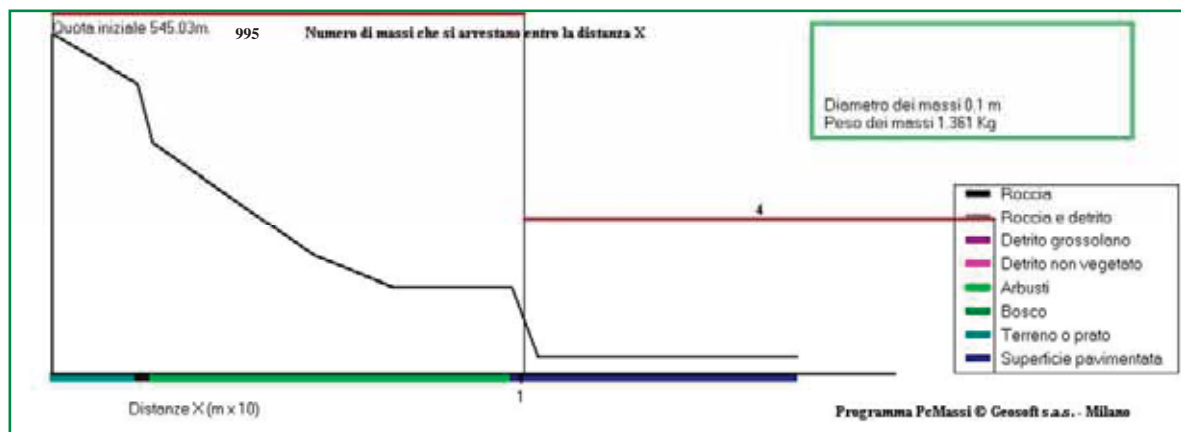


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	5.5	3.0	1.0	0.99	0.29
3	8.3	4.8	1.5	1.17	0.43
4	8.3	4.8	1.7	0.89	0.26
5	4.9	2.9	1.3	0.36	0.13
6	6.7	5.1	1.3	2.33	1.47
7	4.0	4.0	0.0	0.17	0.17





Studio Geoter  
di Santambrogio S.  
via G. Rossini, 2 – 24020 ARDESIO (Bergamo)  
0346 33663 [studio.geoter@virgilio.it](mailto:studio.geoter@virgilio.it)  
sede legale via G. da Velate n.2 - Milano

**Studio Associato Bertoni - Mattioli.**  
Via Nazionale n. 1 – 25040 BRAONE (BS)  
0364 433806 – [studioassociatobertonimattioli@virgilio.it](mailto:studioassociatobertonimattioli@virgilio.it)

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. C (MASSO SFERICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO MONTE SU DETRITO**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: 16 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	545.0	1.8	543.5	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.8	543.5	2.1	541.7	roccia	0.03	0.90	0.40
3	2.1	541.7	5.5	538.3	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	5.5	538.3	7.3	537.3	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
5	7.3	537.3	9.8	537.3	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
6	9.8	537.3	10.3	535.2	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
7	10.3	535.2	15.8	535.2	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

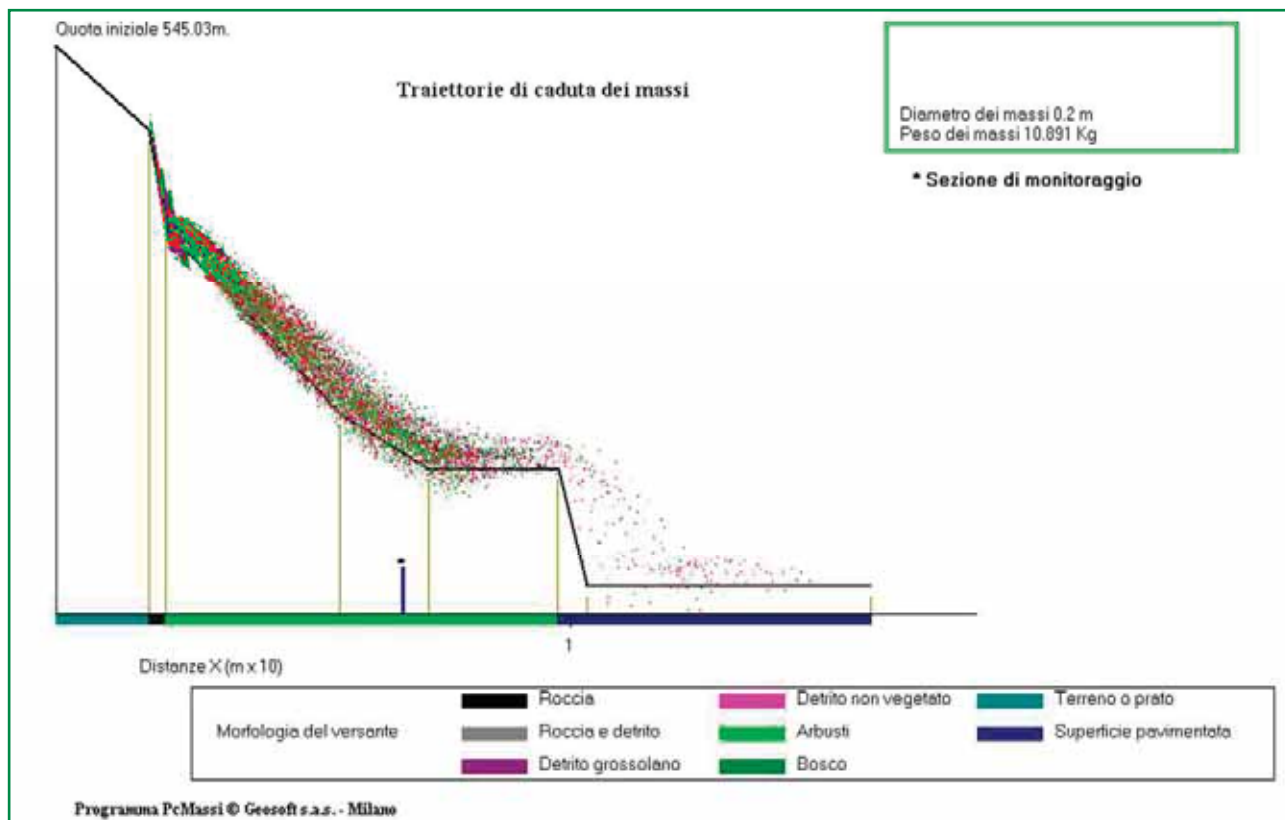
Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,2</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>10,891</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	543.5
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	541.7
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	6.8
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella	



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>270</b>

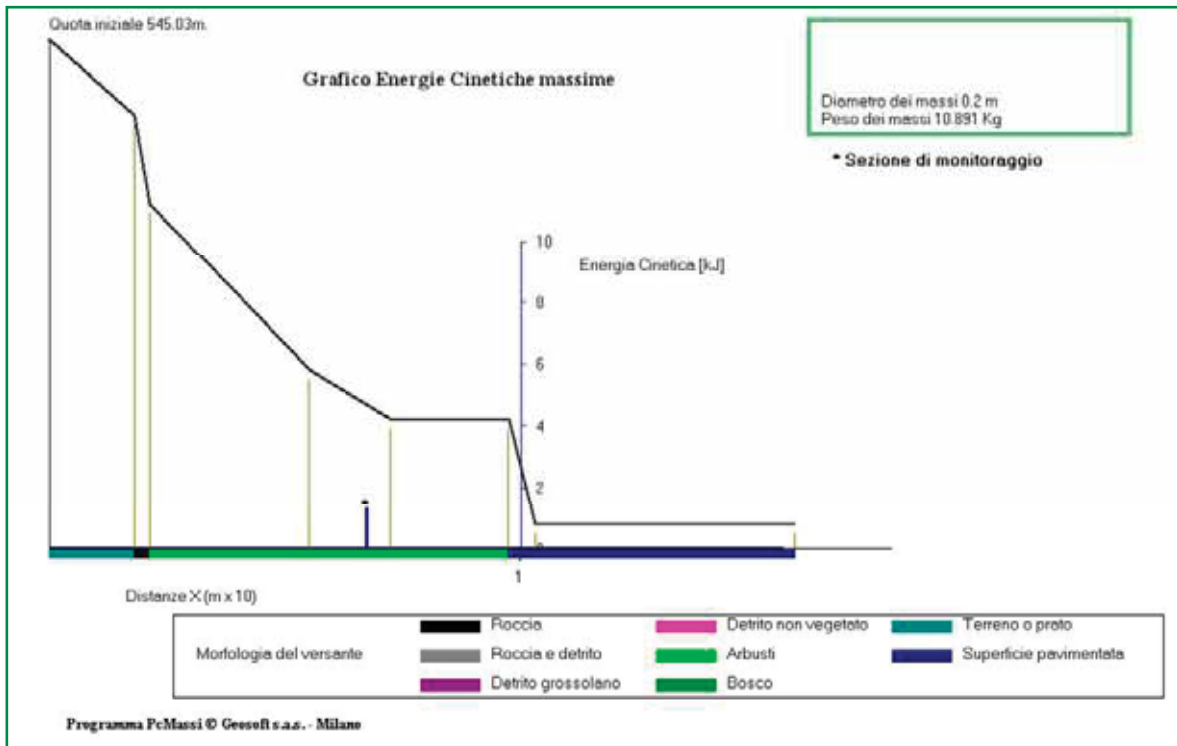
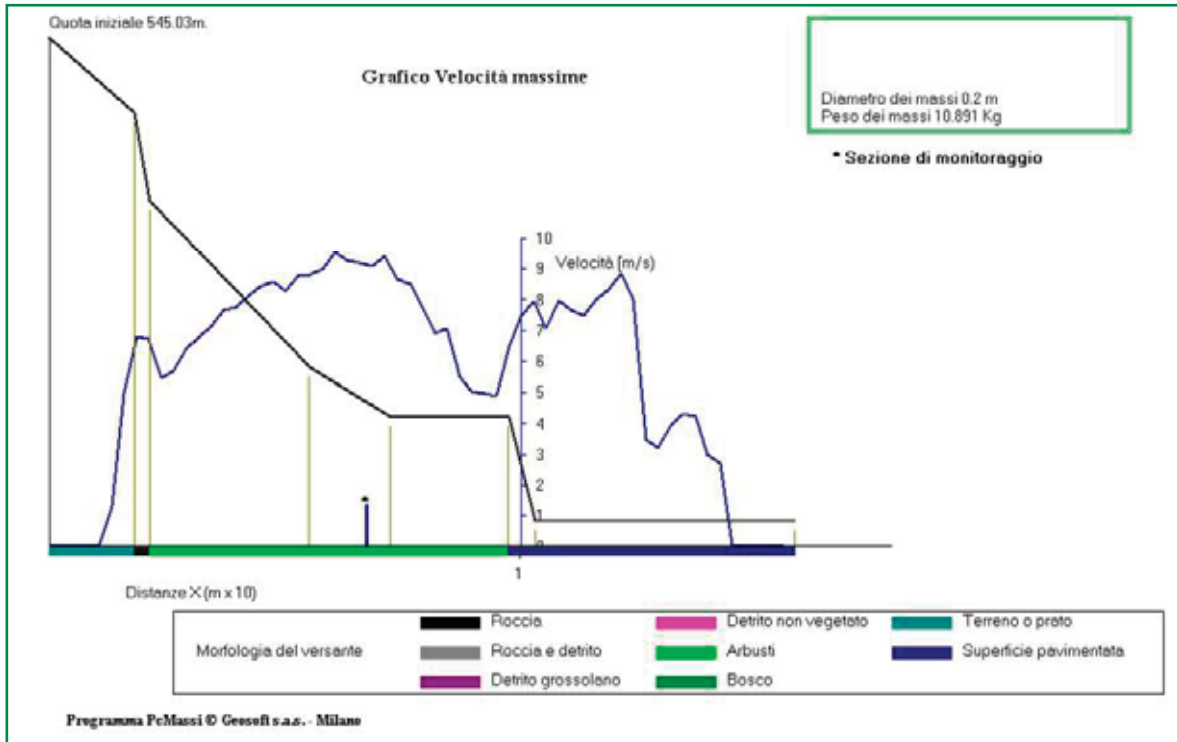
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	8.46	0.16	0.27
75	9.14	0.00	0.27
90	9.75	0.16	0.27
95	10.11	0.16	0.27
98	10.52	0.17	0.27

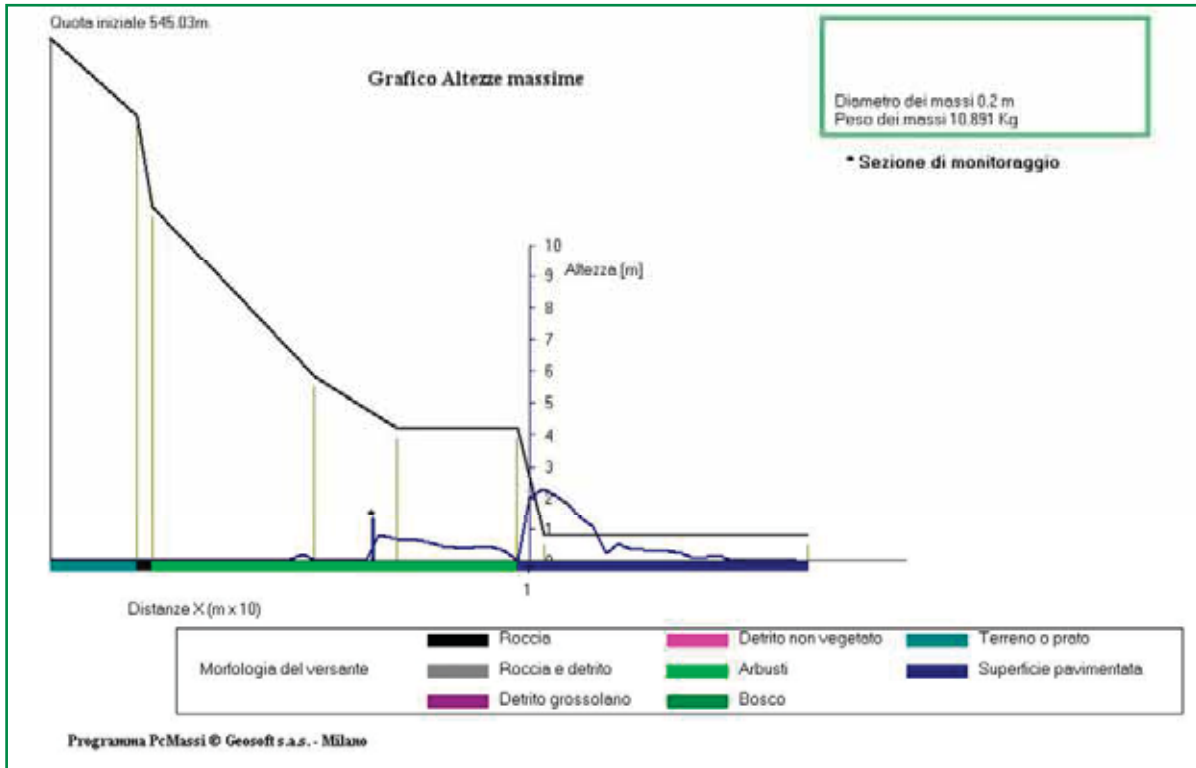
### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	8.76	<b>0.44</b>	<b>0.95</b>
media	8.46	0.16	0.27
minima	0		
deviazione standard	1	0	0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

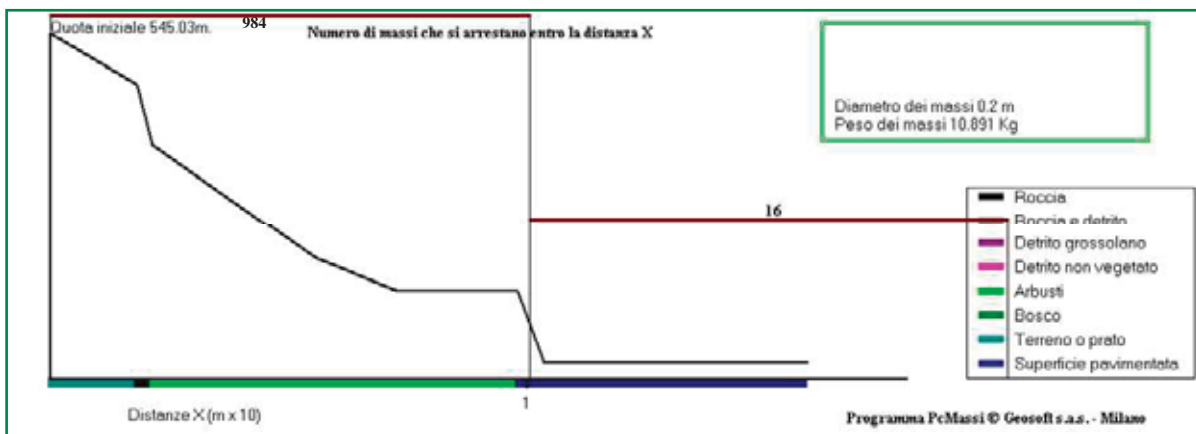


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	5.7	3.3	1.1	0.78	0.22
3	8.2	5.1	1.6	1.22	0.41
4	8.8	4.7	1.6	0.93	0.27
5	4.8	3.1	1.0	0.34	0.18
6	5.6	4.3	0.8	2.38	1.77
7	nessun masso				



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. D (MASSO DI DIMENSIONI MEDIE)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO MONTE SU DETRITO**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 14 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	12.9	1.7	12.1	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.7	12.1	4.6	8.0	roccia	0.03	0.90	0.40
3	4.6	8.0	10.9	3.1	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	10.9	3.1	11.4	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
5	11.4	0.0	16.9	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)

Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)

Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)

Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)

Rg = coefficiente di rugosità

Rt = coefficiente di restituzione tangenziale

Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

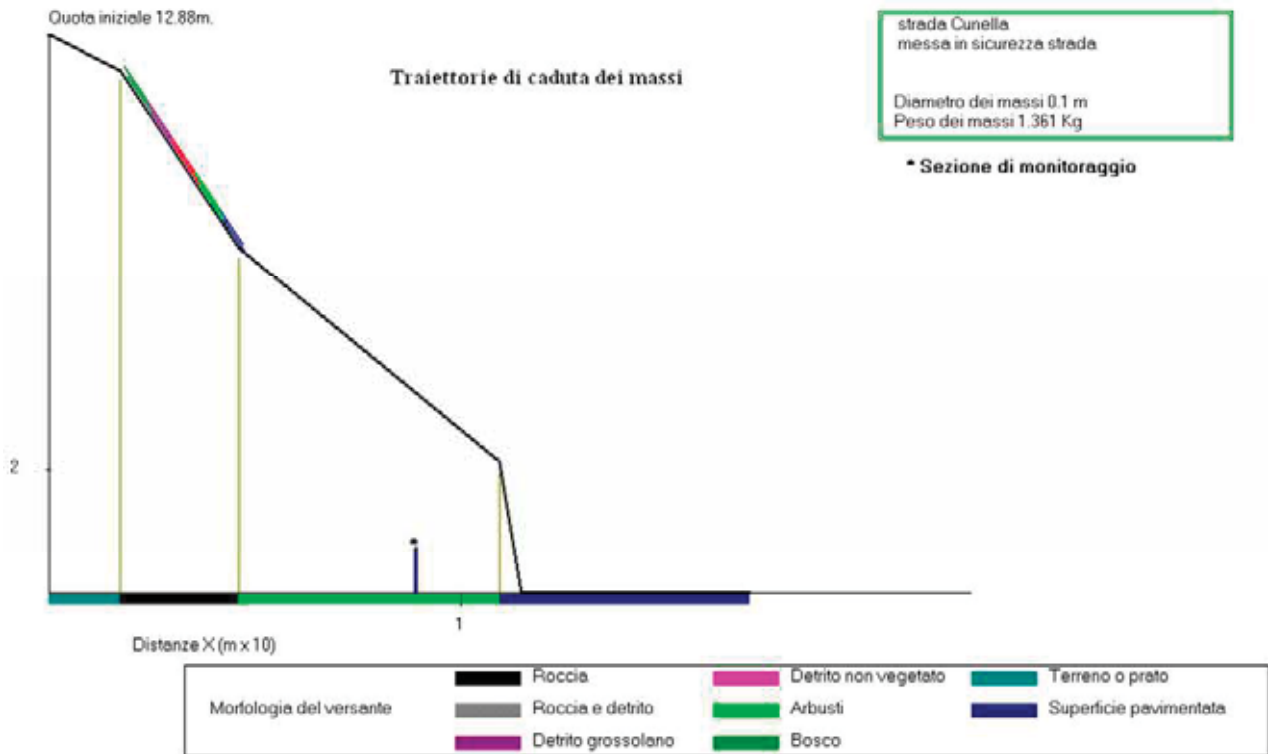
Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,1</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>1,361</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	12.1
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	8.0
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	8.9
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella A monte del canale idroelettrico dismesso	



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



Programma PcMassi ©Bruschi Alberto - Milano

### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>0</b>

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. D (MASSO SFERICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO MONTE SU DETRITO**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 14 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	12.9	1.7	12.1	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.7	12.1	4.6	8.0	roccia	0.03	0.90	0.40
3	4.6	8.0	10.9	3.1	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	10.9	3.1	11.4	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
5	11.4	0.0	16.9	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)

Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)

Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)

Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)

Rg = coefficiente di rugosità

Rt = coefficiente di restituzione tangenziale

Rn = coefficiente di restituzione normale

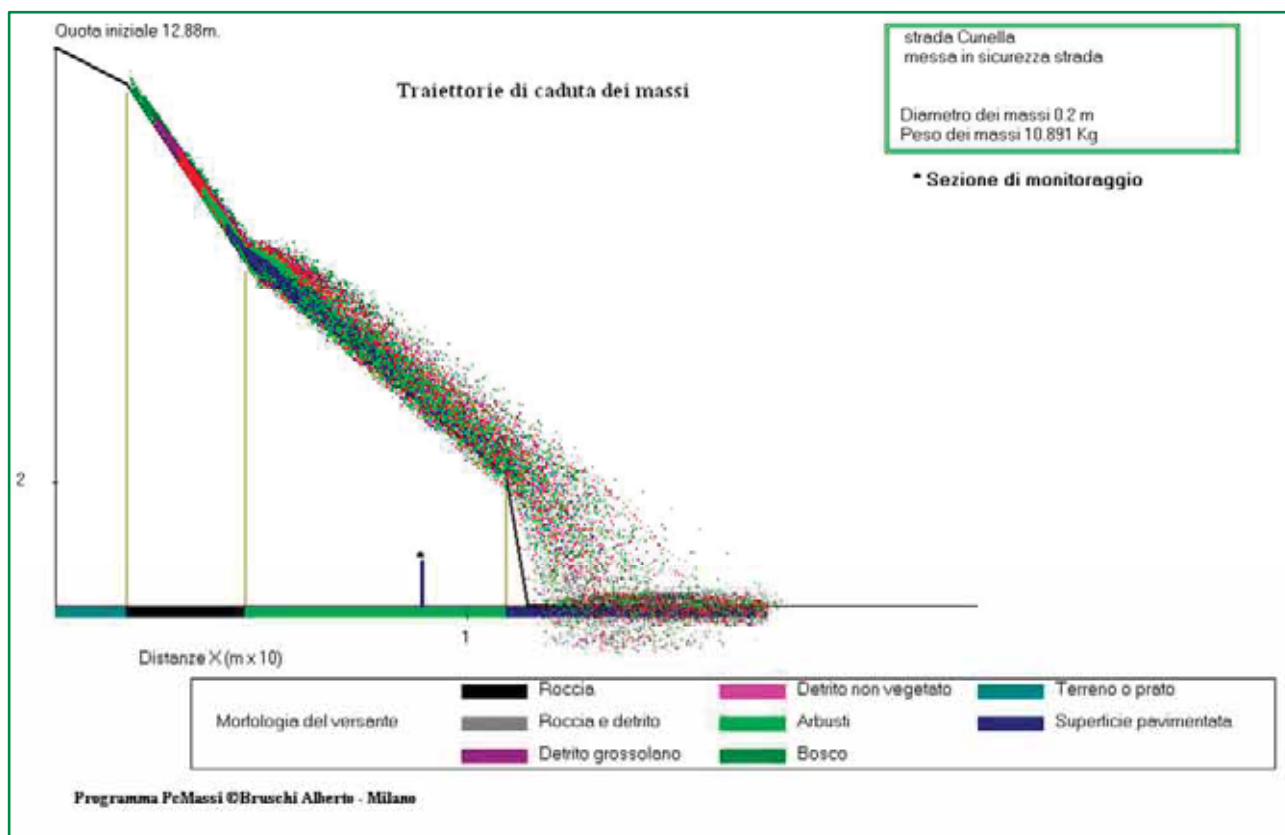
*Caratteristiche del masso tipo*

Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,2</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>10,891</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	12.1
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	8.0
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.6
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.6
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	8.9
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella A monte del canale idroelettrico dismesso	

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>525</b>

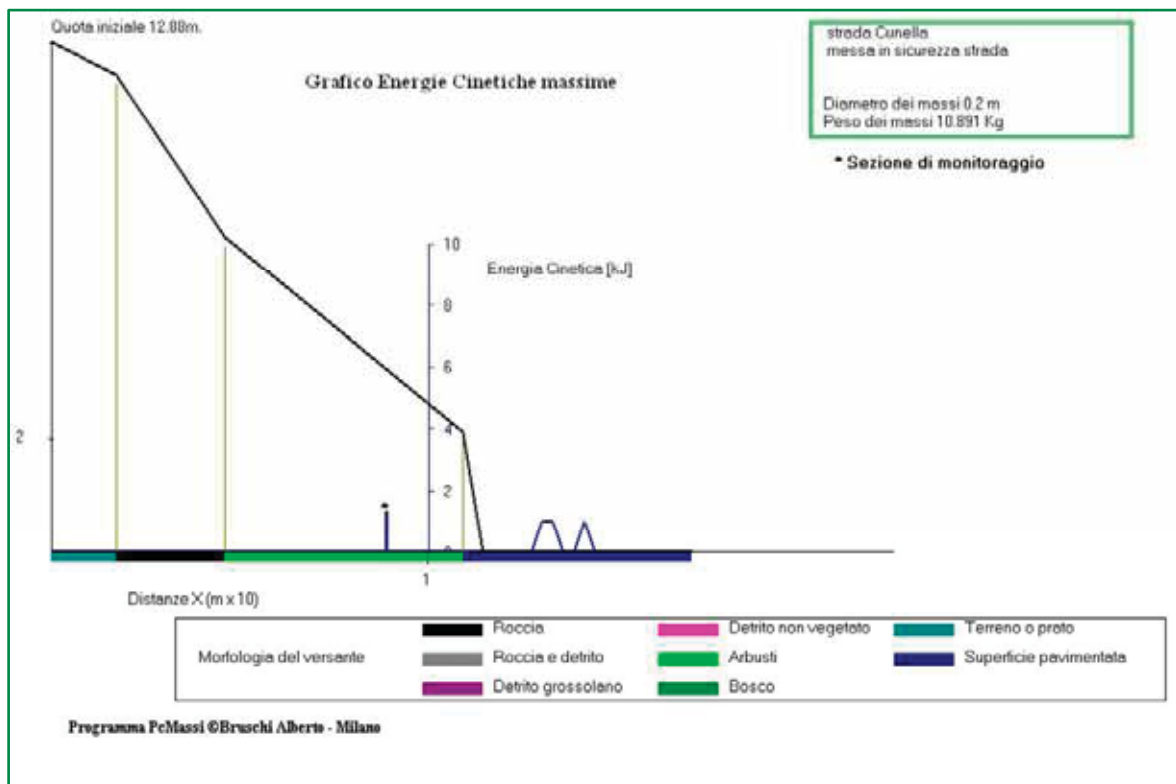
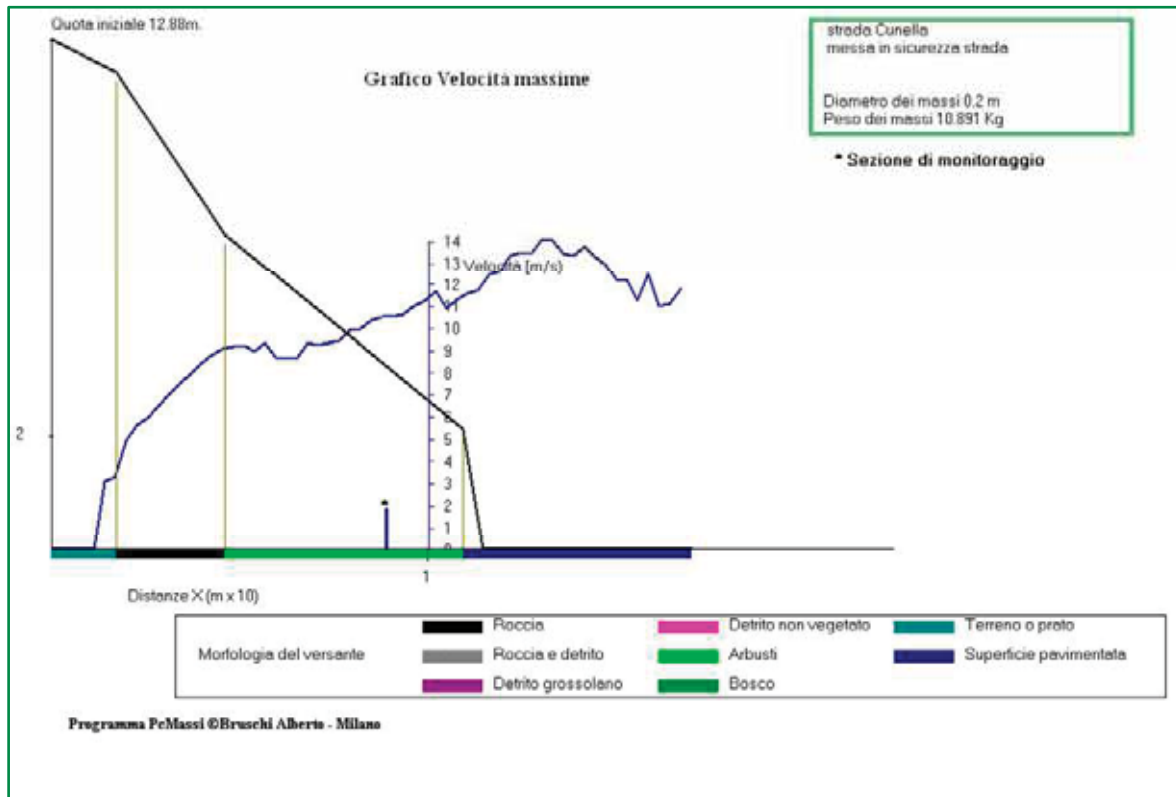
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	10.34	0.25	0.9
75	11.02	0	0.9
90	11.63	0.25	0.9
95	11.99	0.25	0.9
98	12.4	0.25	0.9

### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

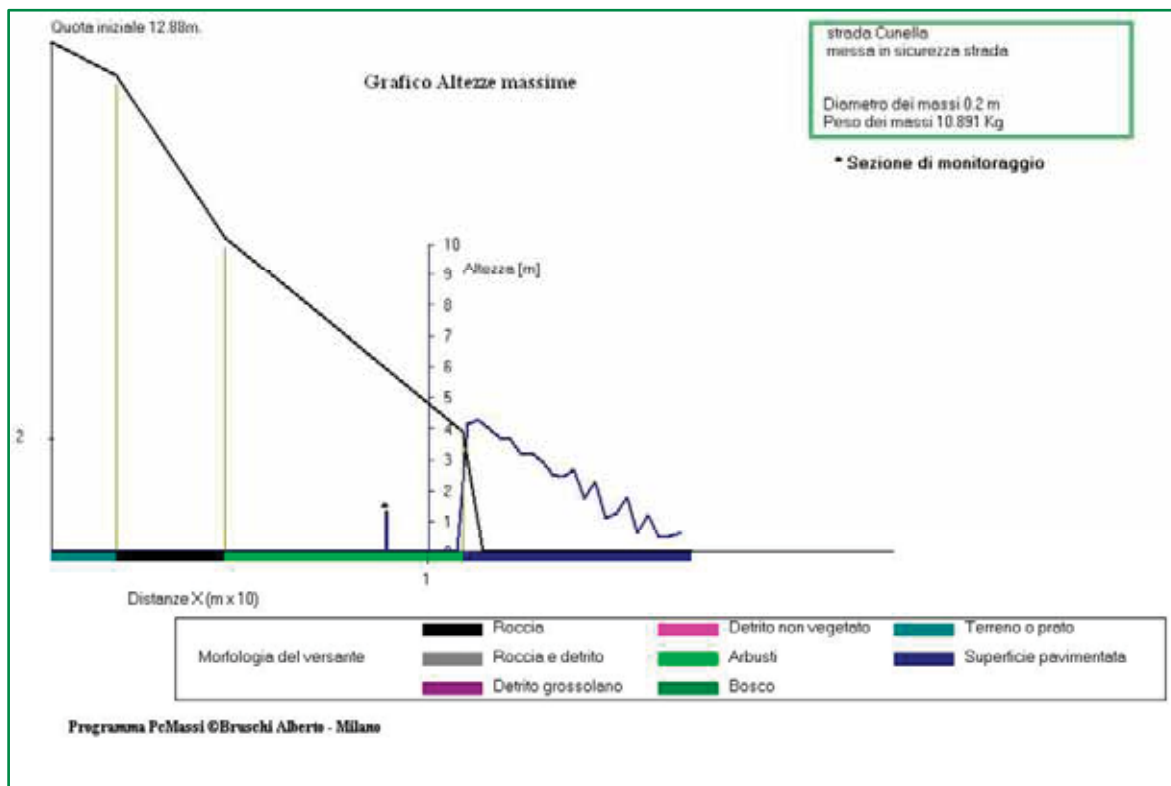
	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	11.49	<b>0.67</b>	<b>1.76</b>
media	10.34	0.25	0.44
minima	1.06		
deviazione standard	1	0	0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
 Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
 A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI





COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	8.4	5.6	1.6	0.57	0.12
3	10.8	6.0	2.2	1.90	0.54
4	11.5	7.0	1.9	4.48	2.99
5	9.9	3.9	1.4	0.60	0.14

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. E (MASSO DI DIMENSIONI MEDIE)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO VALLE PRESSO STRADA**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 08 aprile 2010

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	550.8	1.9	549.2	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.9	549.2	4.2	545.9	roccia	0.03	0.90	0.40
3	4.2	545.9	4.2	543.9	roccia	0.03	0.90	0.40
4	4.2	543.9	10.2	538.9	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
5	10.2	538.9	10.2	538.4	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
6	10.2	538.4	10.6	536.7	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
7	10.6	536.7	16.1	536.7	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

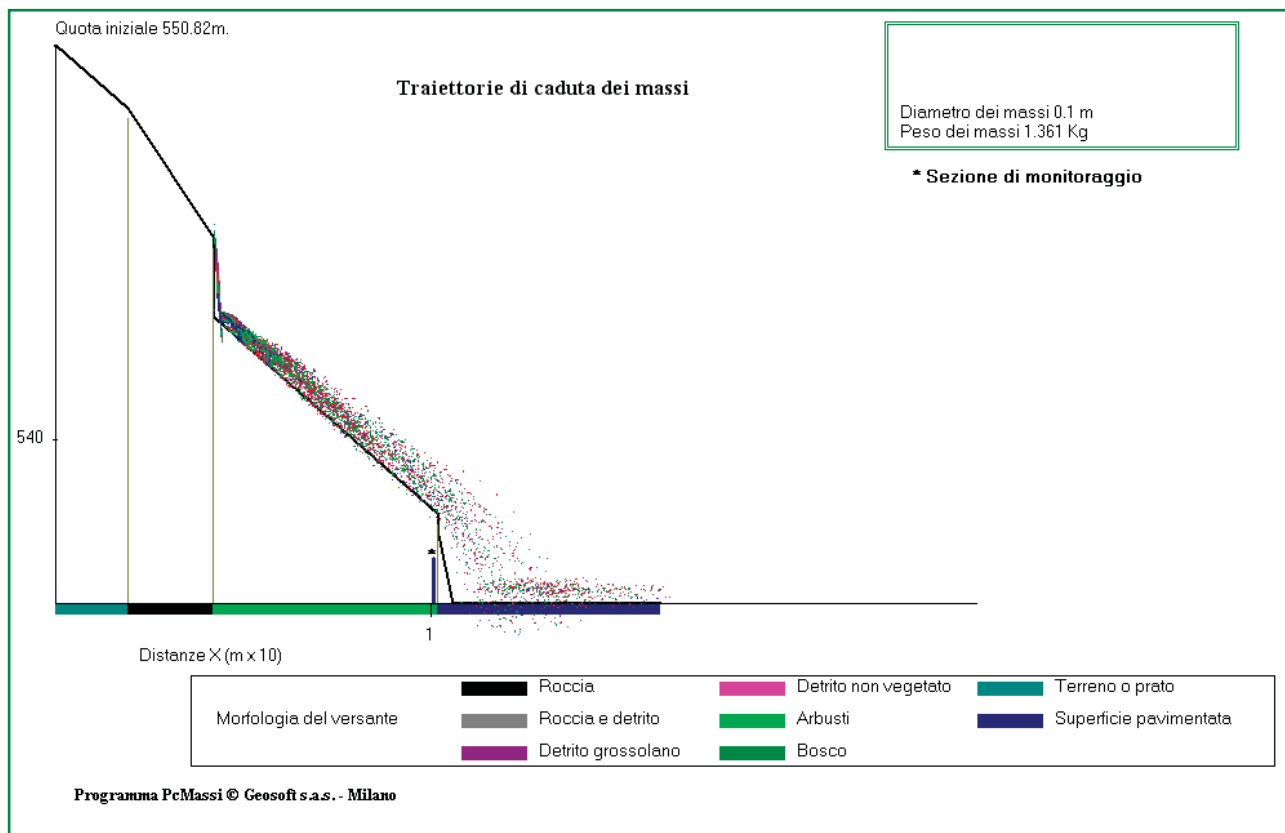
Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,1</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>1,361</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	545.9
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	543.9
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	10.1

\* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>84</b>

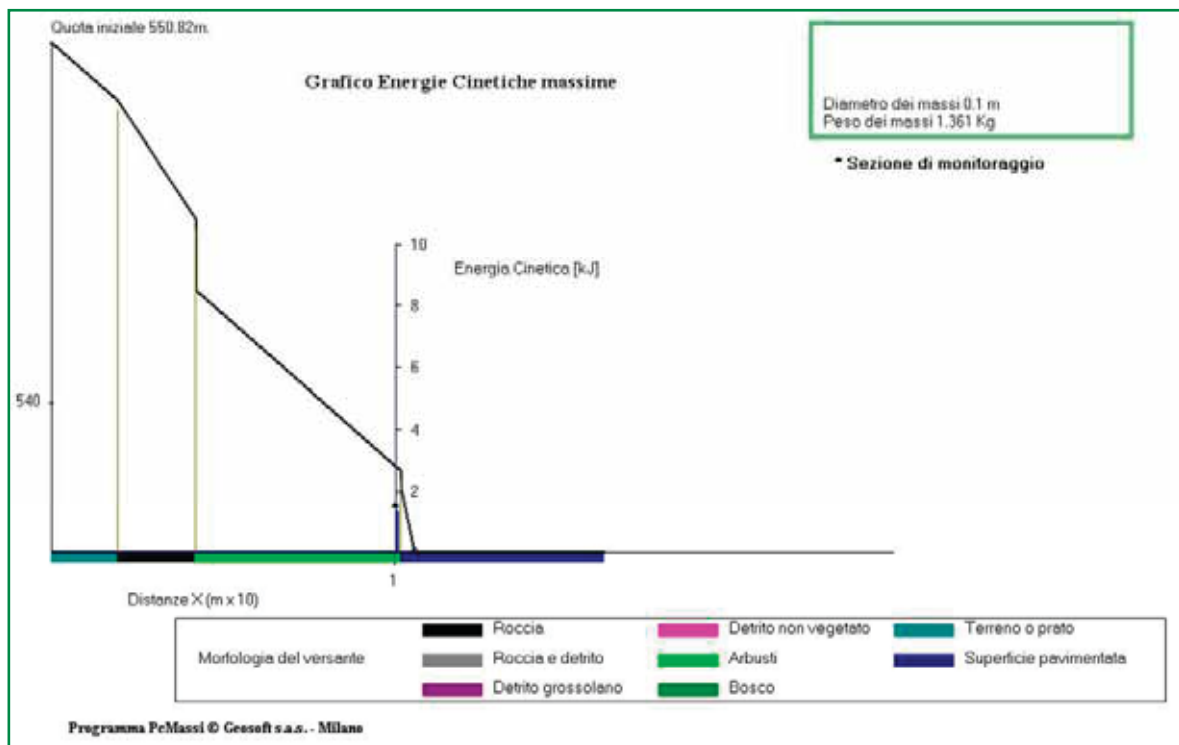
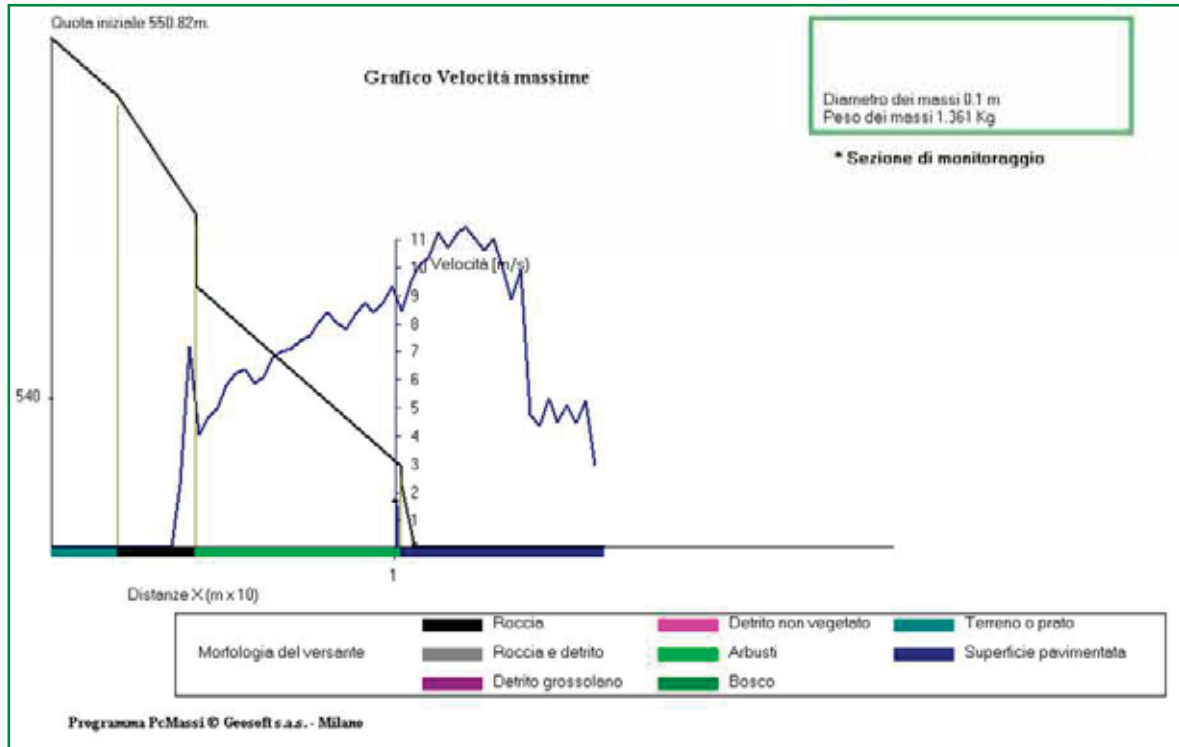
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	8.03	0.03	0.42
75	8.7	0	0.42
90	9.31	0.03	0.42
95	9.68	0.03	0.42
98	10.09	0.03	0.42

### Valori misurati delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

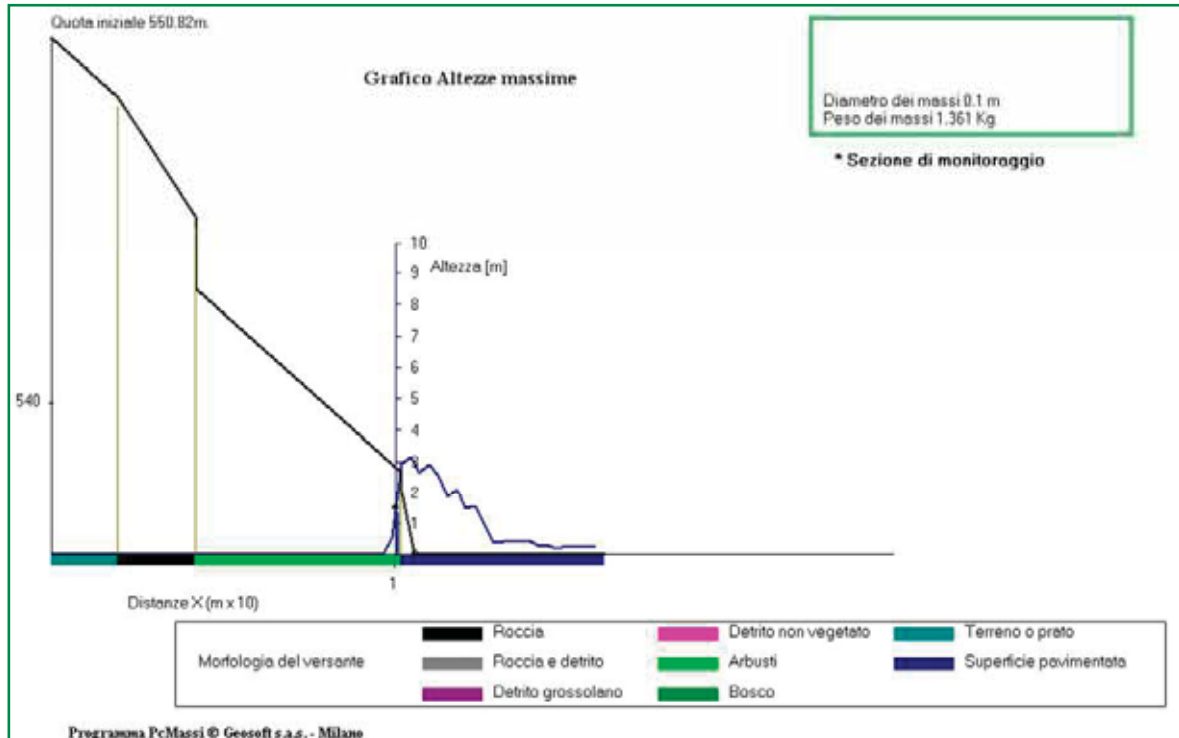
	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	33.77	<b>0.05</b>	<b>1.12</b>
media	8.03	0.03	0.42
minima	1.48		
deviazione standard	1	0	0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



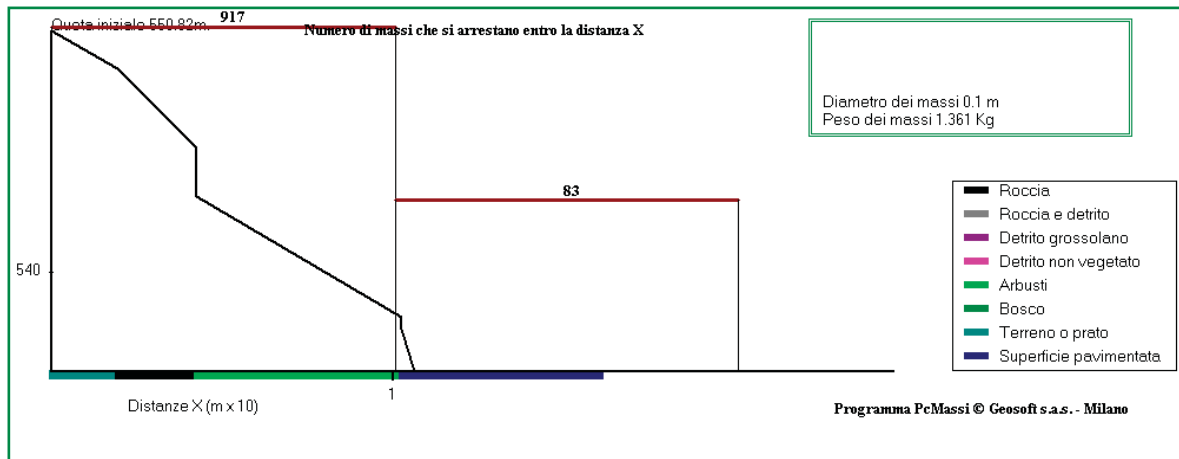


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	nessun masso				
3	nessun masso				
4	8.2	5.7	1.5	1.13	0.40
5	8.4	5.8	1.6	1.57	0.81
6	8.9	6.4	1.5	3.27	2.22
7	4.4	2.9	0.0	0.25	0.14



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. E (MASSO SFERICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO VALLE PRESSO STRADA**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro:  
Data: giovedì, 08 aprile 2010

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	550.8	1.9	549.2	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.9	549.2	4.2	545.9	roccia	0.03	0.90	0.40
3	4.2	545.9	4.2	543.9	roccia	0.03	0.90	0.40
4	4.2	543.9	10.2	538.9	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
5	10.2	538.9	10.2	538.4	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
6	10.2	538.4	10.6	536.7	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
7	10.6	536.7	16.1	536.7	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

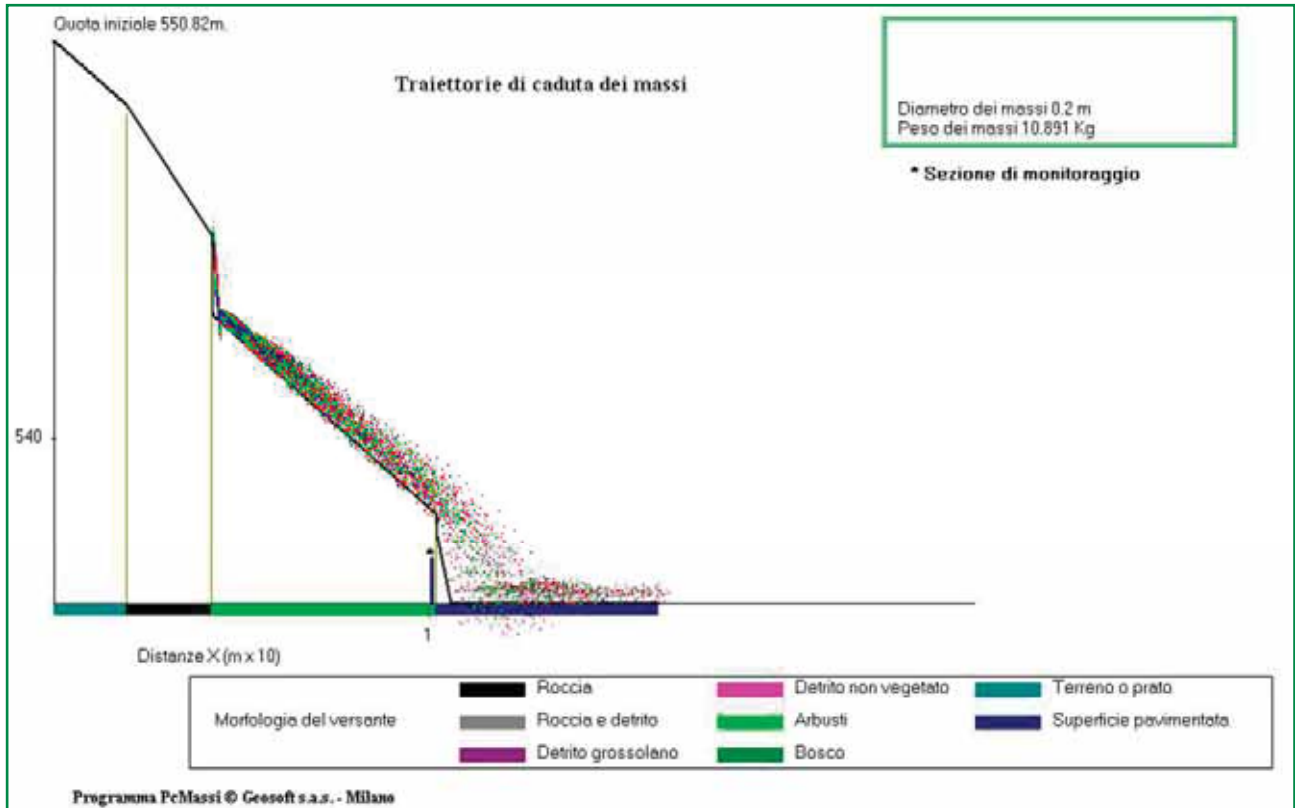
Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,2</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>10,891</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	545.9
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	543.9
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	10.1

\* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>125</b>

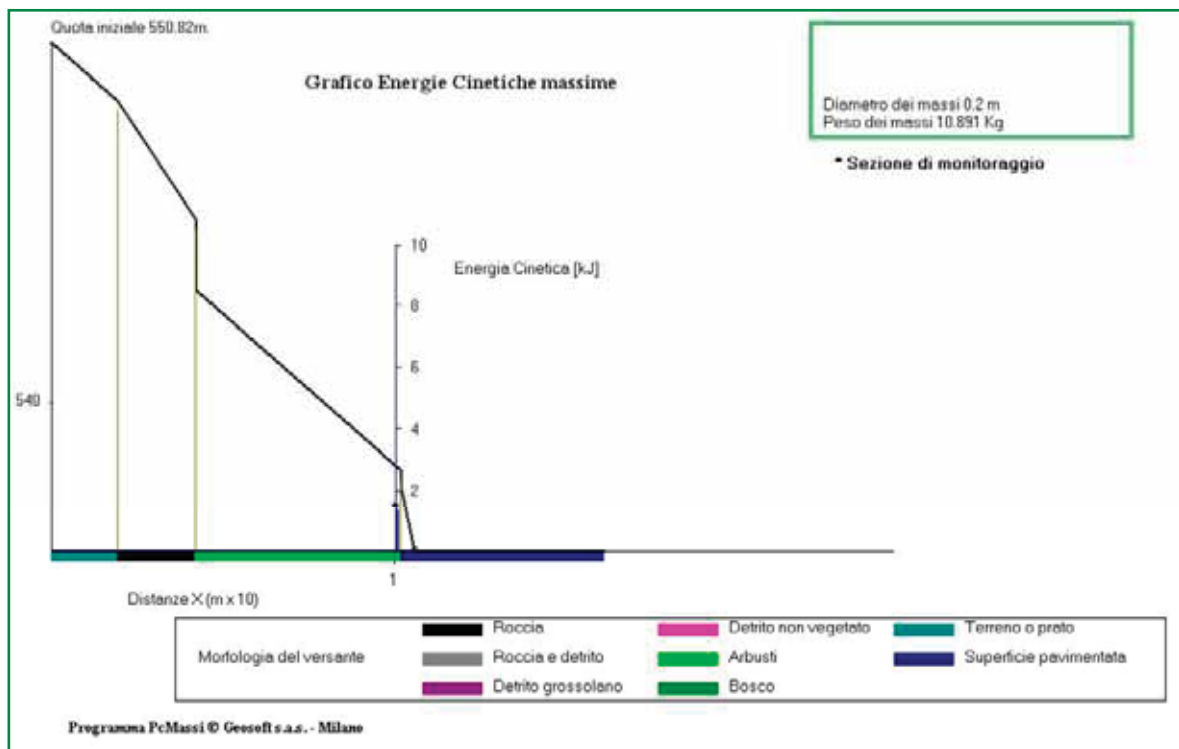
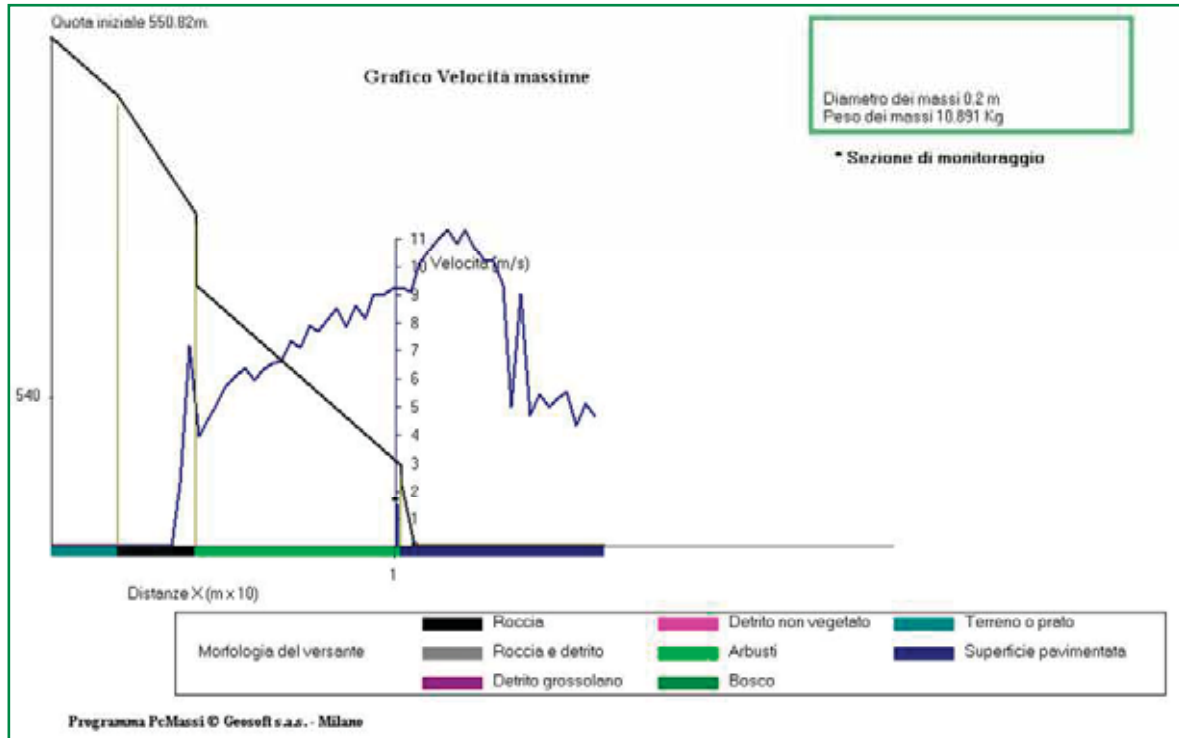
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	7.94	0.18	0.38
75	8.62	0	0.38
90	9.22	0.18	0.38
95	9.59	0.18	0.38
98	10	0.18	0.38

### Valori misurati delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

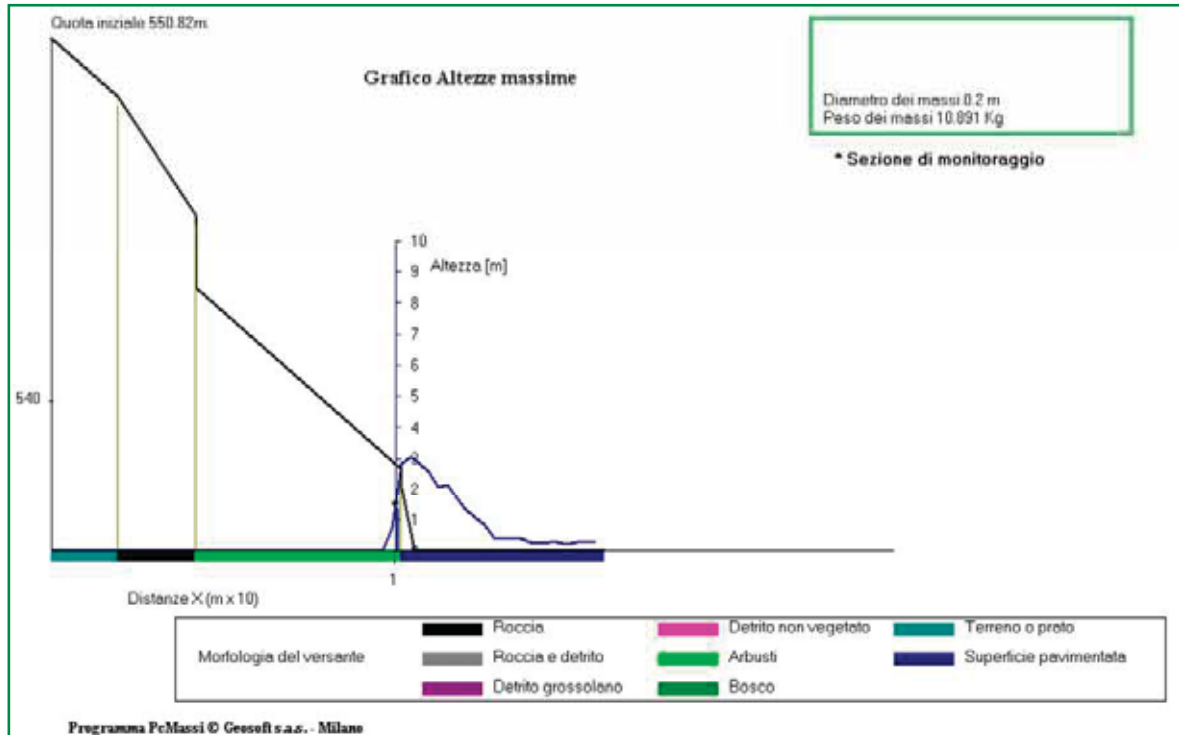
	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	27.64	0.38	1.19
media	7.94	0.18	0.37
minima	0		
deviazione standard	1	0	0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



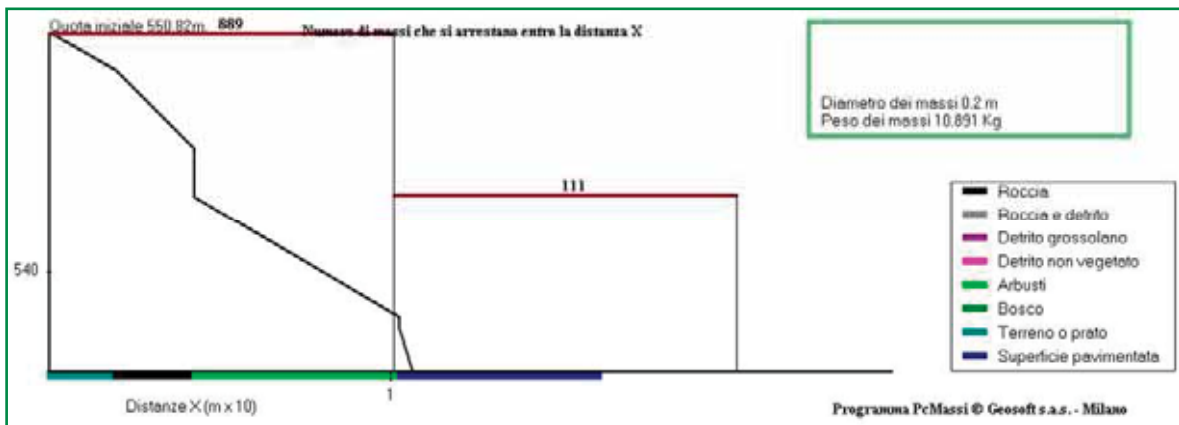


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	nessun masso				
3	nessun masso				
4	8.1	5.0	1.6	1.23	0.37
5	8.3	5.2	1.6	1.69	0.77
6	8.9	5.9	1.5	3.26	2.15
7	4.6	3.3	0.8	0.29	0.11





Studio Geoter  
di Santambrogio S.  
via G. Rossini, 2 – 24020 ARDESIO (Bergamo)  
0346 33663 [studio.geoter@virgilio.it](mailto:studio.geoter@virgilio.it)  
sede legale via G. da Velate n.2 - Milano

**Studio Associato Bertoni - Mattioli.**  
Via Nazionale n. 1 – 25040 BRAONE (BS)  
0364 433806 – [studioassociatobertonimattioli@virgilio.it](mailto:studioassociatobertonimattioli@virgilio.it)

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. E (MASSO CILINDRICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO VALLE PRESSO STRADA**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 07 luglio 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	550.8	1.9	549.2	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.9	549.2	4.2	545.9	roccia	0.03	0.90	0.40
3	4.2	545.9	4.2	543.9	roccia	0.03	0.90	0.40
4	4.2	543.9	10.2	538.9	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
5	10.2	538.9	10.2	538.4	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
6	10.2	538.4	10.6	536.7	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
7	10.6	536.7	16.1	536.7	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

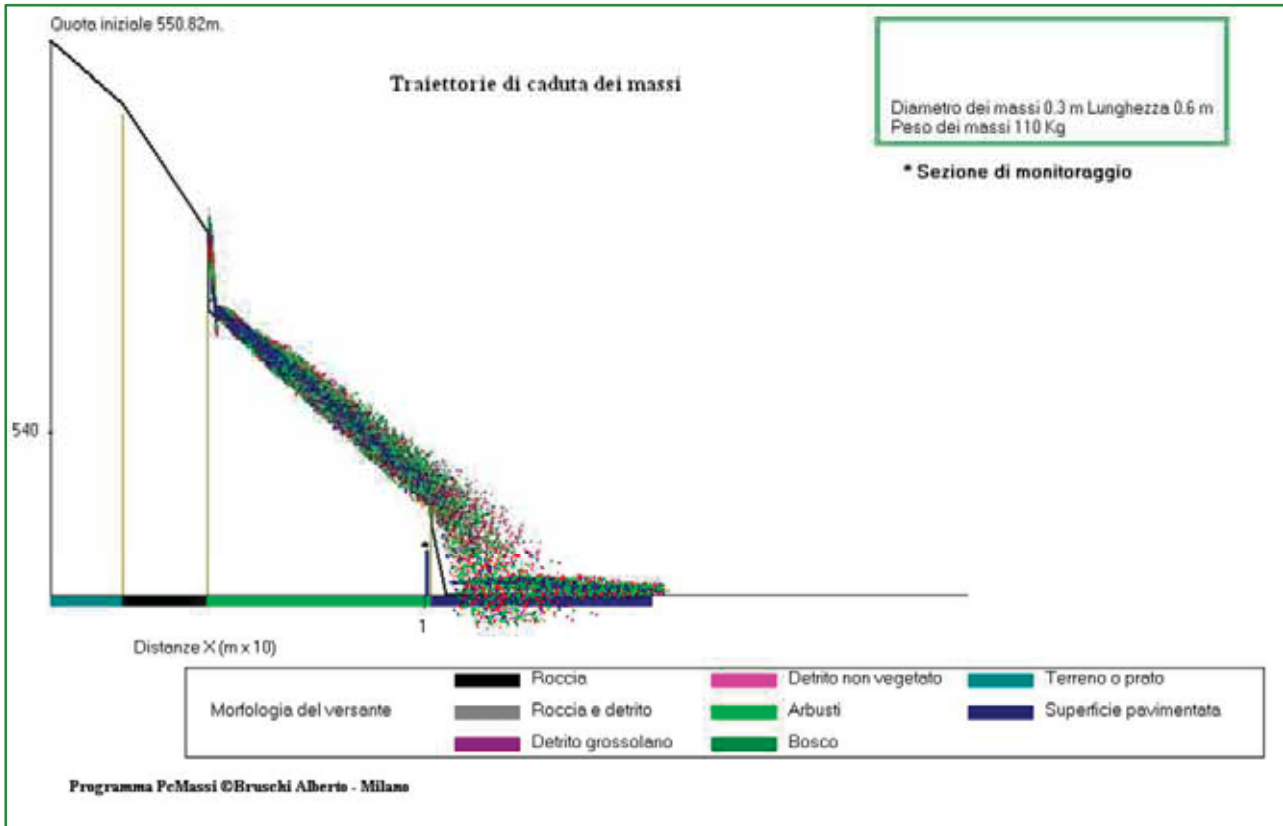
Masso di forma:	<b>cilindrica</b>
Diametro (m):	<b>0,3</b>
Lunghezza (m):	<b>0,6</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>110</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	545.9
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	543.9
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	10.1

\* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>369</b>

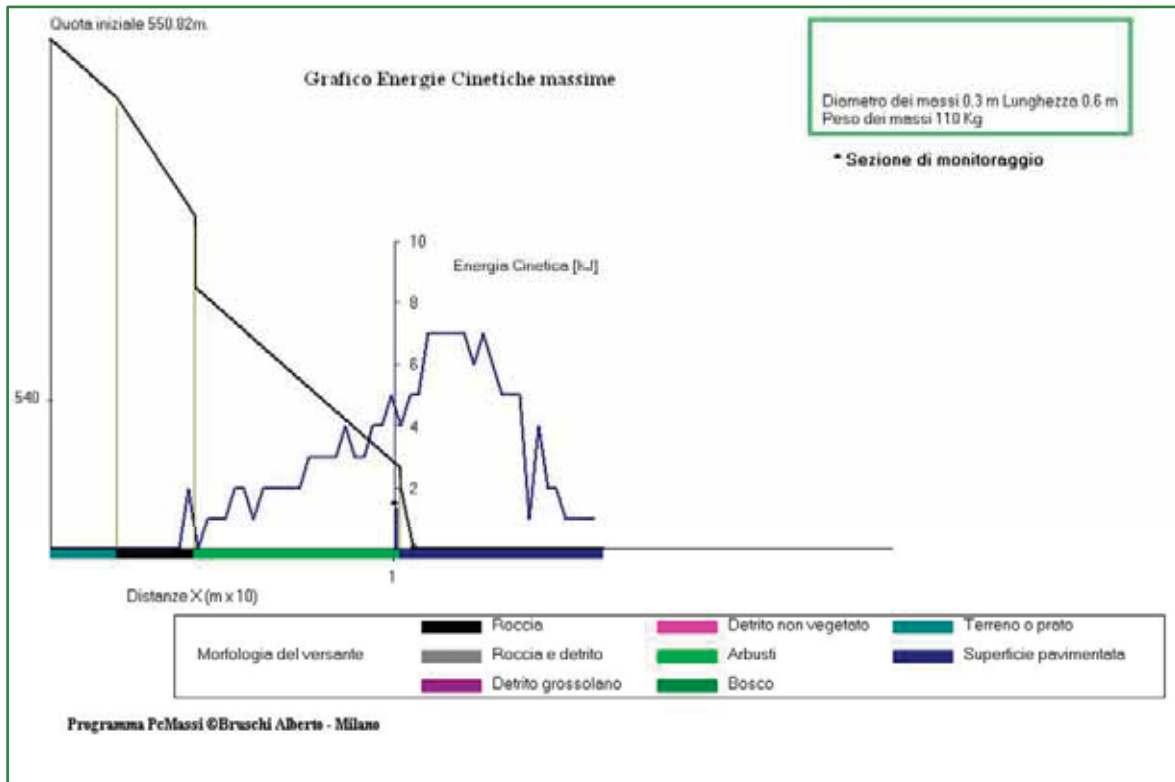
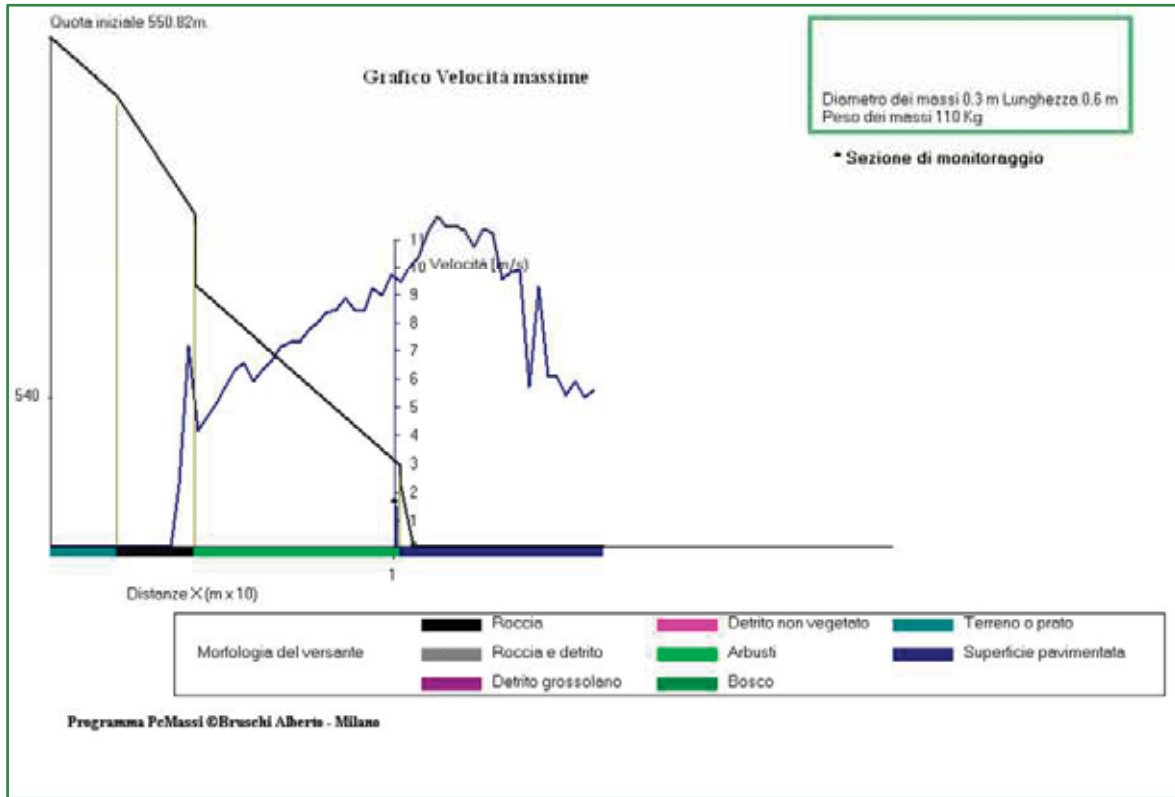
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	5.30	2	0.37
75	6.40	2	0.56
90	7.38	3.38	0.72
95	7.98	3.76	0.82
98	8.64	4.19	0.93

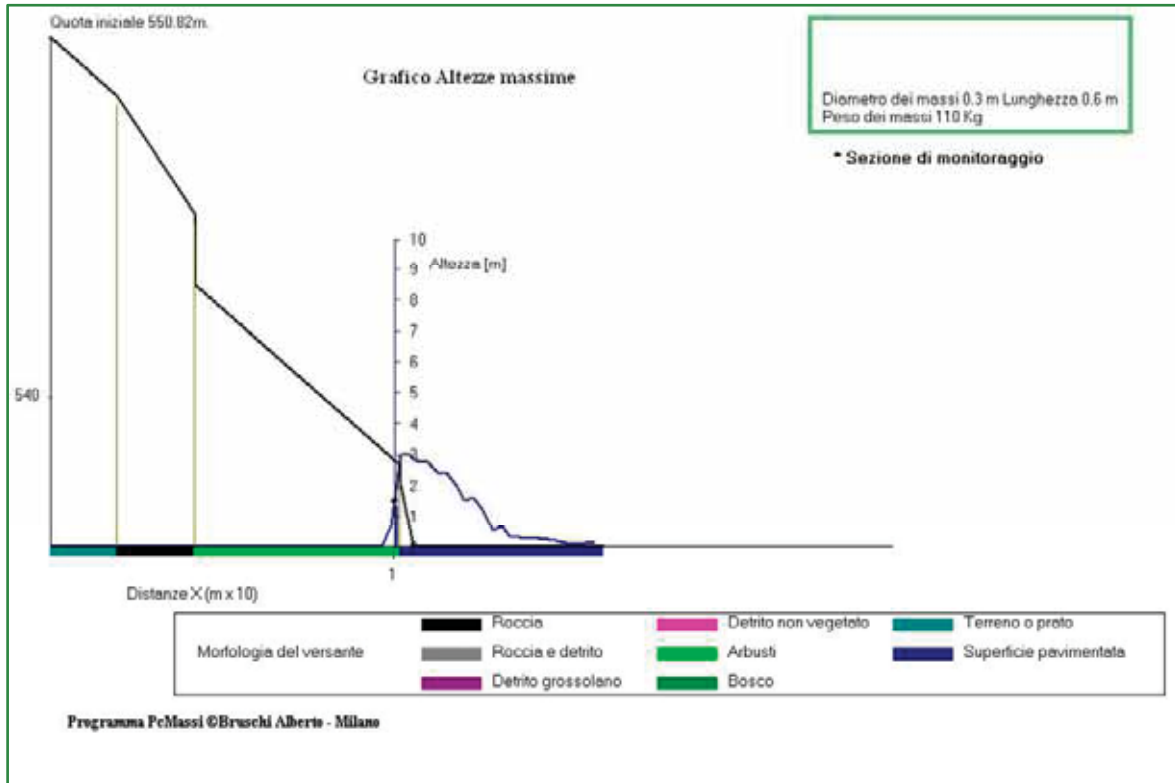
### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	8.46	<b>4.38</b>	<b>1.16</b>
media	5.3	2.04	0.37
minima	0		
deviazione standard	1.63	1.05	0.27

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
 Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
 A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

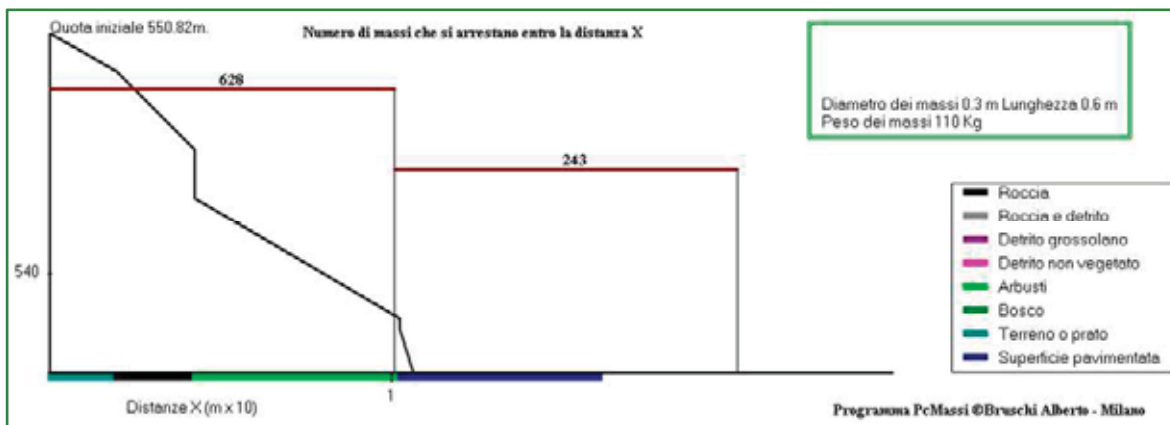


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	nessun masso				
3	nessun masso				
4	8.6	5.3	1.7	1.19	0.36
5	8.8	5.5	1.7	1.64	0.77
6	9.4	6.1	1.6	3.21	2.18
7	5.6	3.7	0.6	0.13	0.01





COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. E (MASSO PIÙ GROSSO CILINDRICO SEZIONE)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO MONTE SU DETRITO**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 07 luglio 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	550.8	1.9	549.2	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.9	549.2	4.2	545.9	roccia	0.03	0.90	0.40
3	4.2	545.9	4.2	543.9	roccia	0.03	0.90	0.40
4	4.2	543.9	10.2	538.9	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
5	10.2	538.9	10.2	538.4	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
6	10.2	538.4	10.6	536.7	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
7	10.6	536.7	16.1	536.7	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

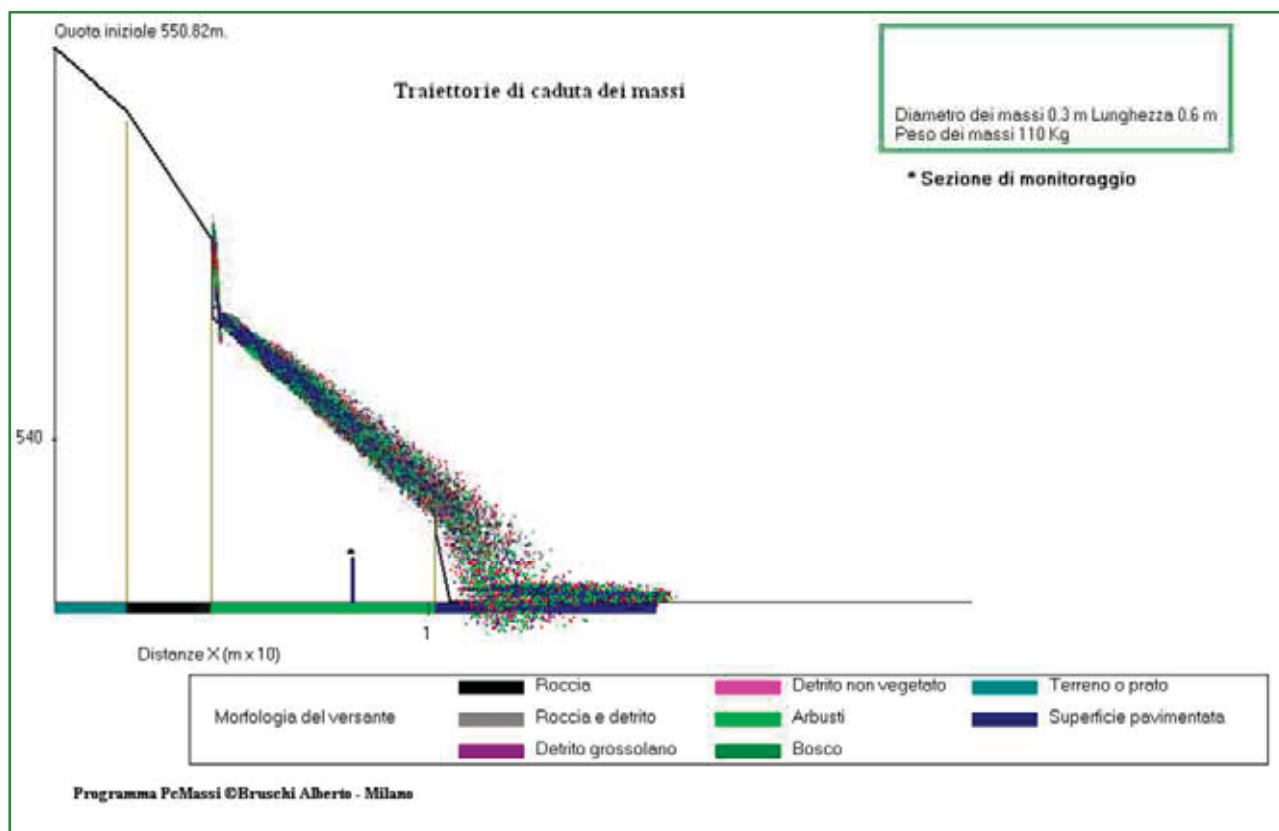
Masso di forma:	<b>cilindrica</b>
Diametro (m):	<b>0,3</b>
Lunghezza (m):	<b>0,6</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>110</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	545.9
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	543.9
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	8

\* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>390</b>

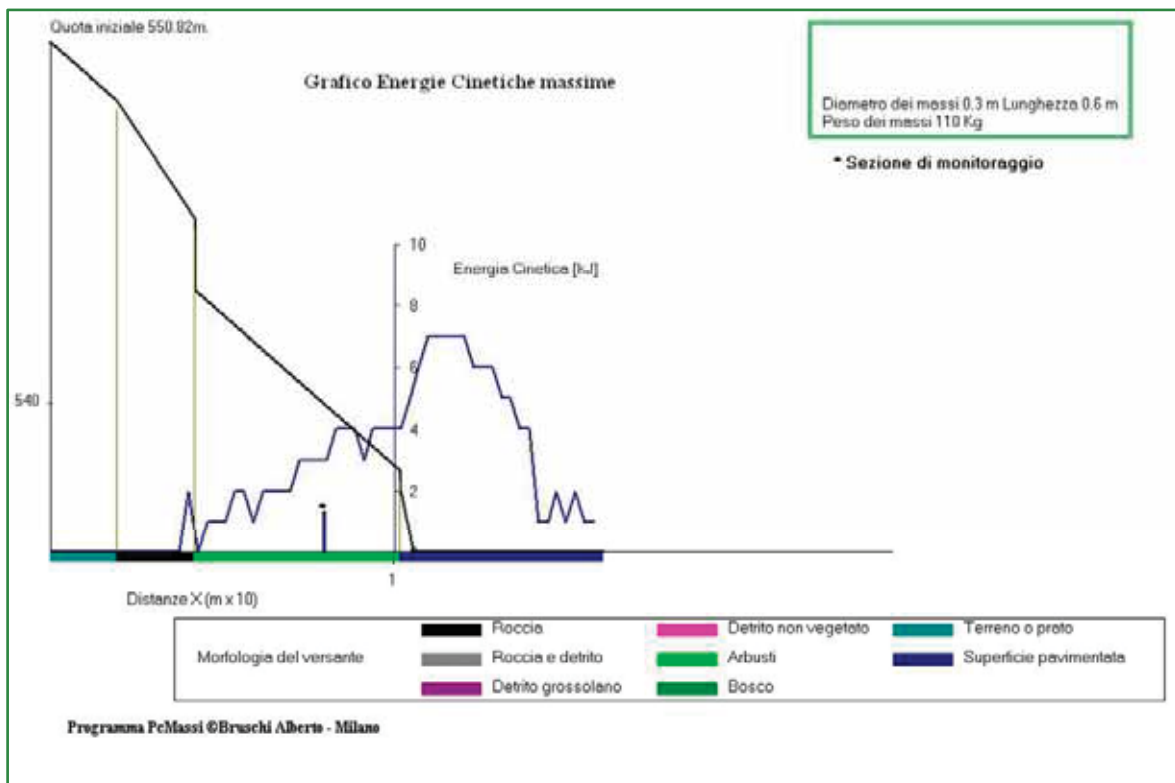
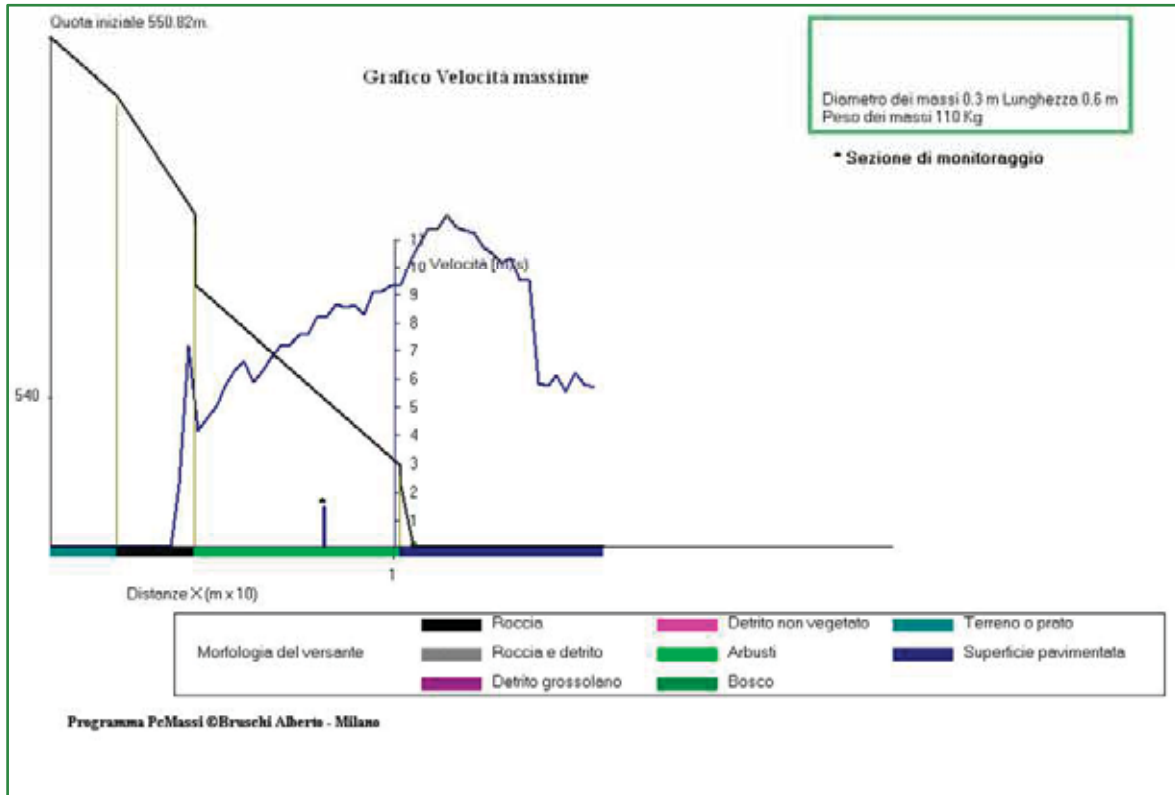
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	4.55	1	0.29
75	5.49	2	0.43
90	6.35	2.52	0.56
95	6.86	2.8	0.64
98	7.43	3.12	0.73

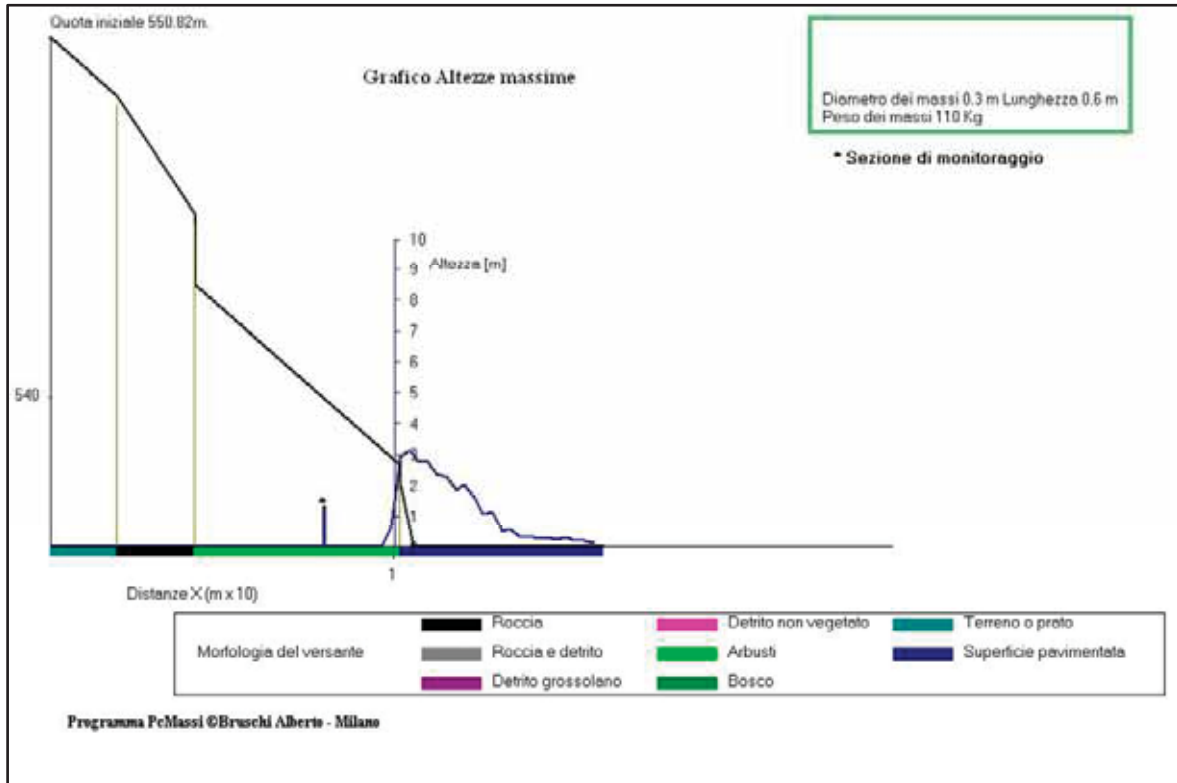
### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	7.64	3.64	0.93
media	4.55	1.51	0.29
minima	0		
deviazione standard	1.4	0.79	0.21

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

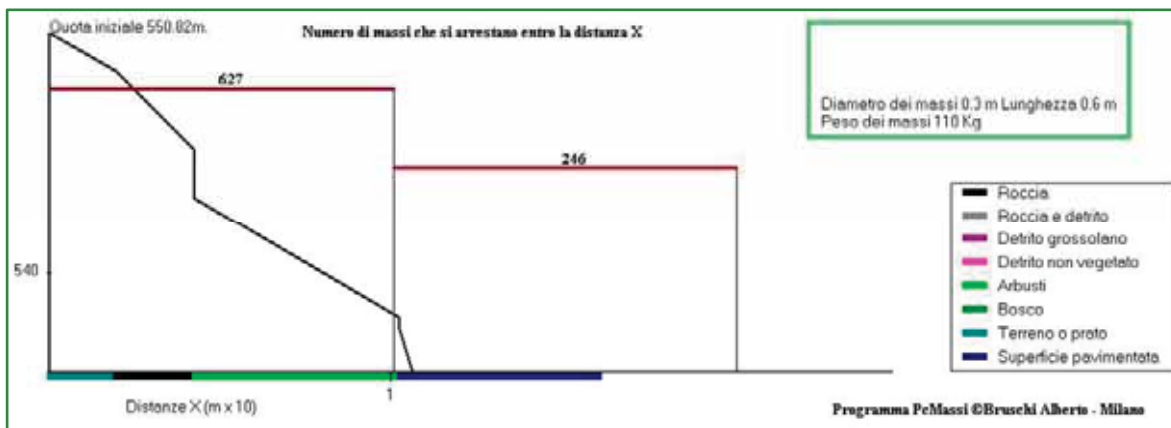


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	nessun masso				
3	nessun masso				
4	8.8	5.3	1.6	1.26	0.38
5	9.0	5.4	1.6	1.72	0.79
6	9.5	6.0	1.6	3.34	2.22
7	5.8	3.8	0.7	0.15	0.02



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. F (MASSO DI DIMENSIONI MEDIE)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO MONTE SU DETRITO**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 14 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	13.6	0.4	11.6	roccia e detrito	0.05	0.87	0.37
2	0.4	11.6	2.1	9.2	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
3	2.1	9.2	3.8	8.2	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	3.8	8.2	3.9	7.2	roccia	0.03	0.90	0.40
5	3.9	7.2	6.5	4.2	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
6	6.5	4.2	9.2	2.5	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
7	9.2	2.5	10.6	1.8	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
8	10.6	1.8	11.9	1.5	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
9	11.9	1.5	12.2	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
10	12.2	0.0	17.7	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

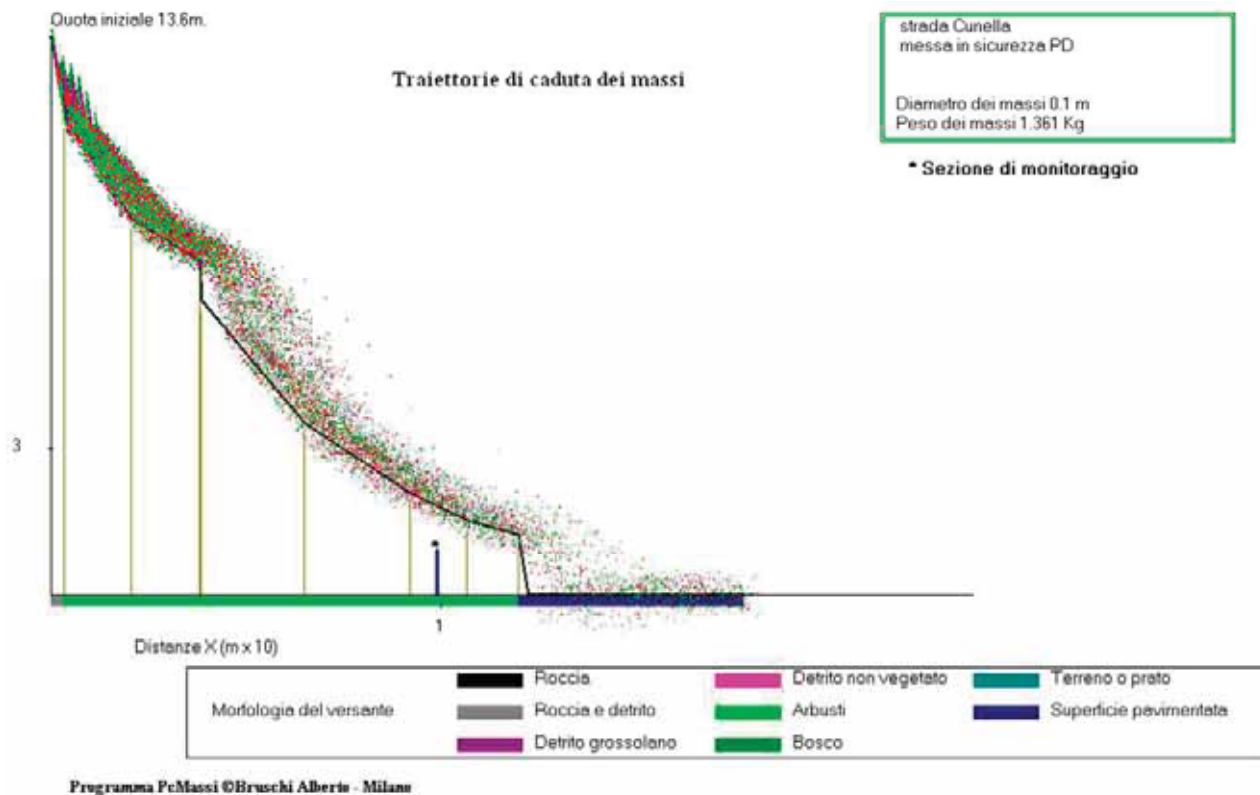
Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,1</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>1,361</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	13.6
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	11.6
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	9.9
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella a monte del canale idroelettrico dismesso	



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>145</b>

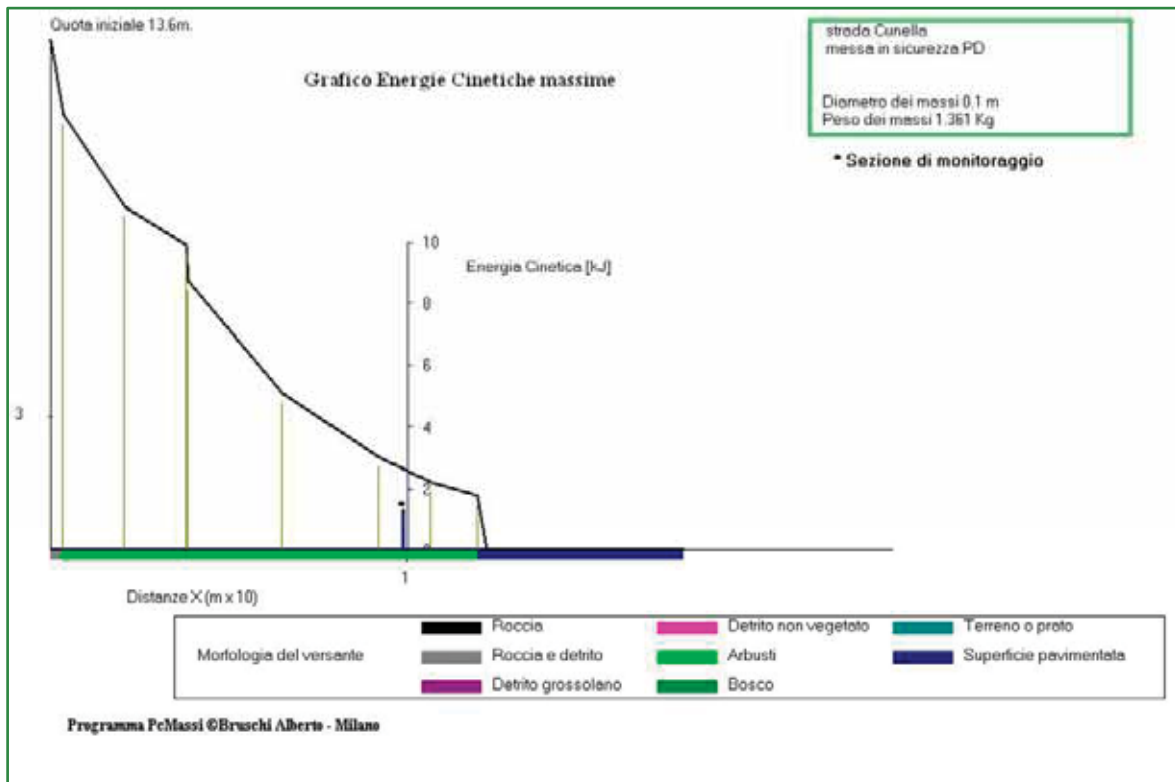
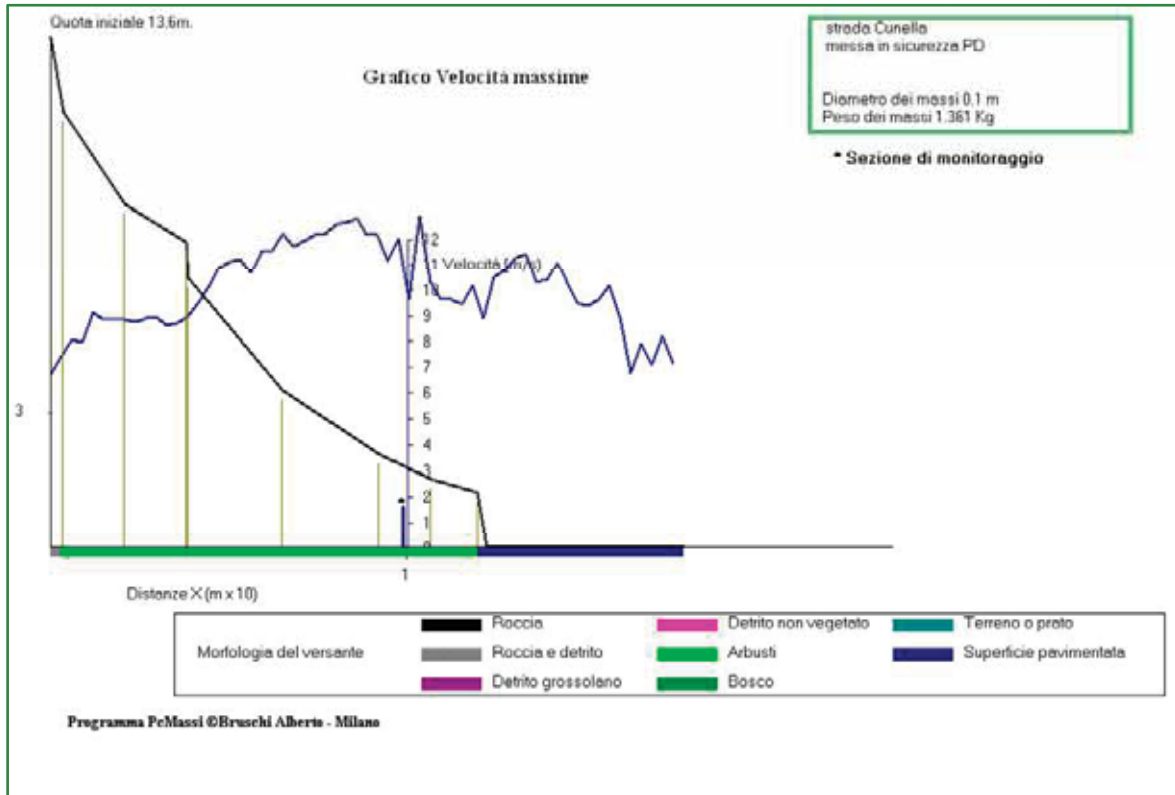
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	5.92	0.03	0.34
75	7.27	0	0.52
90	8.49	0.06	0.69
95	9.22	0.07	0.79
98	10.04	0.07	0.9

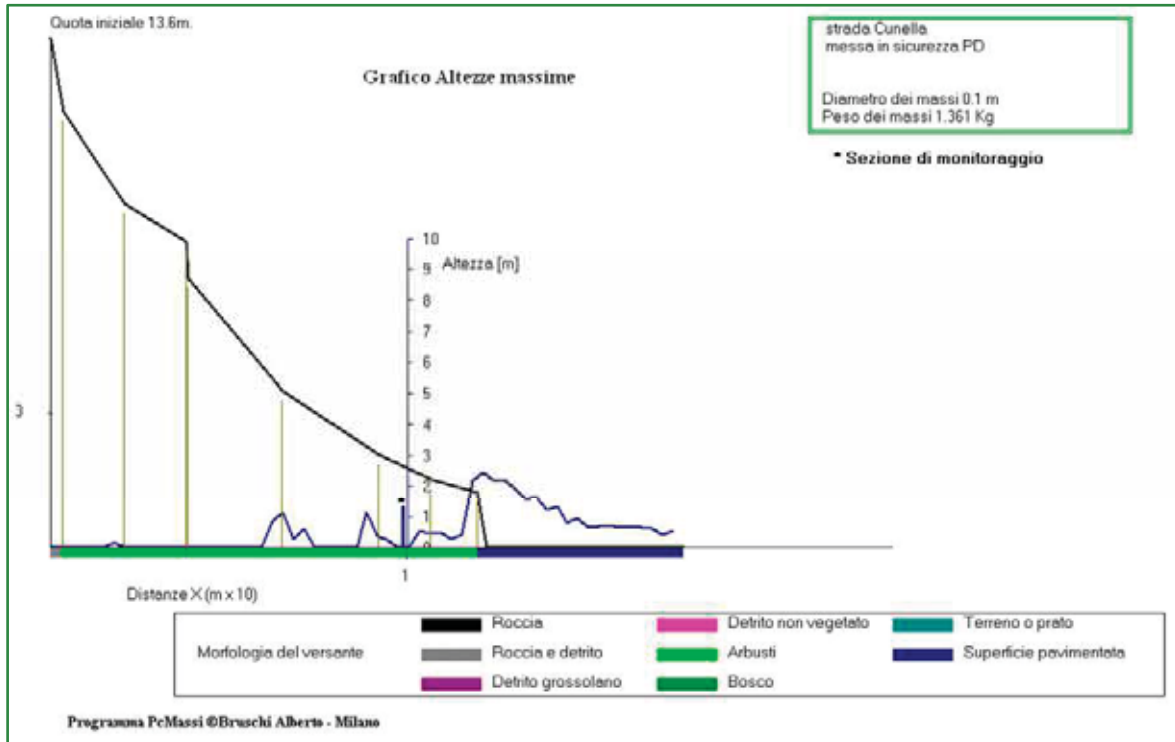
### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	11.39	<b>0.1</b>	<b>1.04</b>
media	6.91	0.03	0.33
minima	1.17		
deviazione standard	2	0.02	0.27

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

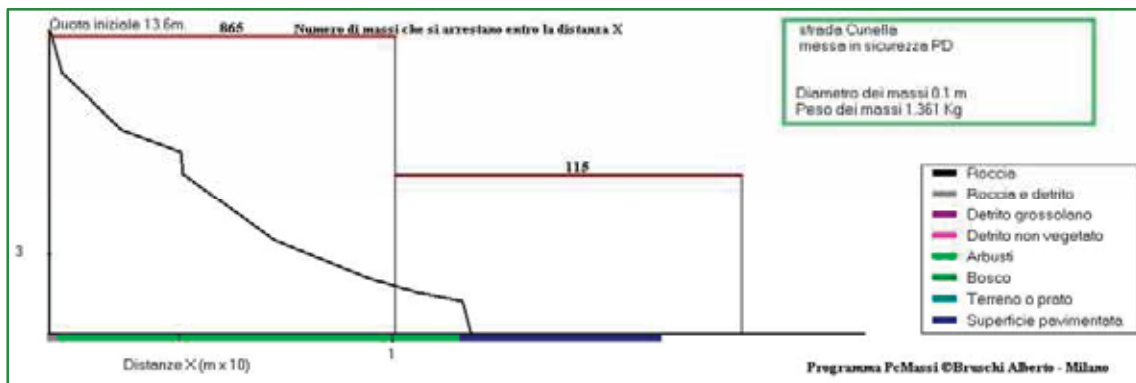


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	5.9	2.9	1.0	1.27	0.38
2	8.6	5.0	1.5	1.18	0.55
3	8.0	4.4	1.6	0.80	0.23
4	8.1	4.5	1.6	1.77	1.20
5	11.5	7.1	2.4	3.29	0.95
6	11.6	5.7	2.1	1.88	0.39
7	12.6	6.0	2.1	1.01	0.35
8	10.0	5.5	2.0	1.13	0.27
9	10.1	5.8	2.0	2.54	1.60
10	7.1	4.2	1.5	0.46	0.14



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. F (MASSO SFERICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO MONTE SU DETRITO**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 14 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	13.6	0.4	11.6	roccia e detrito	0.05	0.87	0.37
2	0.4	11.6	2.1	9.2	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
3	2.1	9.2	3.8	8.2	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	3.8	8.2	3.9	7.2	roccia	0.03	0.90	0.40
5	3.9	7.2	6.5	4.2	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
6	6.5	4.2	9.2	2.5	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
7	9.2	2.5	10.6	1.8	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
8	10.6	1.8	11.9	1.5	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
9	11.9	1.5	12.2	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
10	12.2	0.0	17.7	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

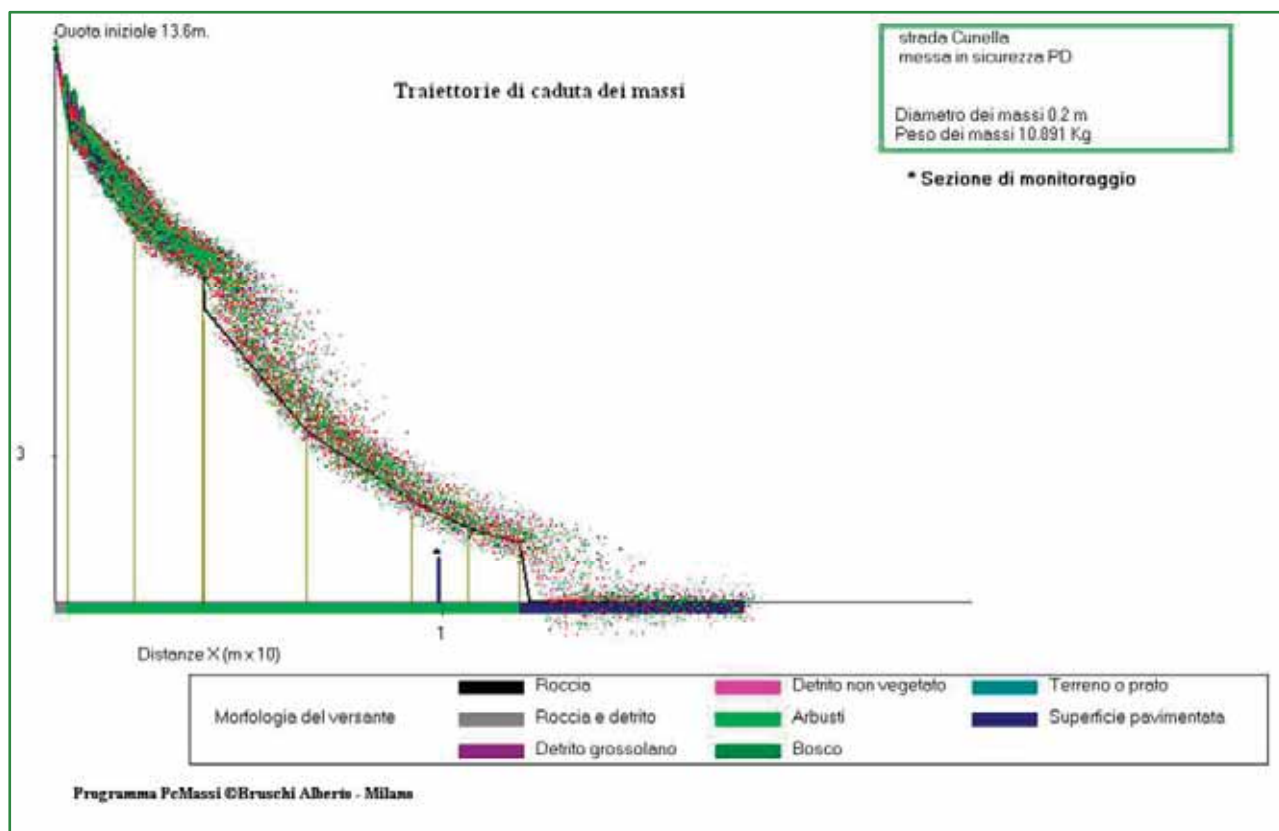
*Caratteristiche del masso tipo*

Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,2</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>10.891</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	13.6
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	11.6
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	9.9
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella a monte del canale idroelettrico dismesso	

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	175

### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

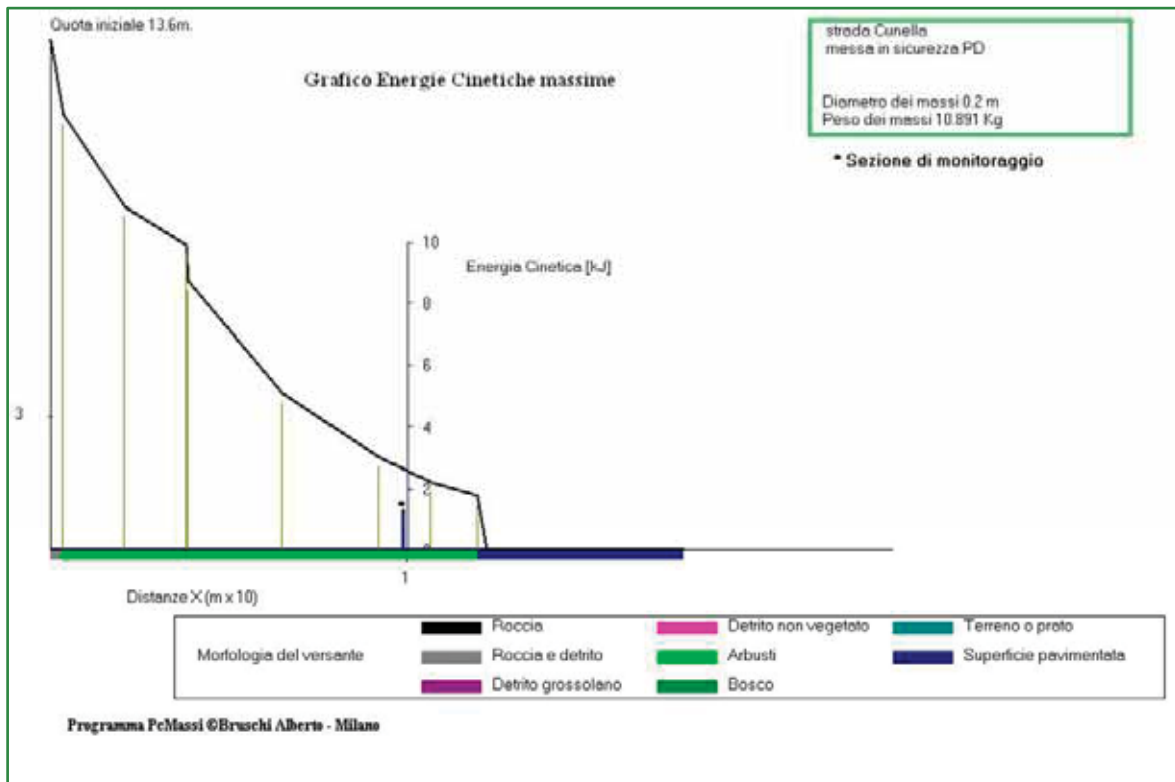
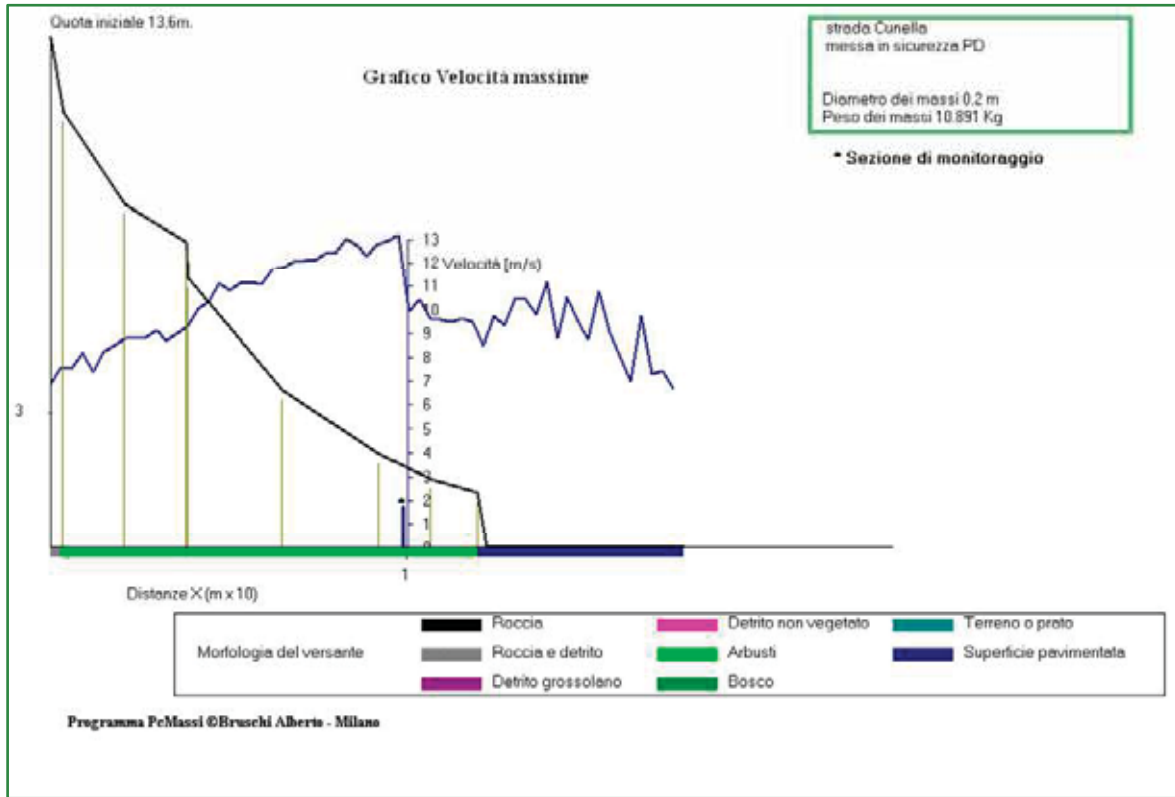
Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	11.05	0.29	0.32
75	11.73	0	0.32
90	12.33	0.29	0.32
95	12.7	0.29	0.32
98	13.11	0.29	0.32

### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

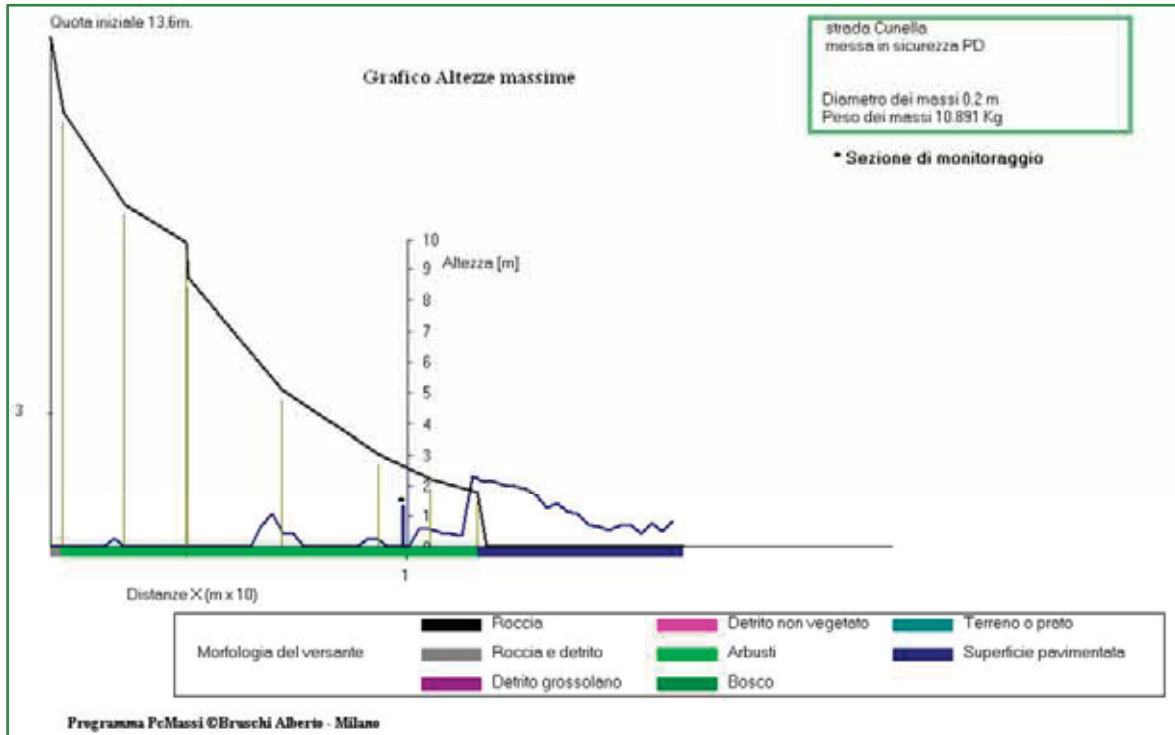
	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	12.65	<b>0.95</b>	<b>1.16</b>
media	11.05	0.29	0.32
minima	0		
deviazione standard	1	0.0	0.0



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

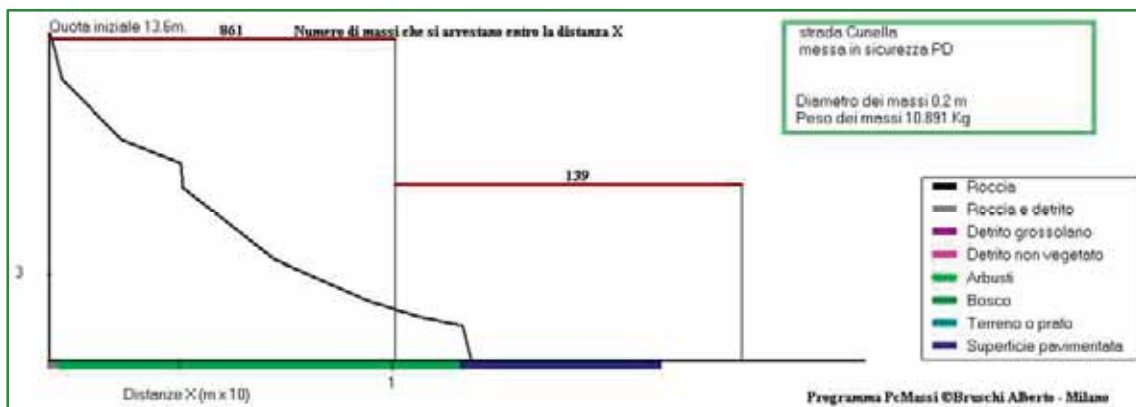


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	5.9	3.3	1.1	1.06	0.31
2	8.3	5.2	1.5	1.41	0.56
3	8.0	4.2	1.5	0.76	0.24
4	8.1	4.3	1.5	1.75	1.20
5	11.1	7.2	2.4	3.00	0.82
6	12.4	6.2	2.1	1.27	0.38
7	9.4	5.5	2.2	1.06	0.33
8	8.9	4.9	1.9	1.01	0.28
9	9.1	5.2	1.8	2.34	1.61
10	6.4	3.9	1.3	0.85	0.16



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. F (MASSO CILINDRICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO CANALE LATO MONTE SU DETRITO**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 14 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	13.6	0.4	11.6	roccia e detrito	0.05	0.87	0.37
2	0.4	11.6	2.1	9.2	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
3	2.1	9.2	3.8	8.2	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	3.8	8.2	3.9	7.2	roccia	0.03	0.90	0.40
5	3.9	7.2	6.5	4.2	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
6	6.5	4.2	9.2	2.5	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
7	9.2	2.5	10.6	1.8	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
8	10.6	1.8	11.9	1.5	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
9	11.9	1.5	12.2	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
10	12.2	0.0	17.7	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

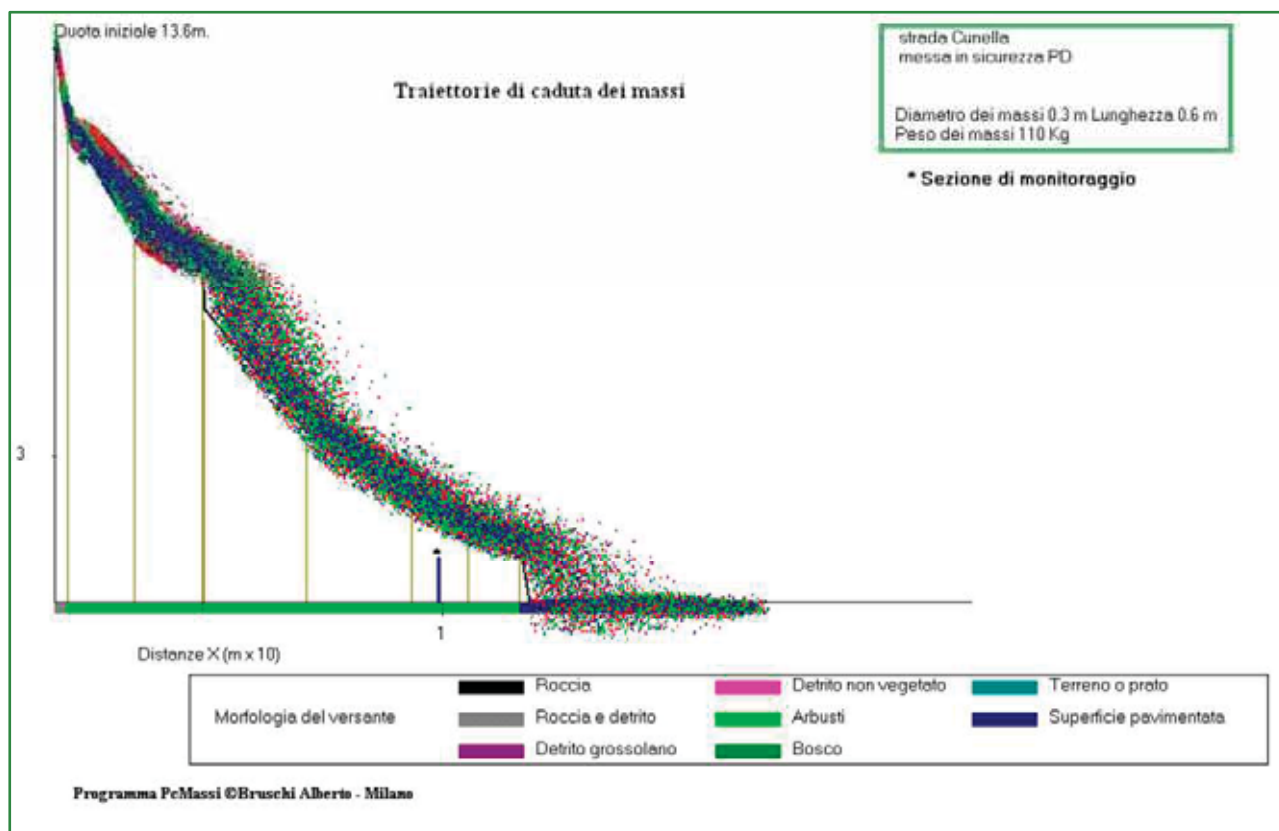
*Caratteristiche del masso tipo*

Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,3</b>
Lunghezza (m):	<b>0,6</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>110</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	13.6
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	11.6
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	9.9
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella a monte del canale idroelettrico dismesso	

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>613</b>

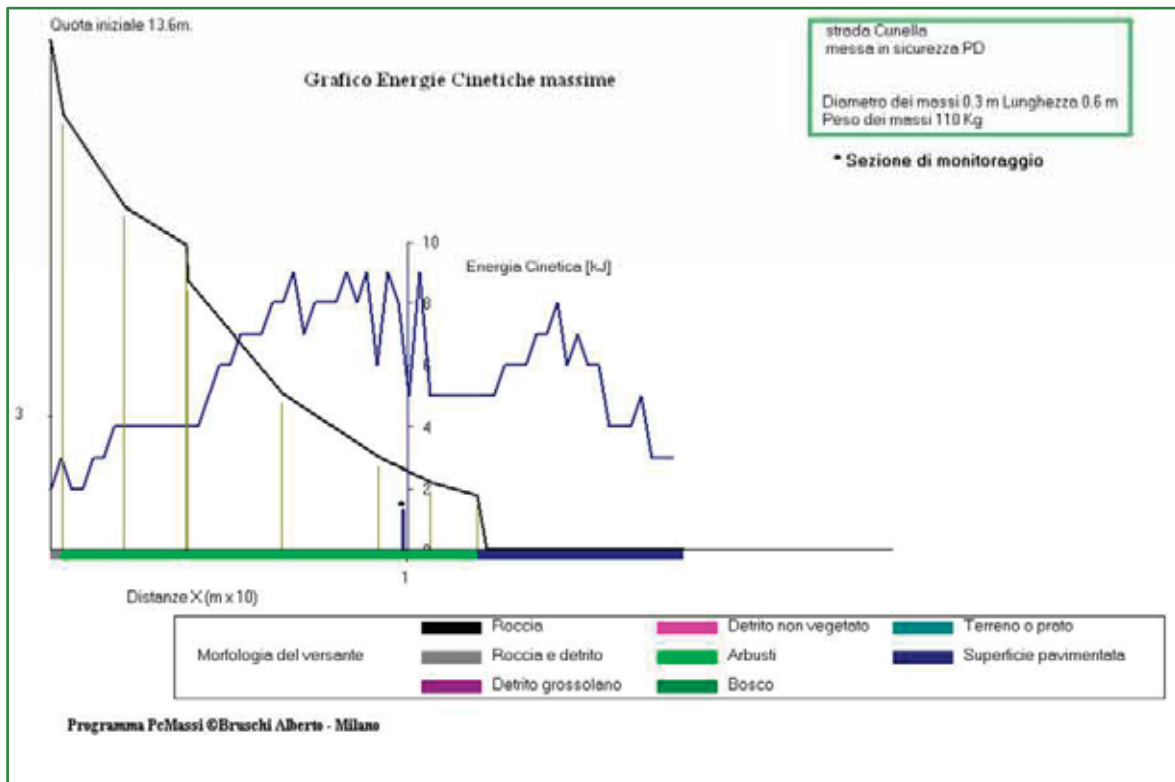
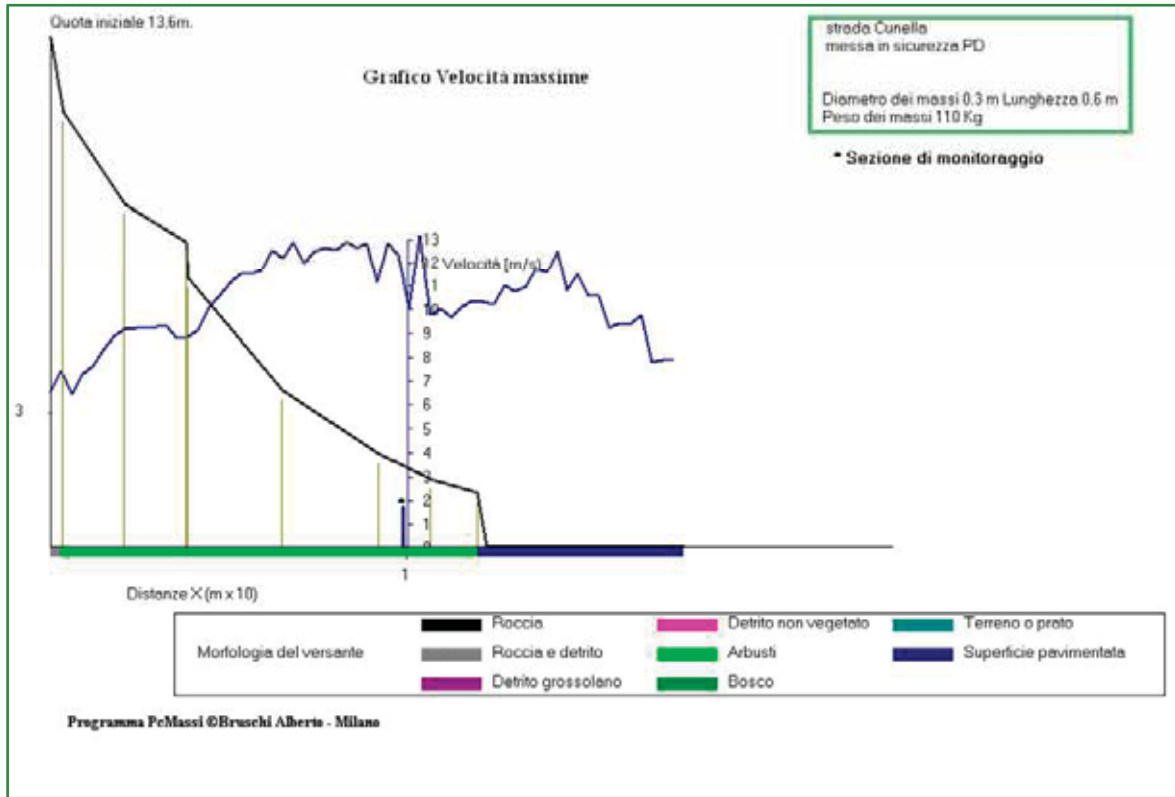
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	8.51	2.28	0.36
75	9.19	2	0.36
90	9.8	2.28	0.36
95	10.16	2.28	0.36
98	10.57	2.28	0.36

### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

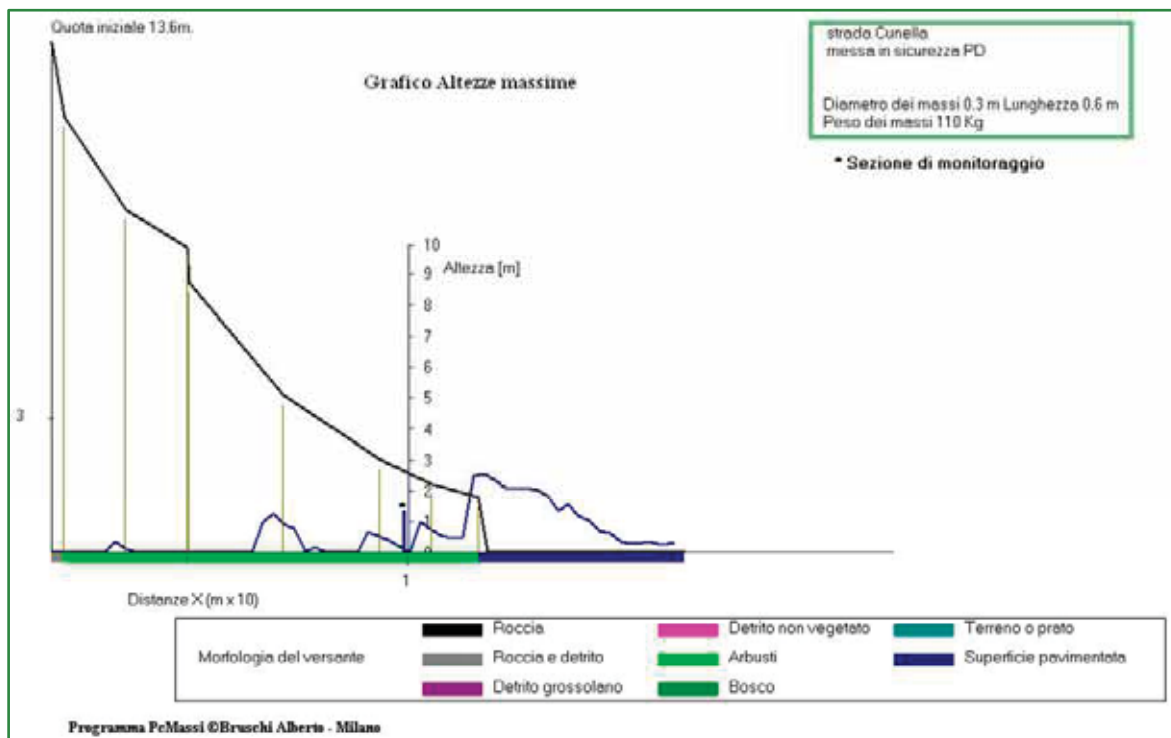
	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	12.11	<b>8.94</b>	<b>1.34</b>
media	8.51	2.28	0.36
minima	0		
deviazione standard	1	0.0	0.0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



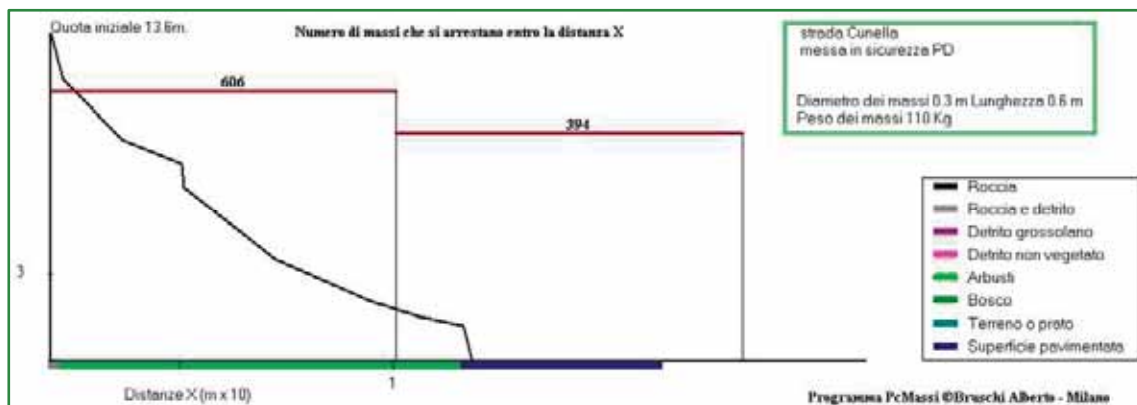


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	6.1	3.8	1.3	0.67	0.26
2	8.5	5.7	1.3	1.39	0.60
3	8.1	4.4	1.4	0.88	0.25
4	8.2	4.5	1.4	1.81	1.22
5	12.0	7.4	2.4	3.14	0.79
6	11.9	5.5	2.0	1.98	0.39
7	12.5	5.4	2.0	1.36	0.32
8	9.9	4.6	1.9	1.21	0.28
9	10.1	5.0	1.8	2.65	1.61
10	8.0	4.7	1.2	0.32	0.04





Studio Geoter  
di Santambrogio S.  
via G. Rossini, 2 – 24020 ARDESIO (Bergamo)  
0346 33663 [studio.geoter@virgilio.it](mailto:studio.geoter@virgilio.it)  
sede legale via G. da Velate n.2 - Milano

**Studio Associato Bertoni - Mattioli.**  
Via Nazionale n. 1 – 25040 BRAONE (BS)  
0364 433806 – [studioassociatobertonimattioli@virgilio.it](mailto:studioassociatobertonimattioli@virgilio.it)

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. G (MASSO DI DIMENSIONI MEDIE)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO STRADA**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 14 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	9.7	1.9	8.1	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.9	8.1	1.9	7.6	roccia e detrito	0.05	0.87	0.37
3	1.9	7.6	7.0	1.5	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	7.0	1.5	7.2	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
5	7.2	0.0	12.7	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

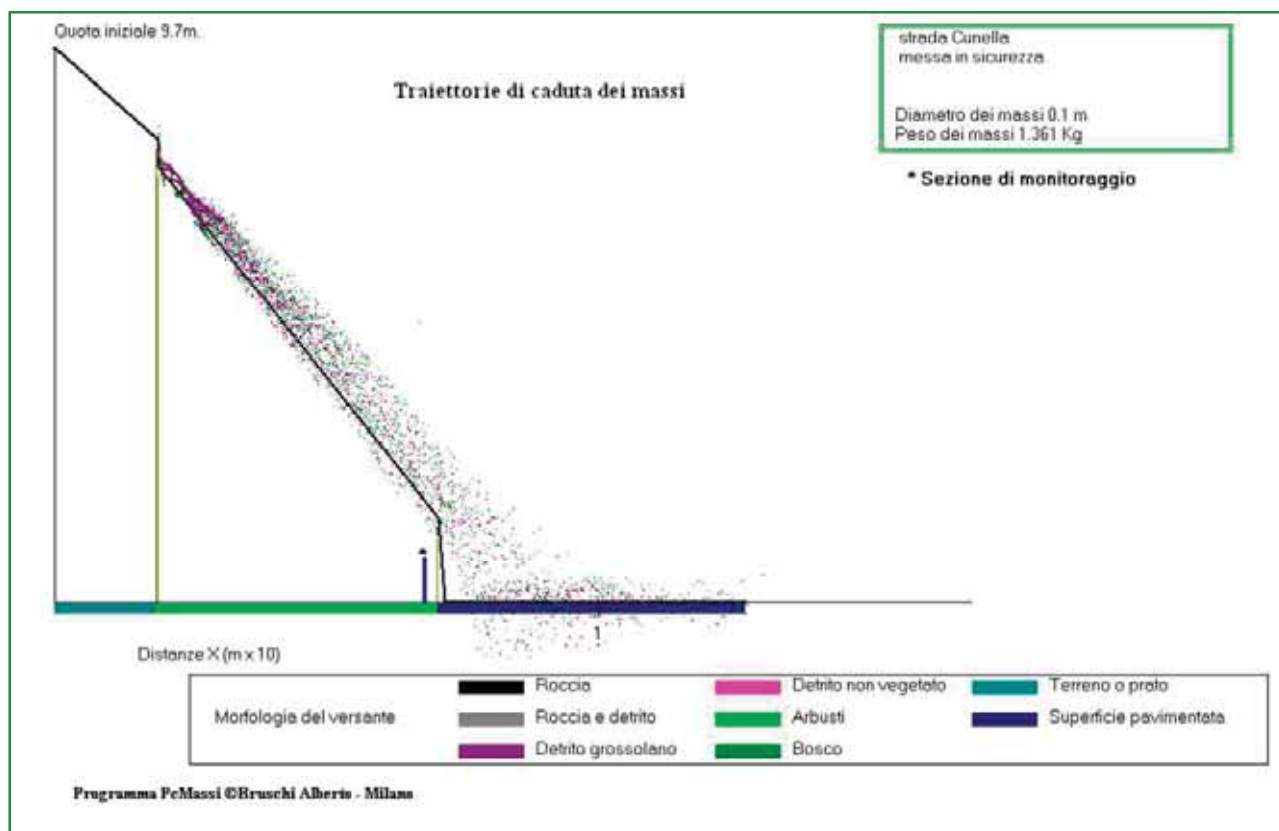
*Caratteristiche del masso tipo*

Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,1</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>1,361</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	8.1
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	7.6
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	6.8
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella lungo il muro di monte della strada	

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>85</b>

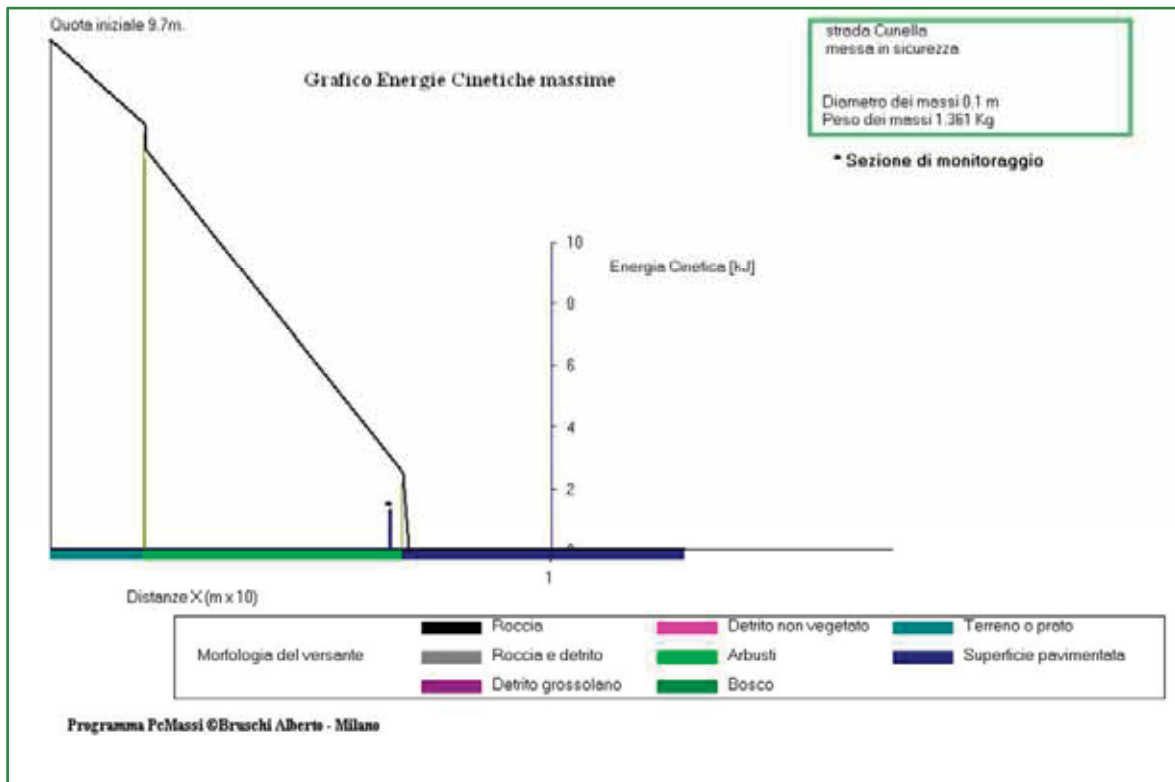
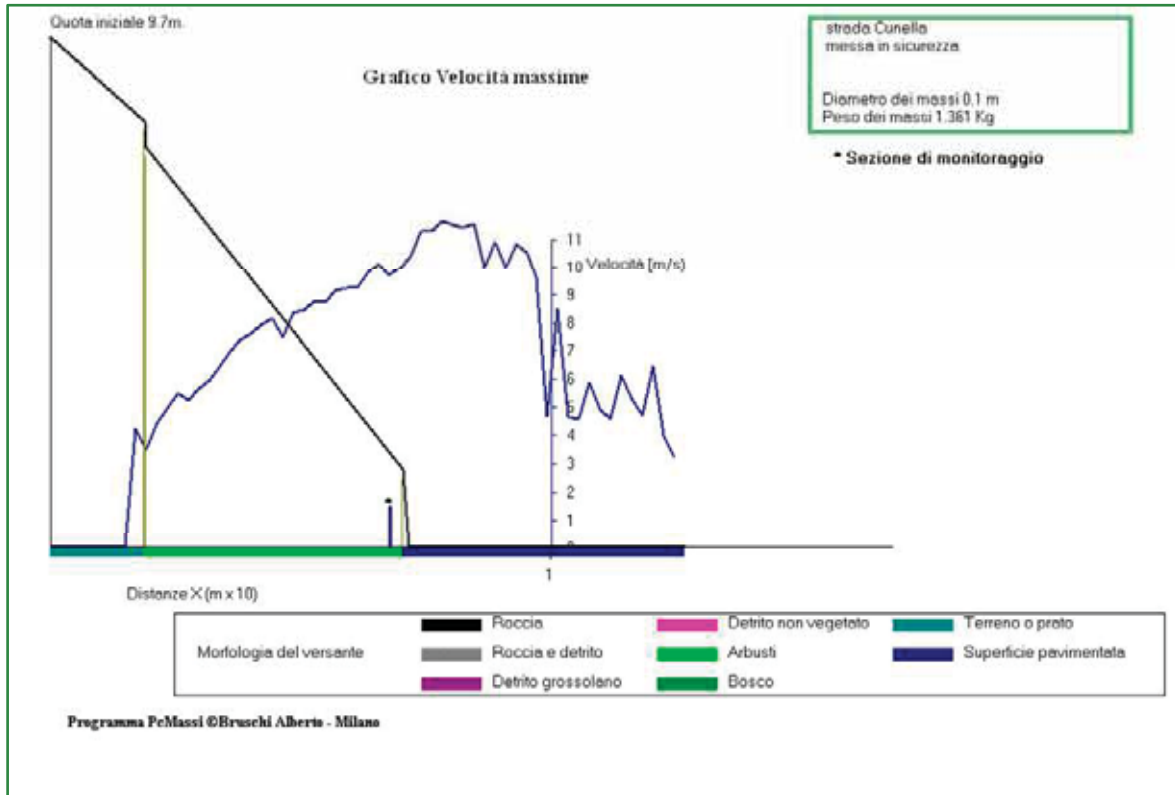
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	6.39	0.0	0.51
75	7.68	0.0	0.79
90	8.85	0.06	1.05
95	9.55	0.06	1.2
98	10.34	0.07	1.37

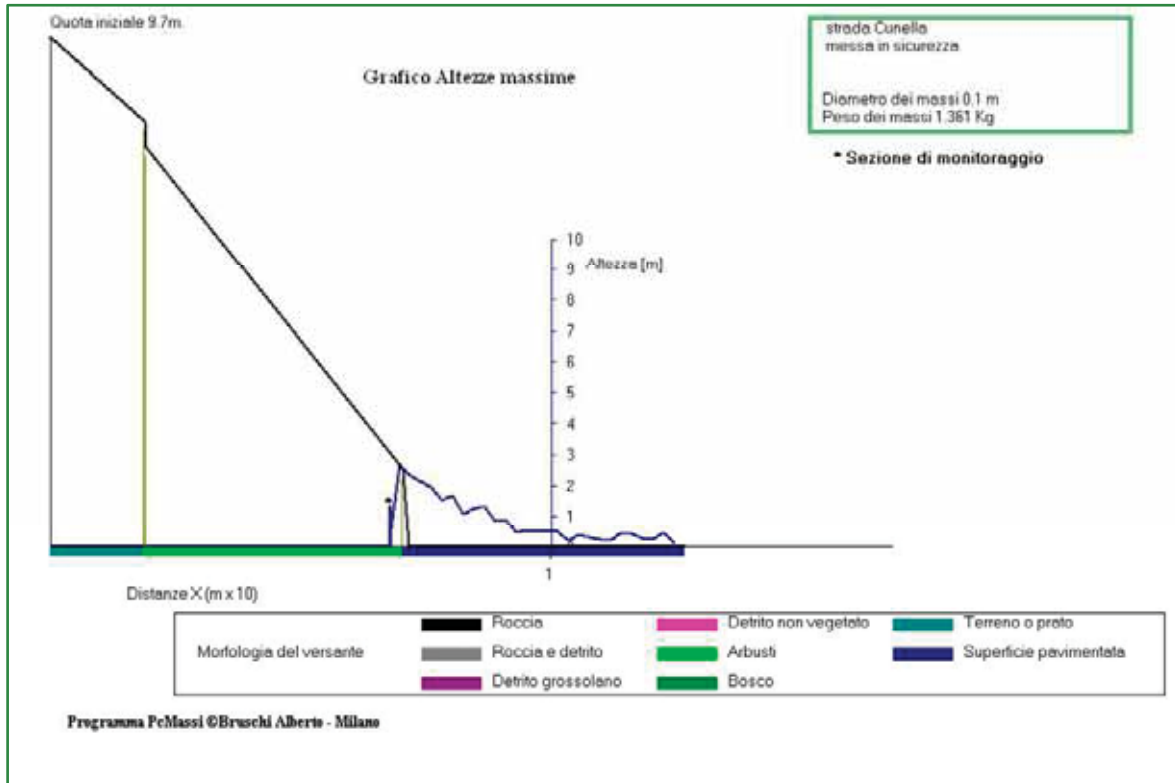
### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	9.51	<b>0.07</b>	<b>1.4</b>
media	8.39	0.03	0.5
minima	1.49		
deviazione standard	1.92	0.00	0.42

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
 Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
 A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

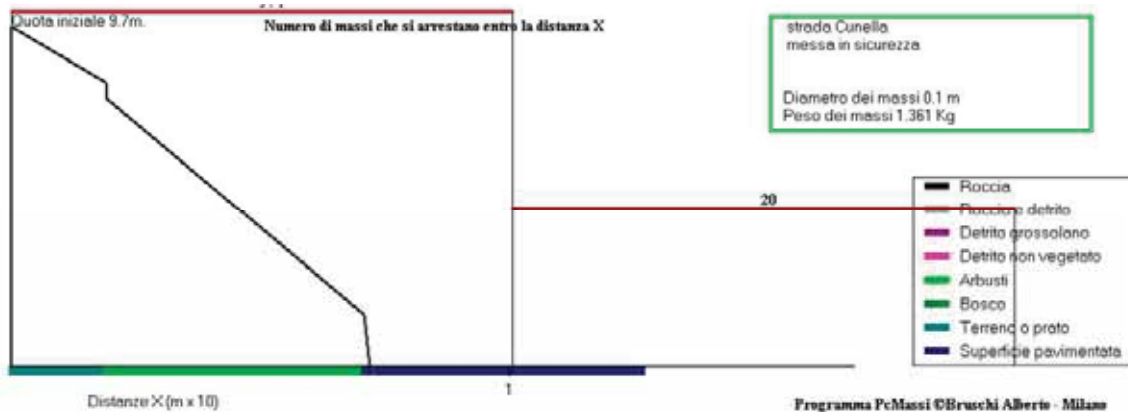


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	1.0	0.7	0.2	0.51	0.28
3	9.5	6.3	2.0	1.42	0.53
4	9.7	6.5	2.0	2.76	1.87
5	3.9	3.0	0.6	0.48	0.11





COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. G (MASSO SFERICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO STRADA**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 14 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	9.7	1.9	8.1	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.9	8.1	1.9	7.6	roccia e detrito	0.05	0.87	0.37
3	1.9	7.6	7.0	1.5	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	7.0	1.5	7.2	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
5	7.2	0.0	12.7	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)

Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)

Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)

Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)

Rg = coefficiente di rugosità

Rt = coefficiente di restituzione tangenziale

Rn = coefficiente di restituzione normale

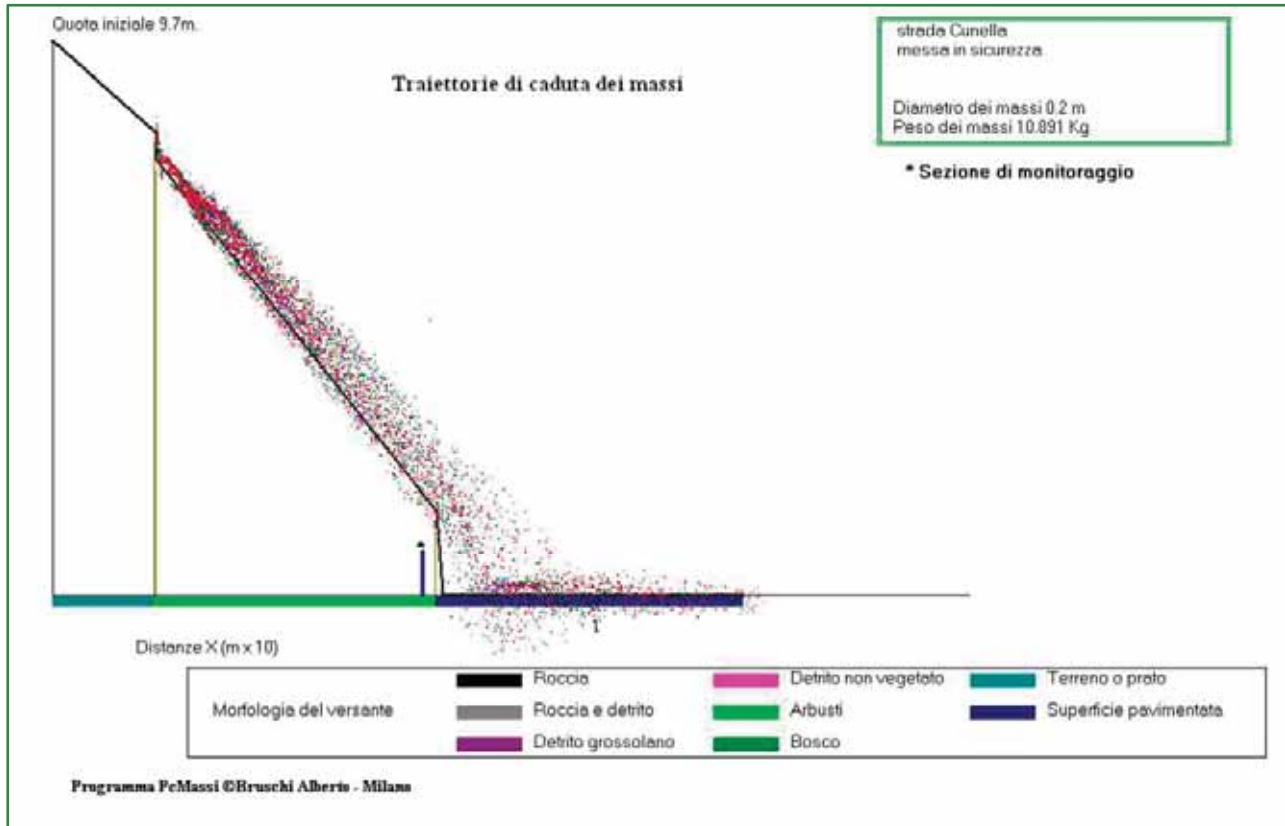
*Caratteristiche del masso tipo*

Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,2</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>10,891</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	8.1
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	7.6
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	6.8
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella lungo il muro di monte della strada	

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>143</b>

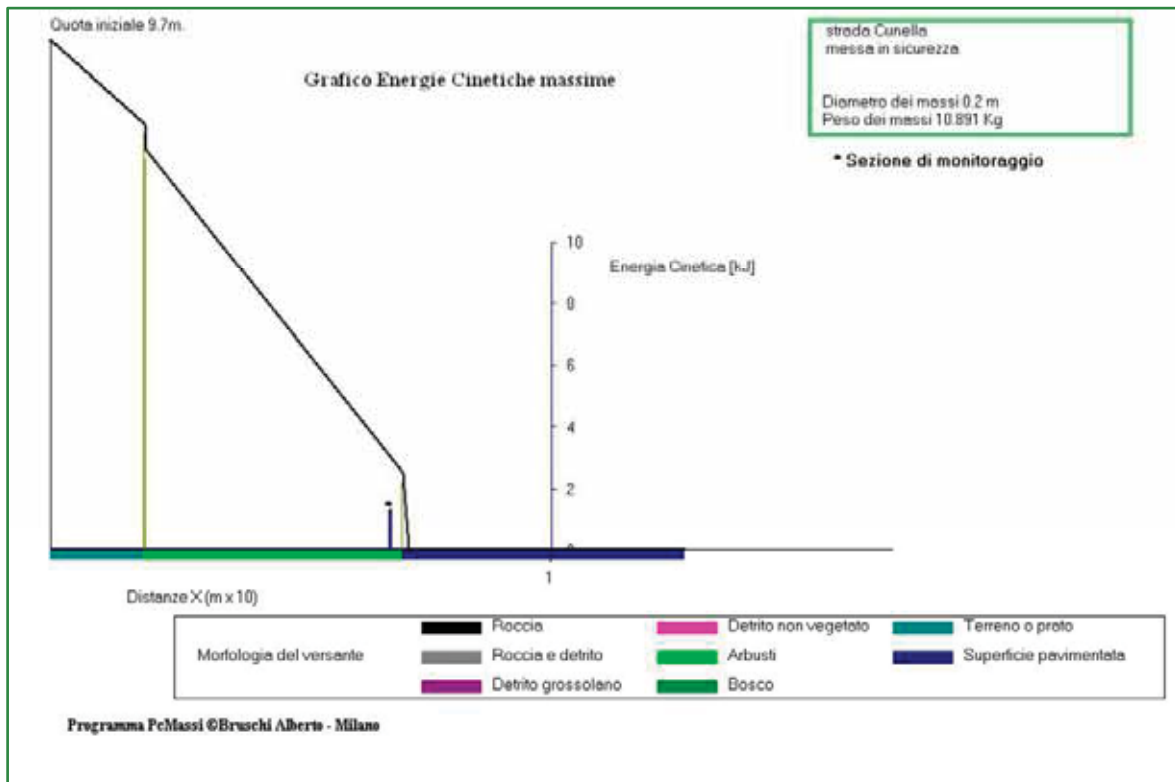
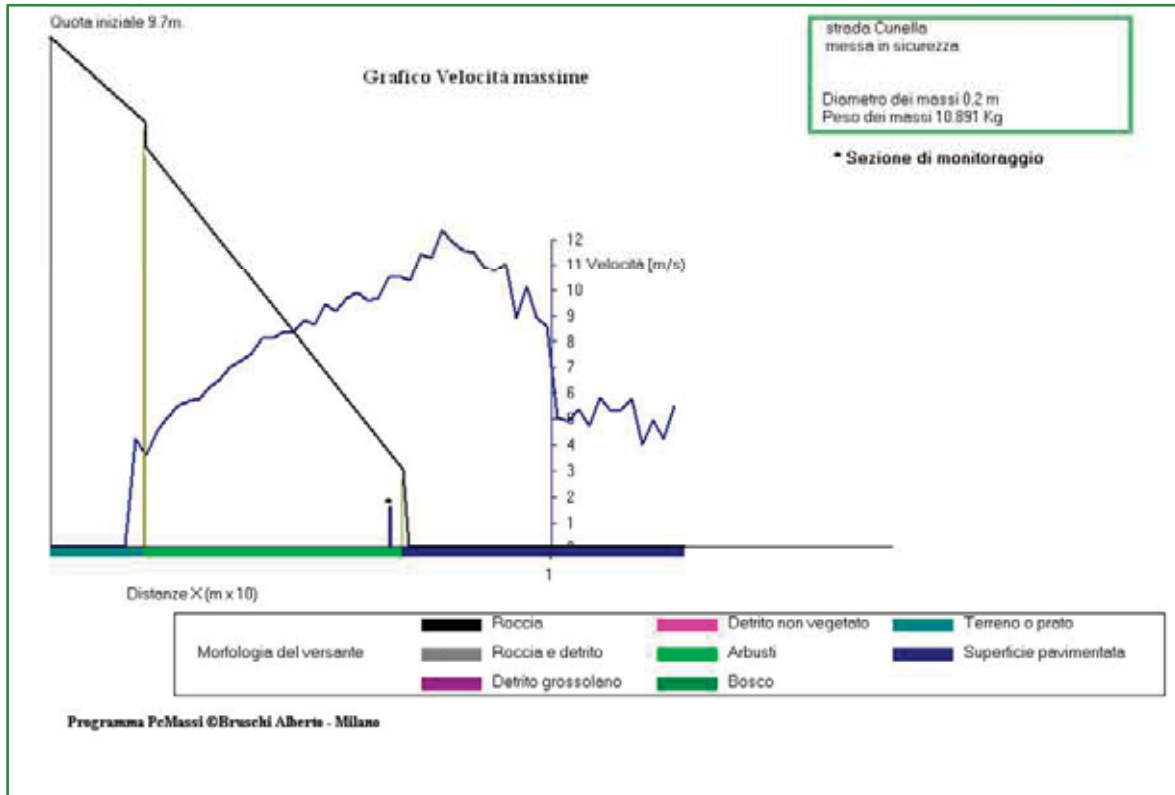
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	9.77	0.27	0.57
75	10.45	0.27	0.57
90	11.06	0.28	0.57
95	11.42	0.28	0.57
98	11.83	0.28	0.57

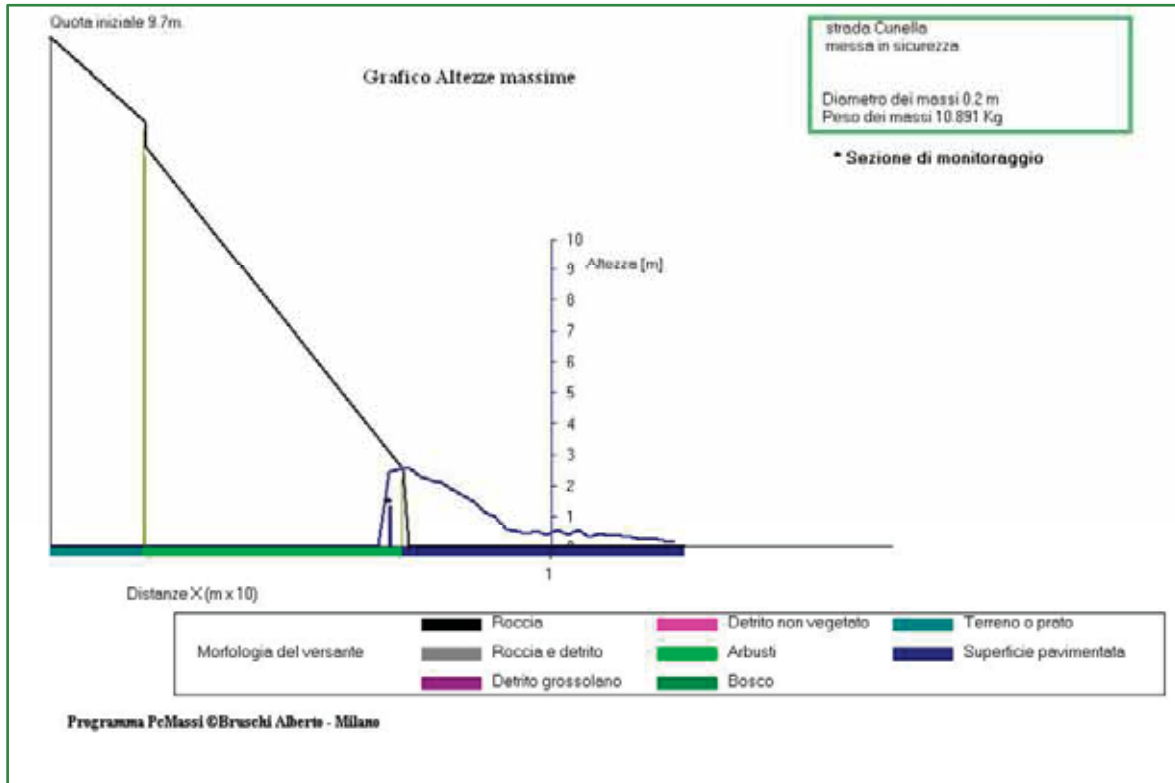
### Valori misurati delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	10.12	<b>0.57</b>	<b>1.51</b>
media	9.77	0.27	0.57
minima	0		
deviazione standard	1	0.00	0.0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
 Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
 A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

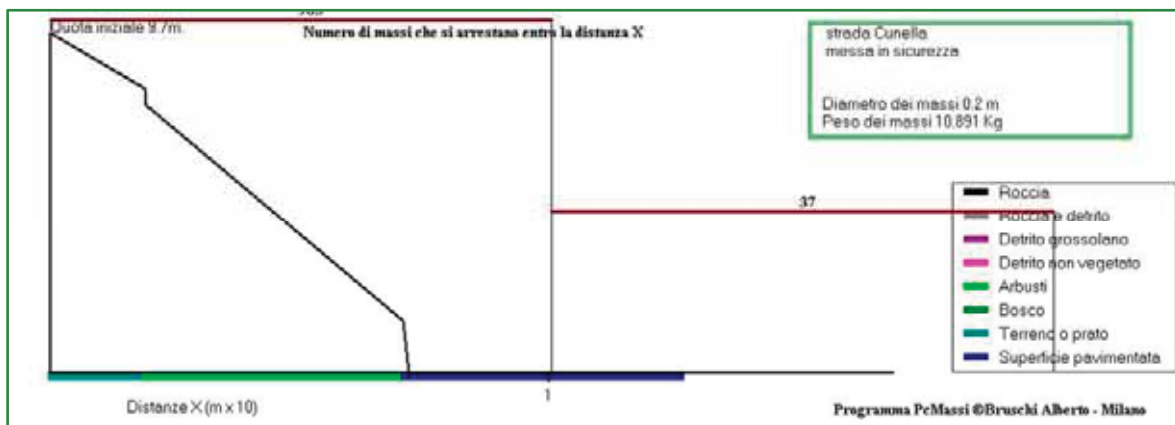


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	1.0	0.7	0.2	0.56	0.33
3	10.2	6.2	2.1	1.45	0.57
4	10.5	6.5	2.0	2.82	1.89
5	5.3	3.4	0.8	0.18	0.07



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. G (MASSO CILINDRICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO STRADA**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 14 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	9.7	1.9	8.1	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.9	8.1	1.9	7.6	roccia e detrito	0.05	0.87	0.37
3	1.9	7.6	7.0	1.5	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	7.0	1.5	7.2	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
5	7.2	0.0	12.7	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)

Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)

Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)

Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)

Rg = coefficiente di rugosità

Rt = coefficiente di restituzione tangenziale

Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

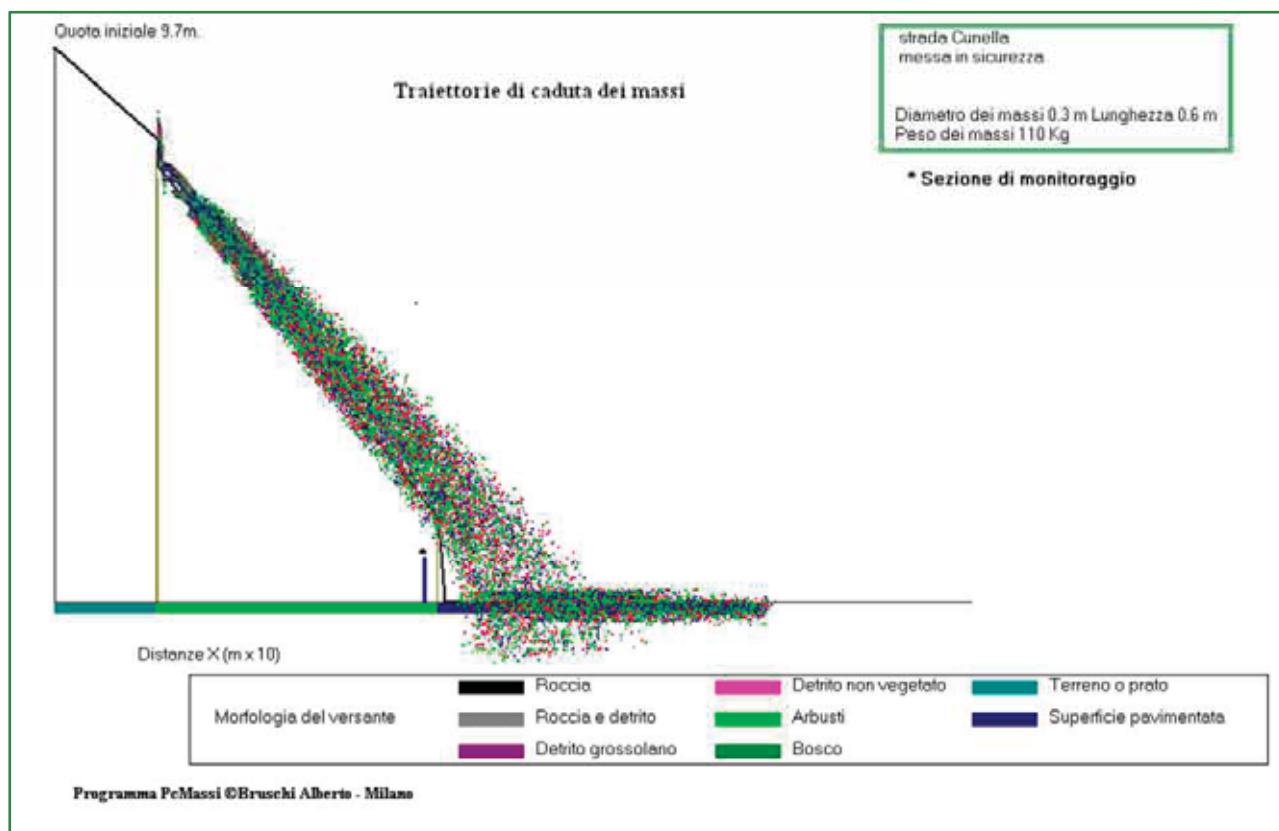
Masso di forma:	<b>cilindrica</b>
Diametro (m):	<b>0,3</b>
Lunghezza (m):	<b>0,6</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>110</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	8.1
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	7.6
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	6.8
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella lungo il muro di monte della strada	



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>624</b>

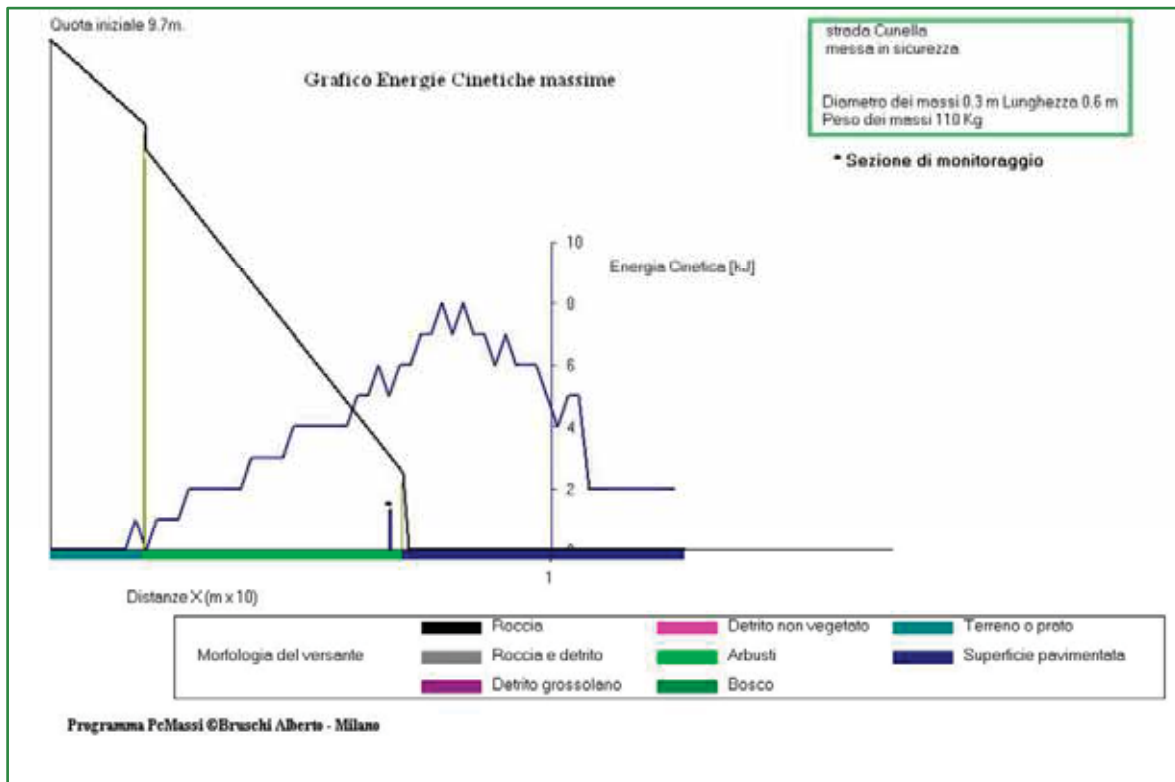
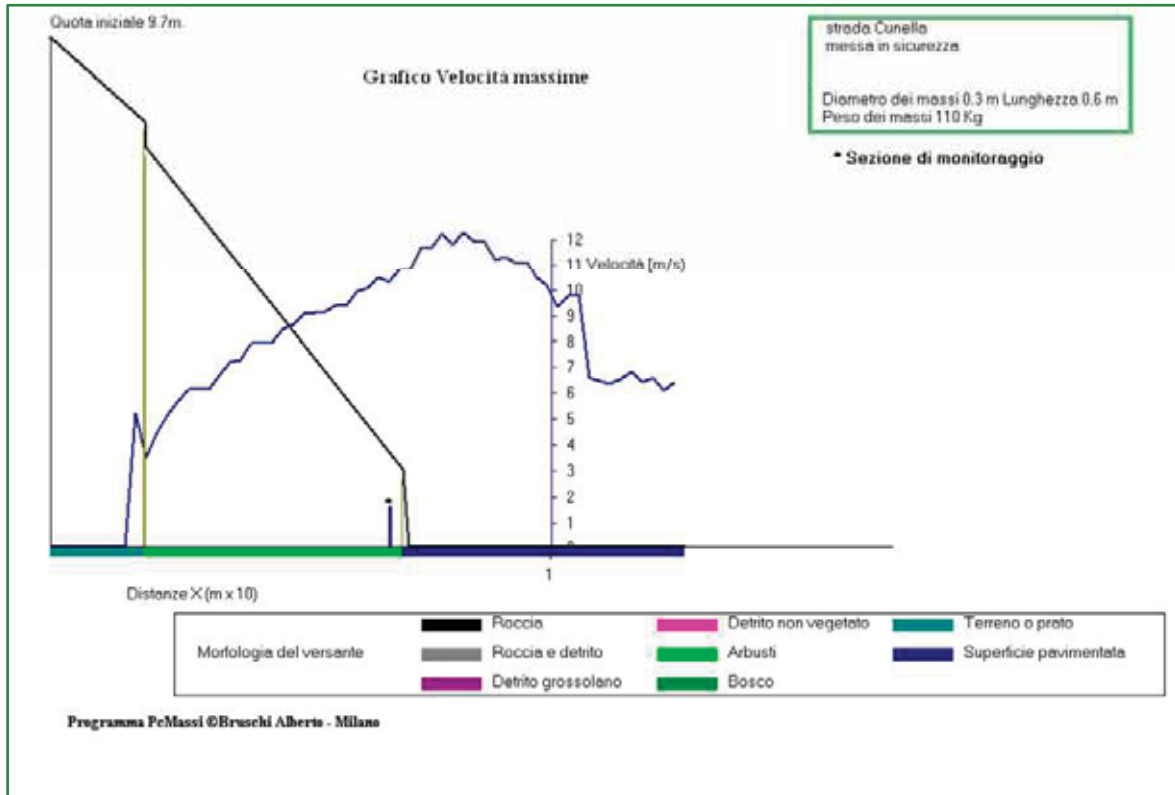
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	8.82	2.91	0.7
75	9.49	2.91	0.7
90	10.1	2.91	0.7
95	10.47	2.91	0.7
98	10.87	2.91	0.7

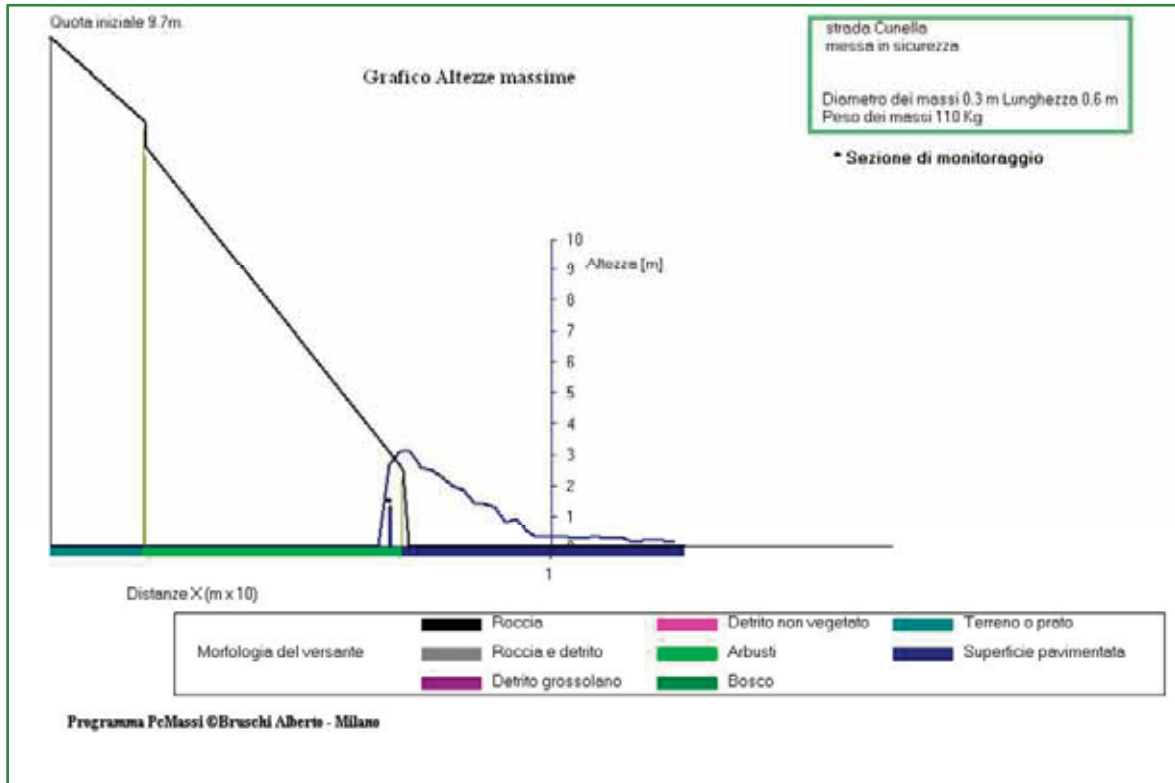
### Valori misurati delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	9.88	<b>5.73</b>	<b>1.9</b>
media	8.82	2.91	0.7
minima	0		
deviazione standard	1	0.0	0.0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

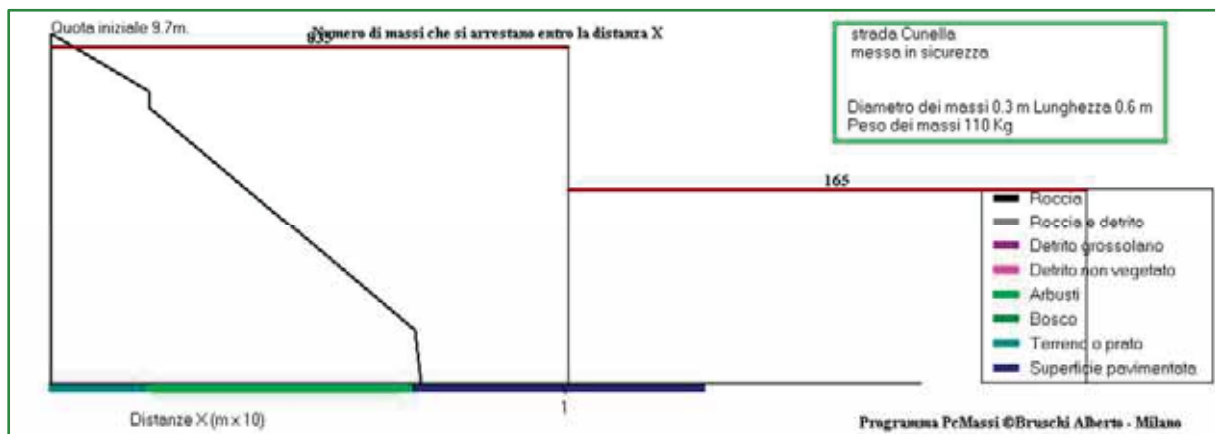


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	1.0	0.7	0.2	0.76	0.53
3	10.1	6.6	1.7	1.97	0.71
4	10.4	6.9	1.7	3.34	2.04
5	6.0	4.0	0.8	0.21	0.02





Studio Geoter  
di Santambrogio S.  
via G. Rossini, 2 – 24020 ARDESIO (Bergamo)  
0346 33663 [studio.geoter@virgilio.it](mailto:studio.geoter@virgilio.it)  
sede legale via G. da Velate n.2 - Milano

**Studio Associato Bertoni - Mattioli.**  
Via Nazionale n. 1 – 25040 BRAONE (BS)  
0364 433806 – [studioassociatobertonimattioli@virgilio.it](mailto:studioassociatobertonimattioli@virgilio.it)

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. H (MASSO DI DIMENSIONI MEDIE)**  
SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO STRADA  
COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 14 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	12.5	1.6	11.4	vegetato a bosco	0.70	0.60	0.28
2	1.6	11.4	2.2	5.4	roccia	0.03	0.90	0.40
3	2.2	5.4	3.2	3.7	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	3.2	3.7	7.7	1.1	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
5	7.7	1.1	7.8	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
6	7.8	0.0	13.3	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

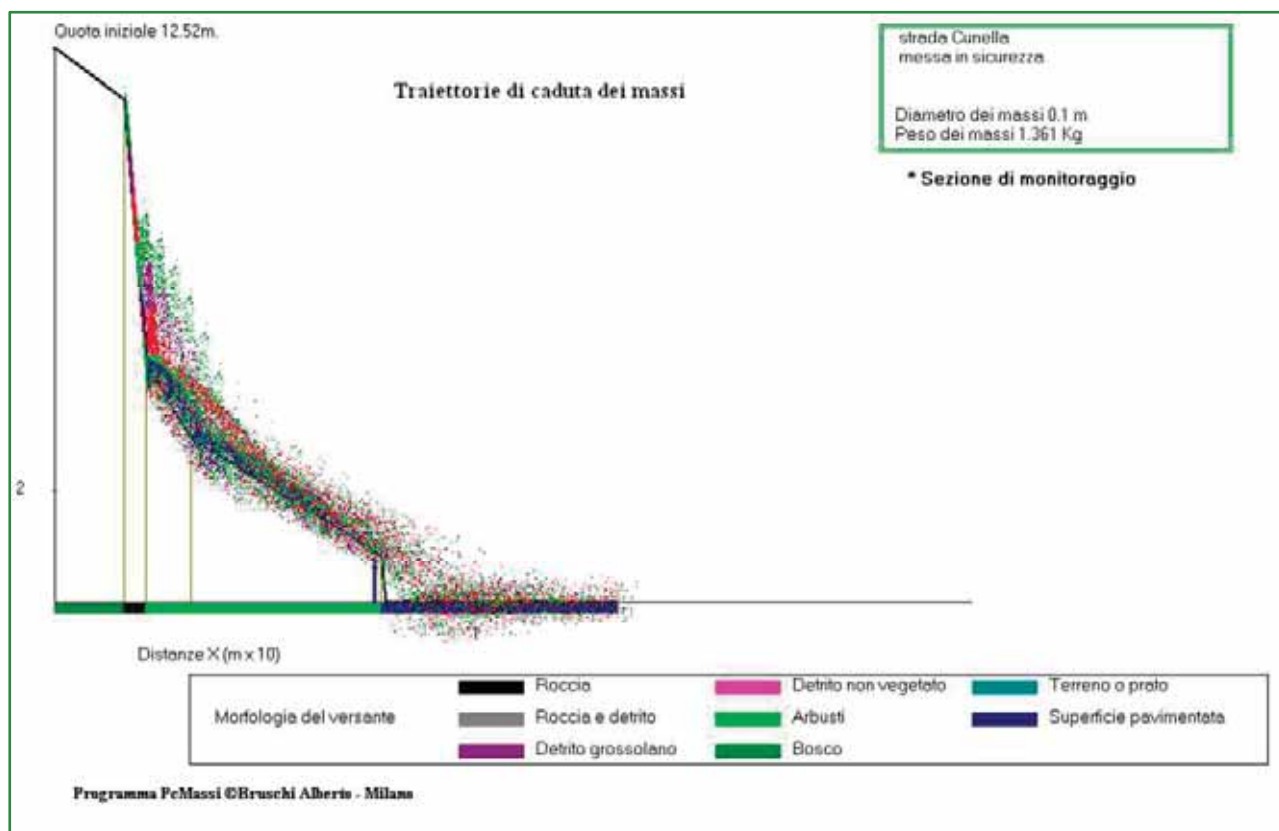
*Caratteristiche del masso tipo*

Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,1</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>1,361</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	11.4
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	6
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	7.6
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella lungo il muro di monte della strada	

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>282</b>

### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

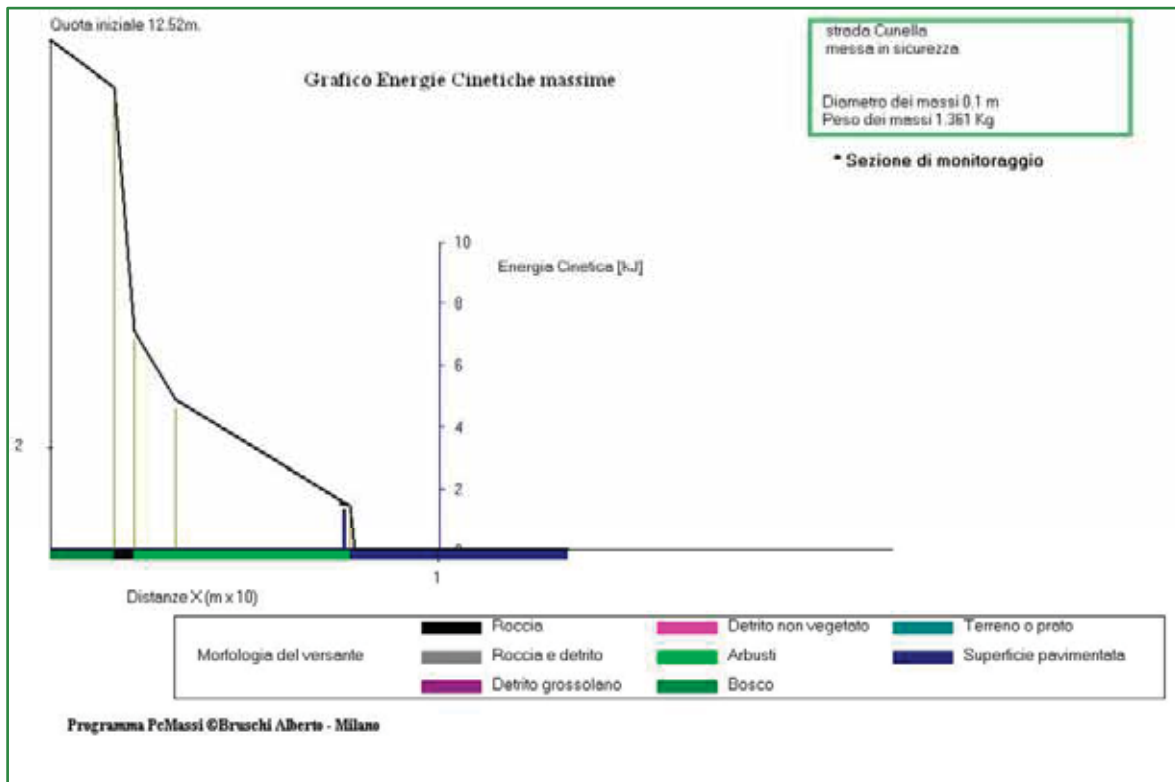
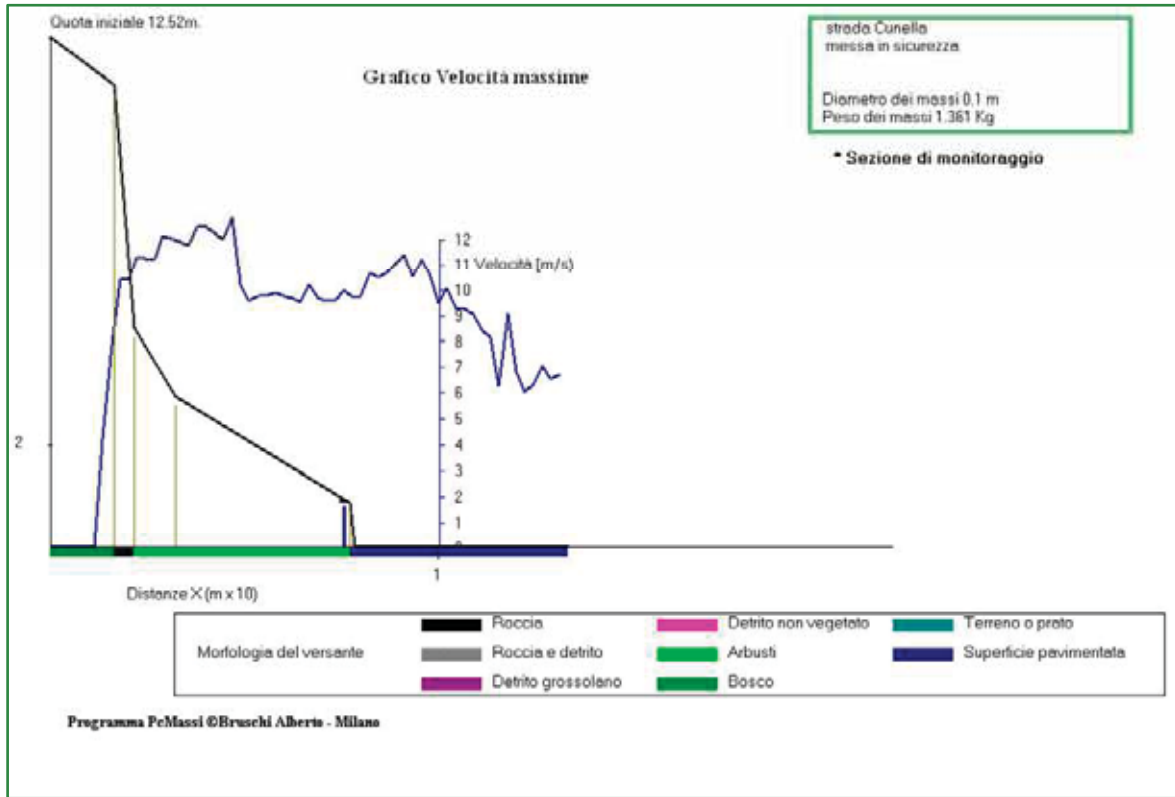
Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	5.51	0.0	0.39
75	6.8	0.0	0.59
90	7.95	0.05	0.77
95	8.64	0.06	0.88
98	9.42	0.07	1

### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

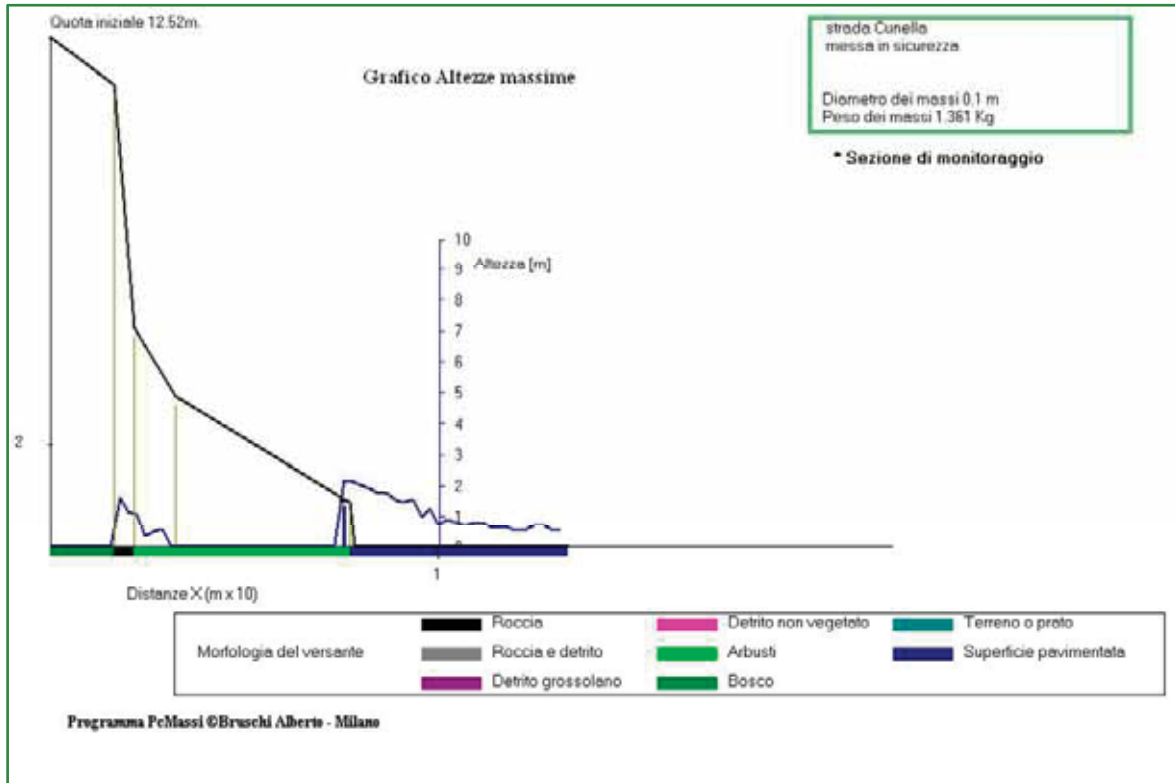
	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	9.74	<b>0.08</b>	<b>1.16</b>
media	5.51	0.03	0.39
minima	0.79		
deviazione standard	1.9	0.02	0.3



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
 Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
 A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

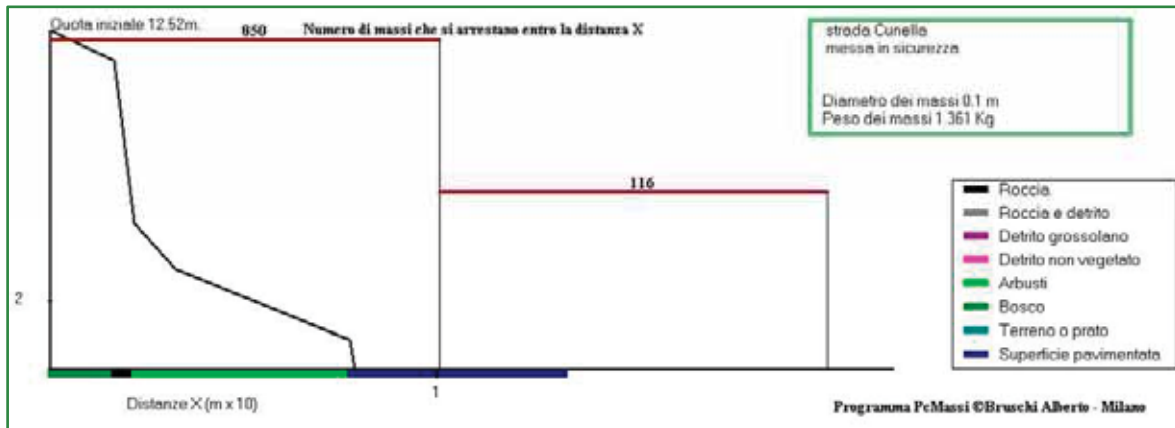


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	10.0	5.7	1.4	3.33	1.02
3	11.4	6.5	2.2	3.22	0.85
4	9.8	5.6	1.9	1.18	0.38
5	9.9	5.7	1.9	2.24	1.40
6	7.2	3.6	1.3	0.60	0.21



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. H (MASSO SFERICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO STRADA**  
**COORDINATE DEL PENDIO RIFERITE AL PIANO STRADALE**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: giovedì, 14 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	12.5	1.6	11.4	vegetato a bosco	0.70	0.60	0.28
2	1.6	11.4	2.2	5.4	roccia	0.03	0.90	0.40
3	2.2	5.4	3.2	3.7	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	3.2	3.7	7.7	1.1	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
5	7.7	1.1	7.8	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
6	7.8	0.0	13.3	0.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

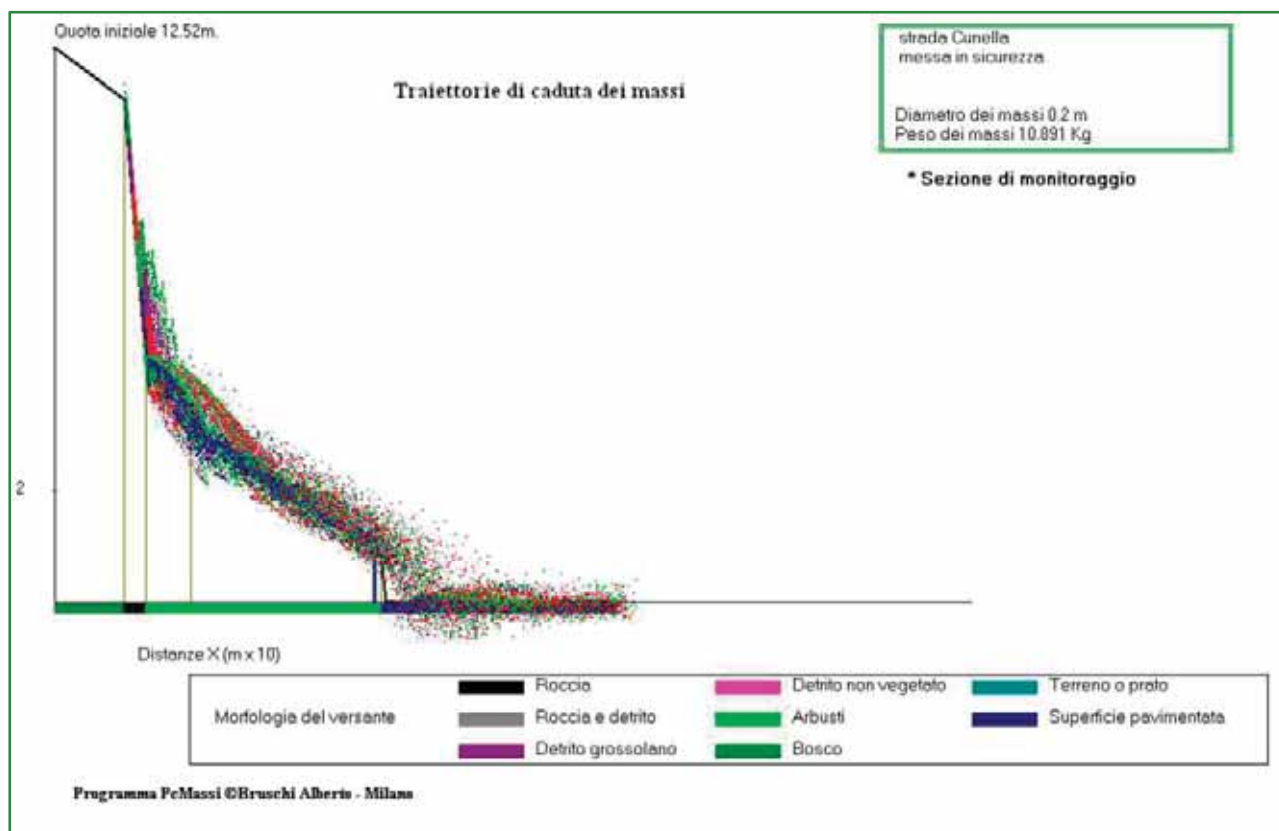
*Caratteristiche del masso tipo*

Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,2</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>10,891</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	11.4
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	6
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	7.6
* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella lungo il muro di monte della strada	

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>379</b>

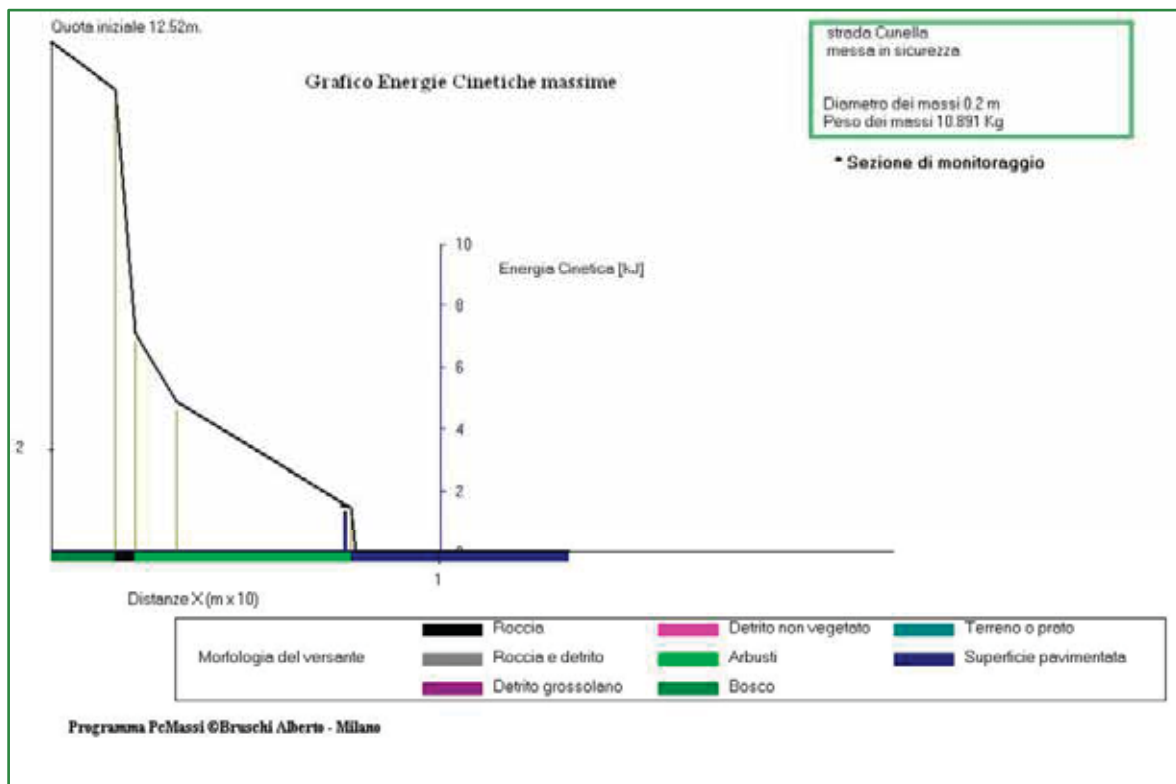
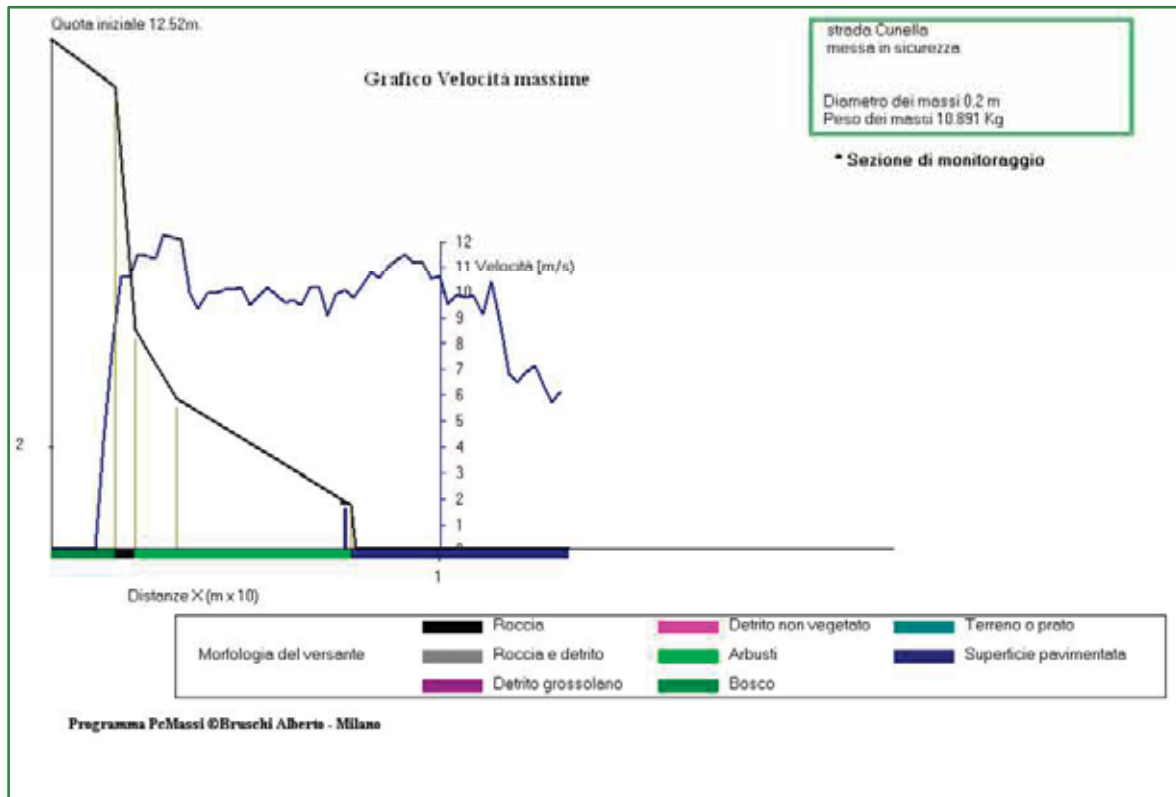
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	9.61	0.24	0.38
75	10.29	0	0.38
90	10.90	0.24	0.38
95	11.26	0.24	0.38
98	11.67	0.24	0.38

### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

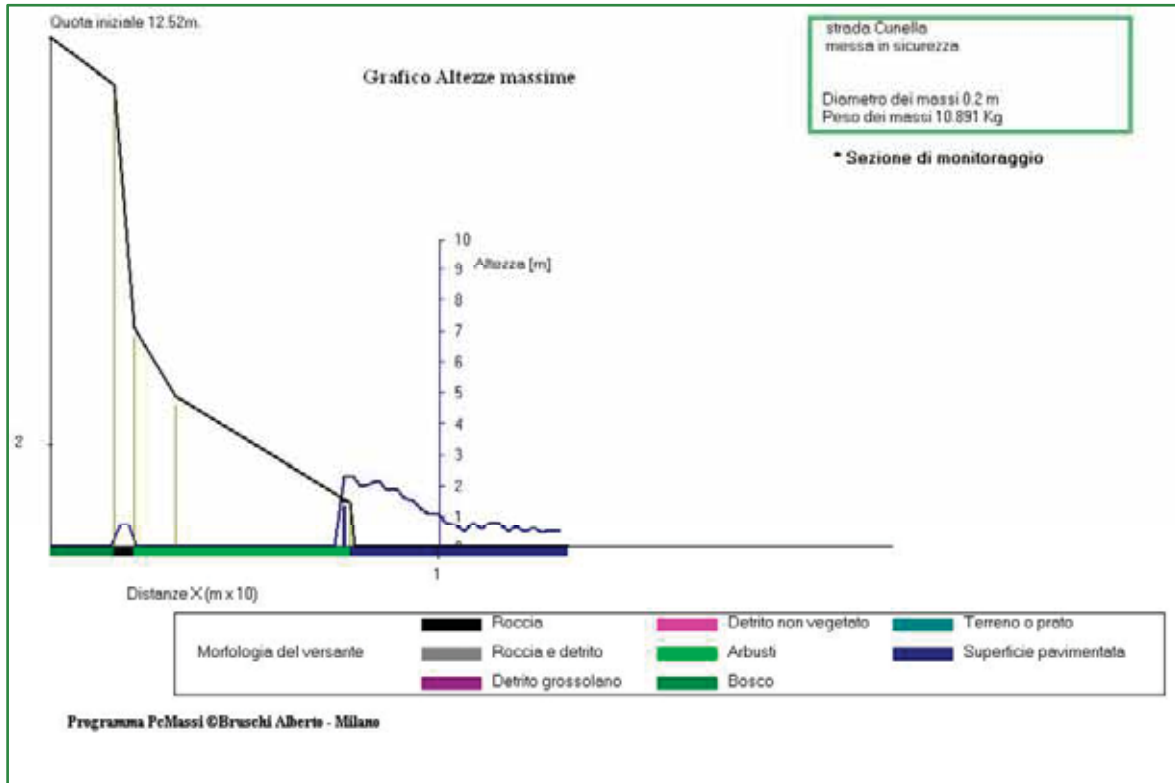
	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	9.80	<b>0.52</b>	<b>1.36</b>
media	9.61	0.18	0.38
minima	0.0		
deviazione standard	1.0	0.0	0.0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



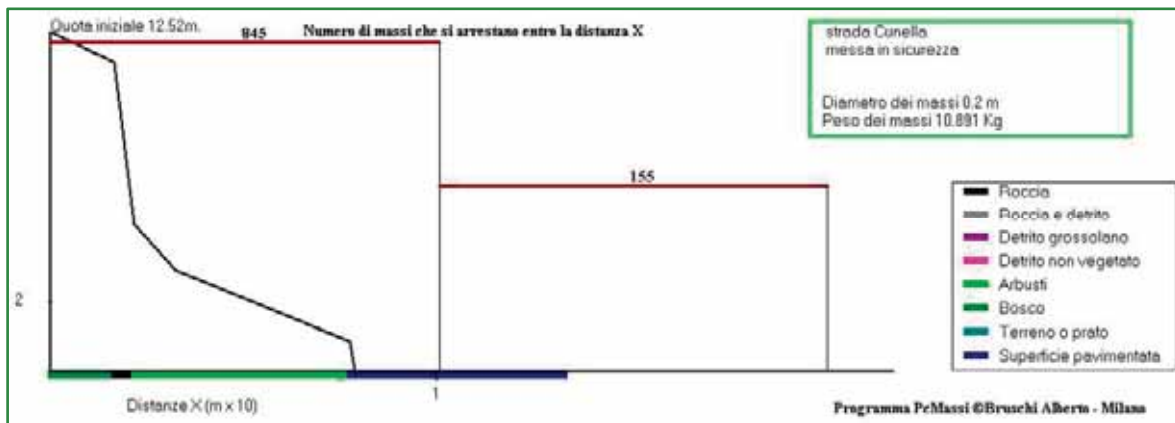


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	10.1	6.0	1.5	2.87	0.87
3	11.5	5.6	2.1	1.80	0.70
4	9.9	5.6	2.0	1.36	0.37
5	10.0	5.7	2.0	2.40	1.39
6	6.5	3.9	1.2	0.55	0.14



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

## ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI VERIFICA SEZ. I (MASSO DI DIMENSIONI MEDIE) SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO STRADA

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: 16 settembre 2022

### Coordinate del Pendio, Natura e Parametri

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	352.8	1.8	352.0	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.8	352.0	1.8	349.5	roccia	0.03	0.90	0.40
3	1.8	349.5	3.5	347.0	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	3.5	347.0	5.4	346.2	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
5	5.4	346.2	5.9	344.7	roccia	0.03	0.90	0.40
6	5.9	344.7	9.3	342.3	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
7	9.3	342.3	10.3	342.0	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
8	10.3	342.0	10.5	340.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
9	10.5	340.0	16.0	340.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)

Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)

Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)

Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)

Rg = coefficiente di rugosità

Rt = coefficiente di restituzione tangenziale

Rn = coefficiente di restituzione normale

### Caratteristiche del masso tipo

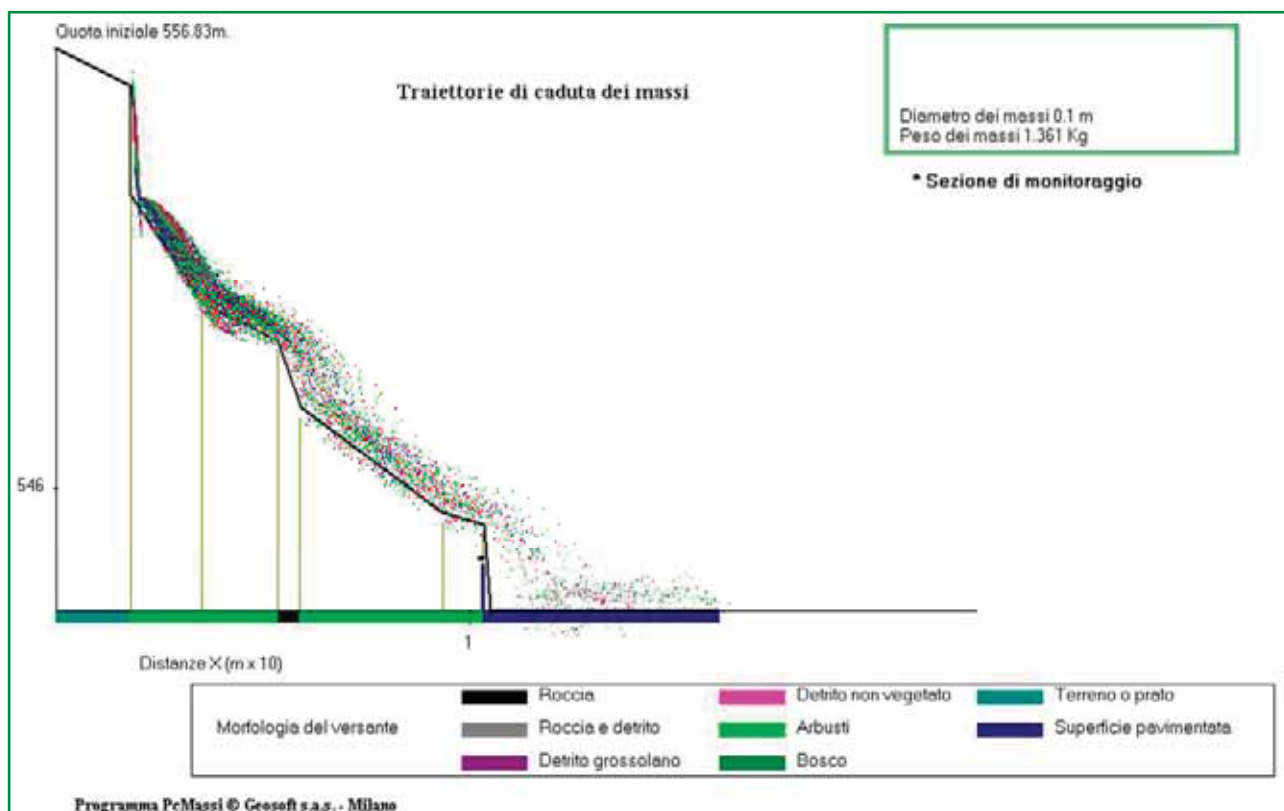
Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,1</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>1,361</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

### Parametri di calcolo

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	352.0
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	349.5
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	10.3

\* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>79</b>

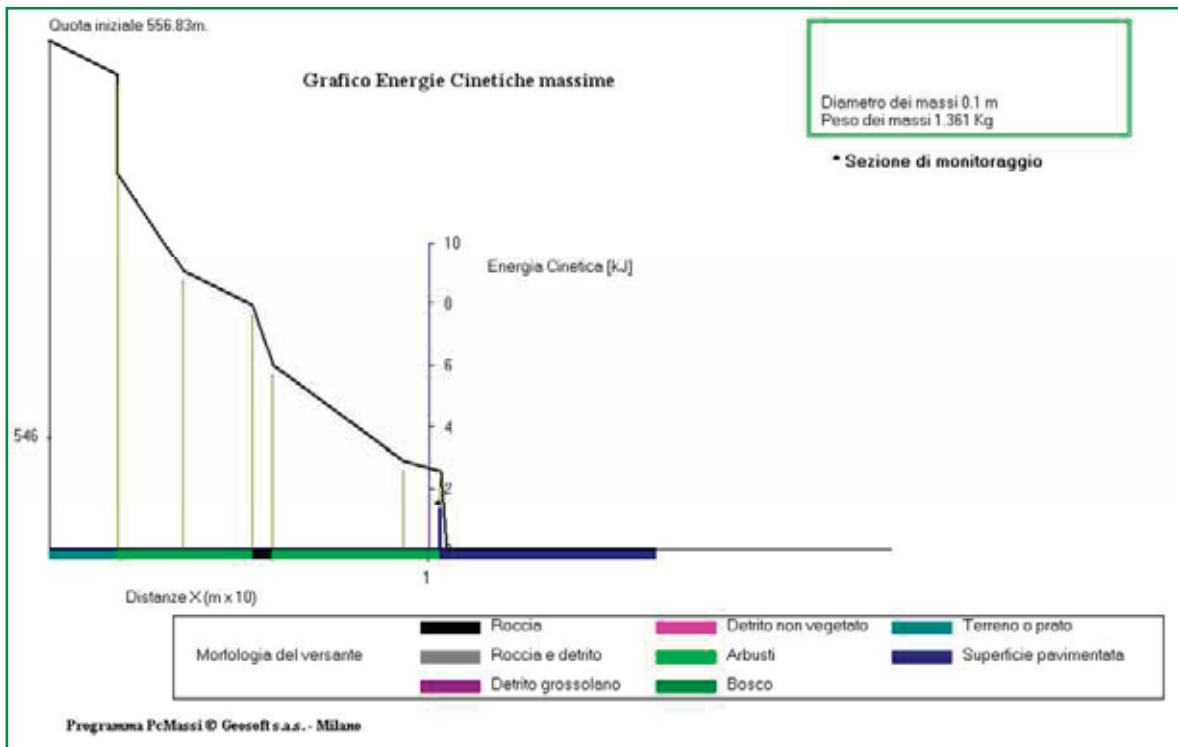
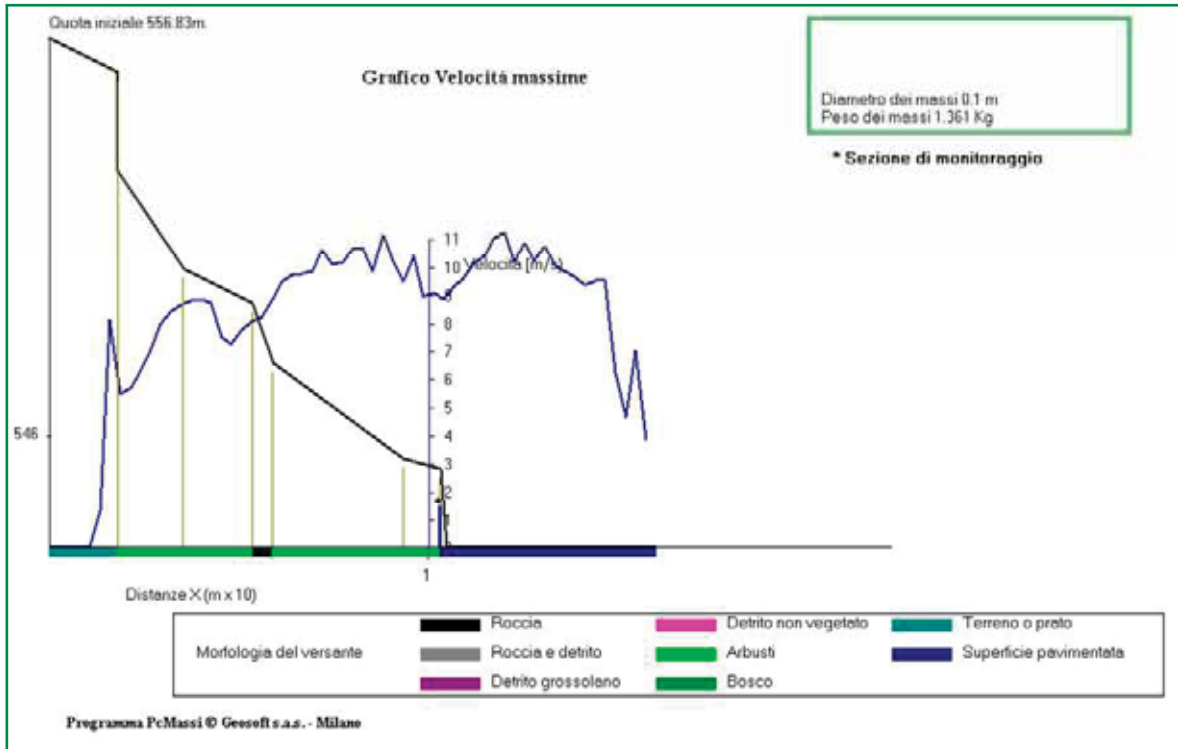
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	8.46	0.03	0.24
75	9.13	0	0.24
90	9.74	0.03	0.24
95	10.1	0.03	0.24
98	10.51	0.03	0.24

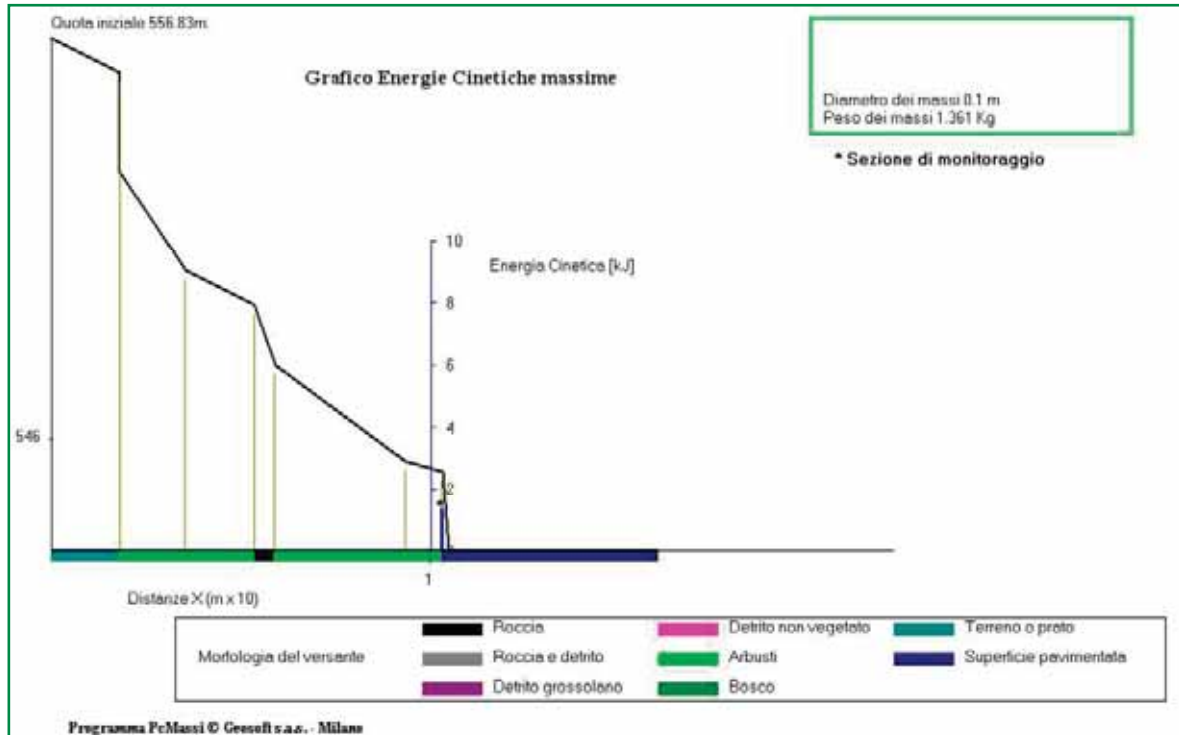
### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	8.81	<b>0.06</b>	<b>1.02</b>
media	8.46	0.03	0.24
minima	0		
deviazione standard	1	0	0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
 Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
 A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

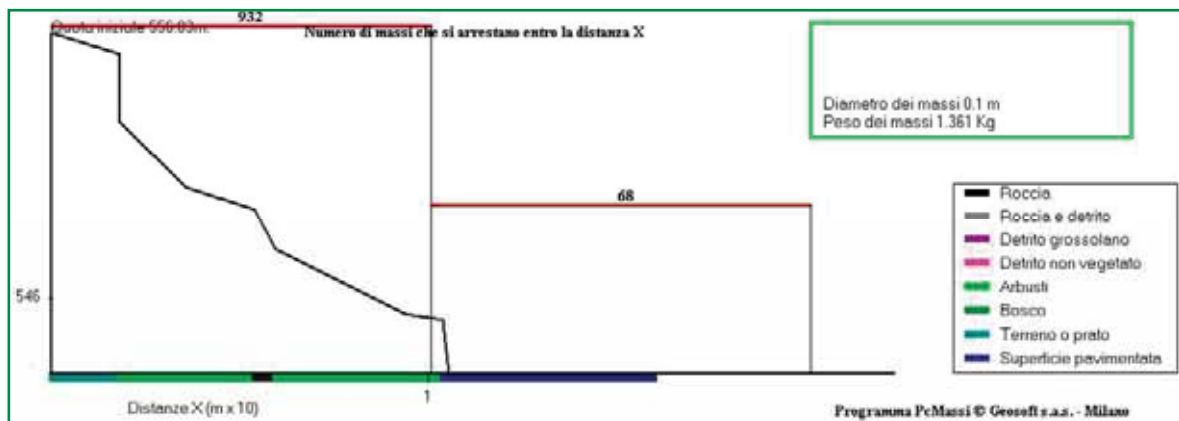


COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	nessun masso				
3	8.0	5.4	1.6	1.00	0.42
4	7.4	4.4	1.3	0.63	0.17
5	8.3	5.5	1.2	1.85	1.12
6	8.9	5.7	1.8	1.16	0.38
7	8.5	5.1	2.1	1.02	0.24
8	8.7	5.2	2.1	2.89	2.16
9	6.3	3.5	1.6	0.51	0.14







Studio Geoter  
di Santambrogio S.  
via G. Rossini, 2 – 24020 ARDESIO (Bergamo)  
0346 33663 [studio.geoter@virgilio.it](mailto:studio.geoter@virgilio.it)  
sede legale via G. da Velate n.2 - Milano

**Studio Associato Bertoni - Mattioli.**  
Via Nazionale n. 1 – 25040 BRAONE (BS)  
0364 433806 – [studioassociatobertonimattioli@virgilio.it](mailto:studioassociatobertonimattioli@virgilio.it)

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI

**ANALISI DELLA TRAIETTORIA DI CADUTA DI MASSI**  
**VERIFICA SEZ. I (MASSO SFERICO DI DIMENSIONI MASSIME)**  
**SEZIONE DI MONITORAGGIO SOMMITÀ MURO STRADA**

Programma PcMassi ver. 3.01  
Copyright © GEOSOFT s.a.s. - Milano  
Committente: Comune di Villa d'Ogna  
Località: Strada Cunella  
Lavoro: Messa in sicurezza progetto esecutivo  
Data: 16 settembre 2022

*Coordinate del Pendio, Natura e Parametri*

Segmento n.	Xi	Yi	Xf	Yf	Natura	Rg	Rt	Rn
1	0.0	352.8	1.8	352.0	terreno o prato	0.20	0.55	0.25
2	1.8	352.0	1.8	349.5	roccia	0.03	0.90	0.40
3	1.8	349.5	3.5	347.0	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
4	3.5	347.0	5.4	346.2	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
5	5.4	346.2	5.9	344.7	roccia	0.03	0.90	0.40
6	5.9	344.7	9.3	342.3	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
7	9.3	342.3	10.3	342.0	vegetato ad arbusti	0.50	0.70	0.30
8	10.3	342.0	10.5	340.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40
9	10.5	340.0	16.0	340.0	superficie pavimentata	0.05	0.90	0.40

Legenda:

Xi = coordinata iniziale del segmento (ascissa)      Xf = coordinata finale del segmento (ascissa)  
Yi = coordinata iniziale del segmento (ordinata)      Yf = coordinata finale del segmento (ordinata)  
Rg = coefficiente di rugosità      Rt = coefficiente di restituzione tangenziale      Rn = coefficiente di restituzione normale

*Caratteristiche del masso tipo*

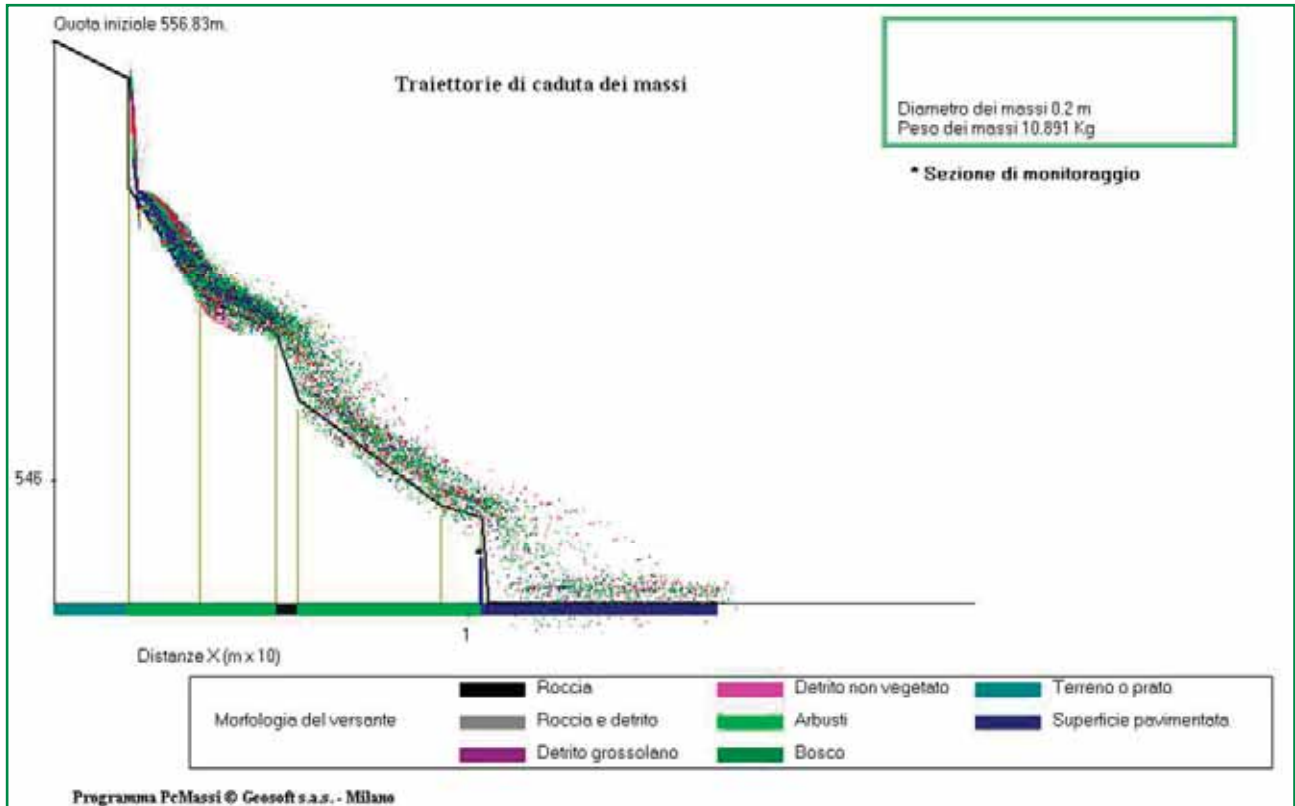
Masso di forma:	<b>sferica</b>
Diametro (m):	<b>0,2</b>
Peso dei massi (Kg):	<b>10,891</b>
Densità della roccia (Kg/m <sup>3</sup> ):	<b>2600</b>

*Parametri di calcolo*

Coordinata Y massima della zona di alimentazione cadute (m)	352.0
Coordinata Y minima della zona di alimentazione cadute (m):	349.5
Velocità iniziale dei massi in X (m/s)	0.3
Velocità iniziale dei massi in Y (m/s)	-0.3
Numero totale delle traiettorie dei massi simulate	1000
Coordinata X della sezione di monitoraggio (m) *	10.3

\* N.B.: la sezione di monitoraggio è stata ubicata in funzione delle opere di difesa passiva a protezione della strada Cunella

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



### Statistiche alla Sezione di Monitoraggio

Numero totale dei massi lanciati	1000
Numero totale di massi che hanno superato la sezione	<b>94</b>

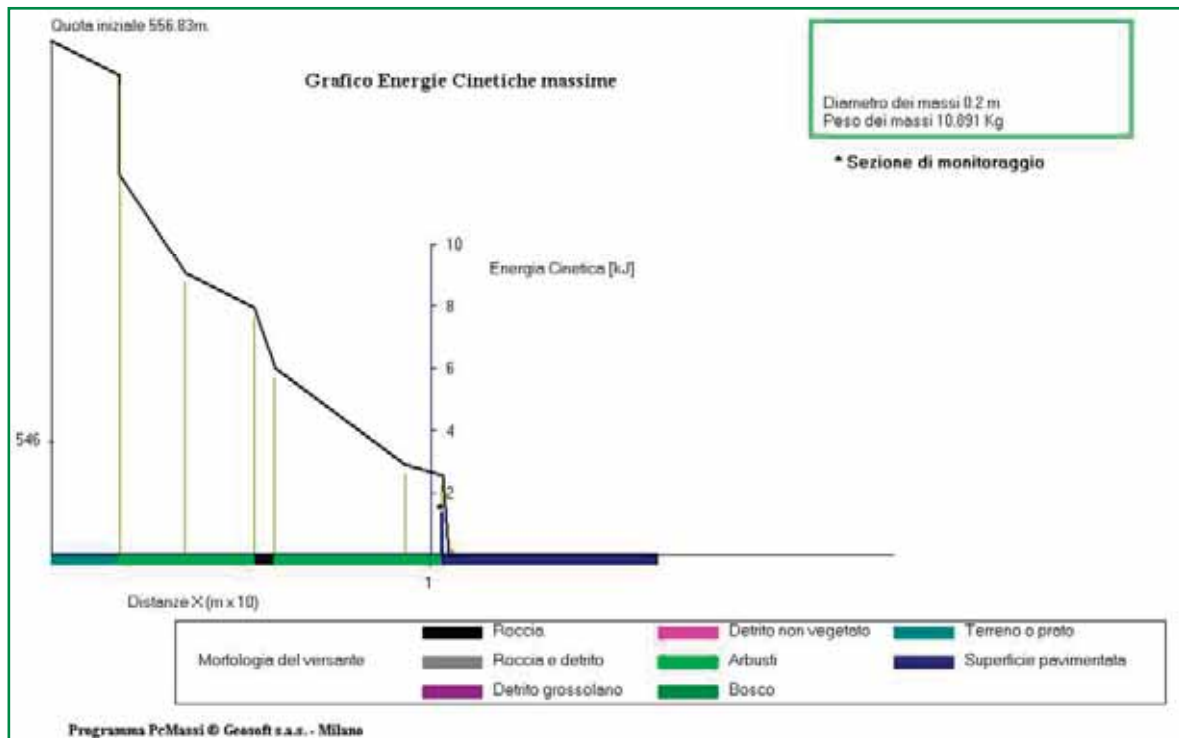
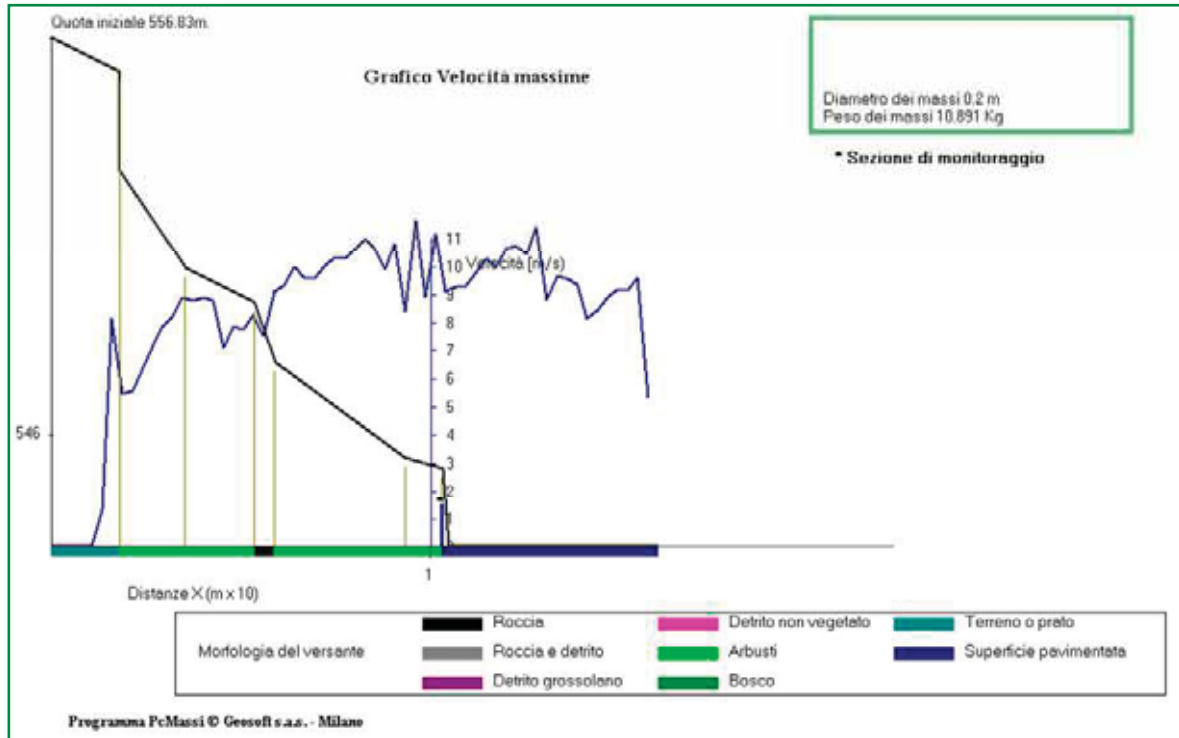
### Analisi Statistiche sui massi che hanno superato la sezione

Probabilità cumulata (%)	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezza rimbalzi (m)
50	8.63	0.0	0.21
75	9.31	0.0	0.21
90	9.91	0.18	0.21
95	10.28	0.18	0.21
98	10.69	0.18	0.21

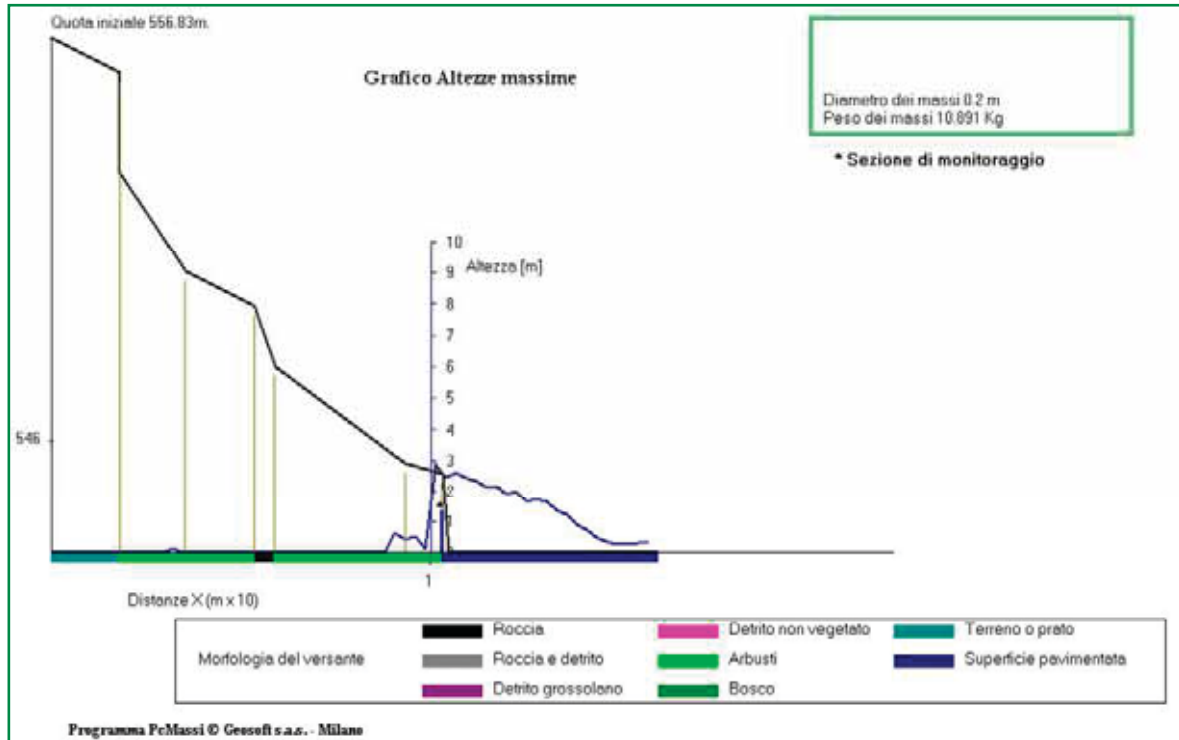
### Valori caratteristici delle velocità, dell'energia cinetica e delle altezze dei rimbalzi

	Velocità (m/sec)	Energia cinetica (kJ)	Altezze rimbalzi (m)
massima	12.05	<b>0.52</b>	<b>0.95</b>
media	8.63	0.18	0.2
minima	0		
deviazione standard	1	0	0

COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



COMUNE DI VILLA D'OGNA - Progetto Esecutivo 2023  
Lavori di "difesa del suolo per messa in sicurezza della strada Cunella (via Colleoni)"  
A2 Relazione Geologica – VERIFICHE ANALITICHE DI CADUTA MASSI



*Dati relativi ad ogni segmento*

Segmento	Velocità massima (m/s)	Velocità media (m/s)	Deviazione standard	H Rimbalzo massimo (m)	H Rimbalzo medio (m)
1	nessun masso				
2	nessun masso				
3	8.1	5.2	1.7	1.02	0.40
4	7.3	4.2	1.3	0.91	0.16
5	8.4	5.4	1.1	2.06	1.08
6	10.6	5.5	2.0	1.09	0.37
7	8.6	4.6	2.0	0.95	0.20
8	8.8	4.9	2.0	2.88	2.09
9	5.4	3.5	1.2	0.31	0.14

