



# AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DELL'AQUILA

**INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO FRANA DELLA S.P.13 MORRONESE TRA LA  
PROGRESSIVA KILOMETRICA 0+400 E LA PROGRESSIVA KILOMETRICA 3+000 IN  
DIREZIONE PACENTRO (AQ) MEDIANTE LA REALIZZAZIONE DI BARRIERE PARAMASSI**

LIVELLO PROGETTUALE

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

ELABORATO / SCALA

RELAZIONE GENERALE - TECNICO  
ILLUSTRATIVA

revisione Febbraio 2019

01\_EG

COMMITTENTE

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DELL'AQUILA  
Viabilità

RUP

Ing. Monica Cirasa

PROGETTISTA

Ing. Andrea Bagagli

TIMBRO E FIRMA



CODICE PROGETTO  
14\_09

DATA  
Febbraio 2019

REVISIONE  
1.1

REDATTO

APPROVATO



**Bagagli Ingegneria**

Via Terra Vergine n°15 65129 Pescara  
Fisso : 085.9431183 Mobile: 327.1439947  
e-mail : bagagli.ingegneria@gmail.com



## SOMMARIO

### PREMESSA

PREMESSA.....	1
A) BARRIERE PARAMASSI DELLA SP13 MORRONESE .....	3
A) 1-LINEAMENTI DI MORFOLOGIA E GEOLOGIA DEI LUOGHI.....	3
A) 2-PRINCIPALI VINCOLI TERRITORIALI .....	6
A) 2.1-CARTOGRAFIA PAI .....	6
A) 2-2- CATEGORIA SISMICA DEL SUOLO ED AUTORIZZAZIONE SISMICA EX L.R. 28/2011 .....	12
A) 2.3- AUTORIZZAZIONE IDRAULICA DI CUI AL R.D. 523/1904 ED AL R.D. 1775/1933 .....	13
A) 2.4- VINCOLO IDROGEOLOGICO, ISTITUITO CON IL REGIO DECRETO-LEGGE 30 DICEMBRE 1923, N. 3267.....	14
A) 3-RILEVAMENTI GEOMECCANICI E CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI.....	16
A.4) SIMULAZIONI MODELLISTICHE PER LA DETERMINAZIONE DELLE AREE DI DISTACCO .....	22
A 4.1) - FORMA DEI BLOCCHI .....	25
A.4 2)-RIMBALZI SULLA SUPERFICIE.....	25
A.5)-BARRIERE PARAMASSI A RETE .....	29
A.5).1- BARRIERE PARAMASSI ELASTICHE.....	30
A.5).2-LE LINEE GUIDA ETAG .....	34
A.5).3-CERTIFICAZIONE DELLE BARRIERE PARAMASSI .....	36
A.6)-CODICE ROCFALL .....	41
A.7) CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE BARRIERE PARAMASSI DA INSTALLARE.....	57
A.7.1) CARATTERISTICHE DEI MATERIALI - DIMENSIONAMENTI.....	59
-A.7.1.1.) Normative Tecniche sui Materiali Impiegati.....	59
- A.7.1.2.) Dimensionamenti.....	60
B) ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI .....	64

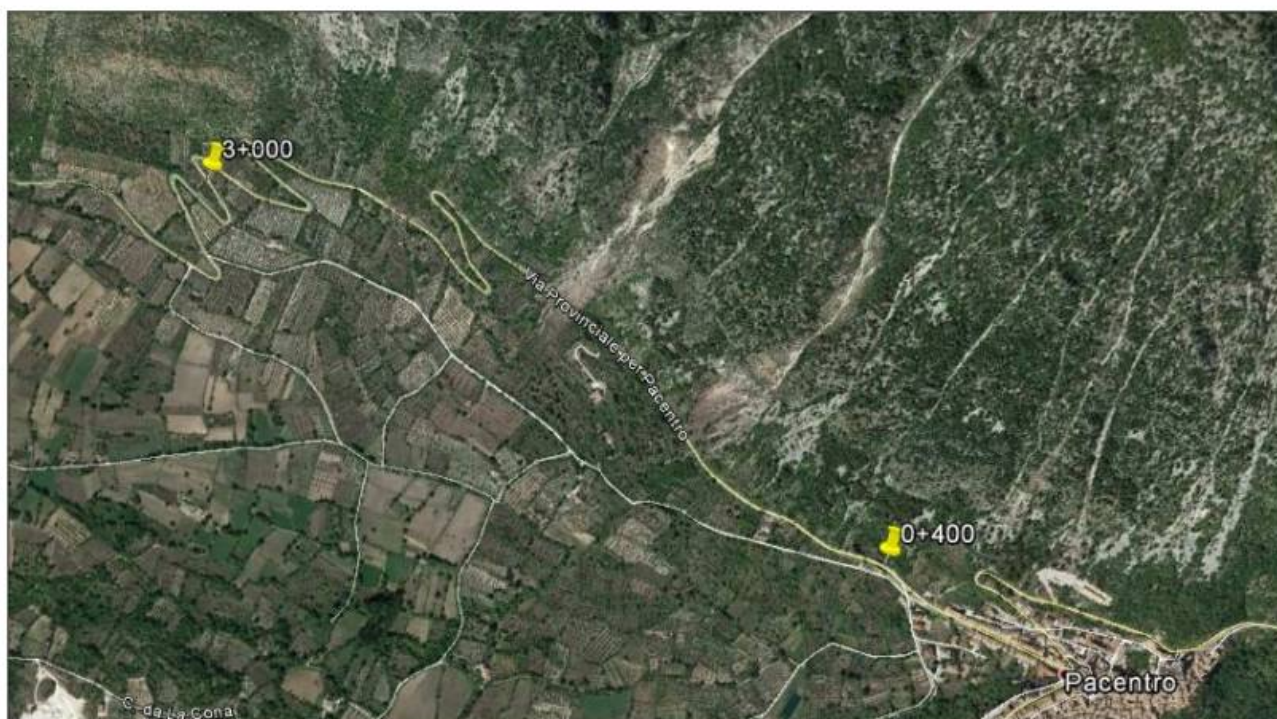
B.1- CALCOLO ESTIMATIVO GIUSTIFICATIVO DELLA SPESA .....	64
B.2-FORMA DELL'APPALTO E DEL CONTRATTO - CRITERIO DI AGGIUDICAZIONE .....	65
B.3-CATEGORIE DI LAVORO .....	66
B.4-DISCIPLINA DEI PAGAMENTI .....	69
B.5-SUBAPPALTO.....	70
B.6- TEMPISTICA E PENALI .....	71
B.7- QUADRO ECONOMICO .....	72

## PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Prov.le dell'Aquila di cui alla Determinazione n.270 del 28 dicembre 2017 del Settore Viabilità, Logistica e Protezione Civile, è stata redatta la seguente progettazione definitiva -esecutiva attinente l'esecuzione delle opere d'arte nel seguito descritte.

### A) BARRIERE PARAMASSI DELLA SP13 MORRONESE

necessarie per gli interventi di mitigazione del rischio frana da crollo per il **tratto stradale della SP 13 Morrone** compreso tra la progressiva chilometrica 0 + 400 e la progressiva chilometrica 3 + 000 in direzione Pacentro (AQ) con ripristino ed integrazione funzionale delle barriere di protezione a monte della stessa e della strada danneggiata da slavina.



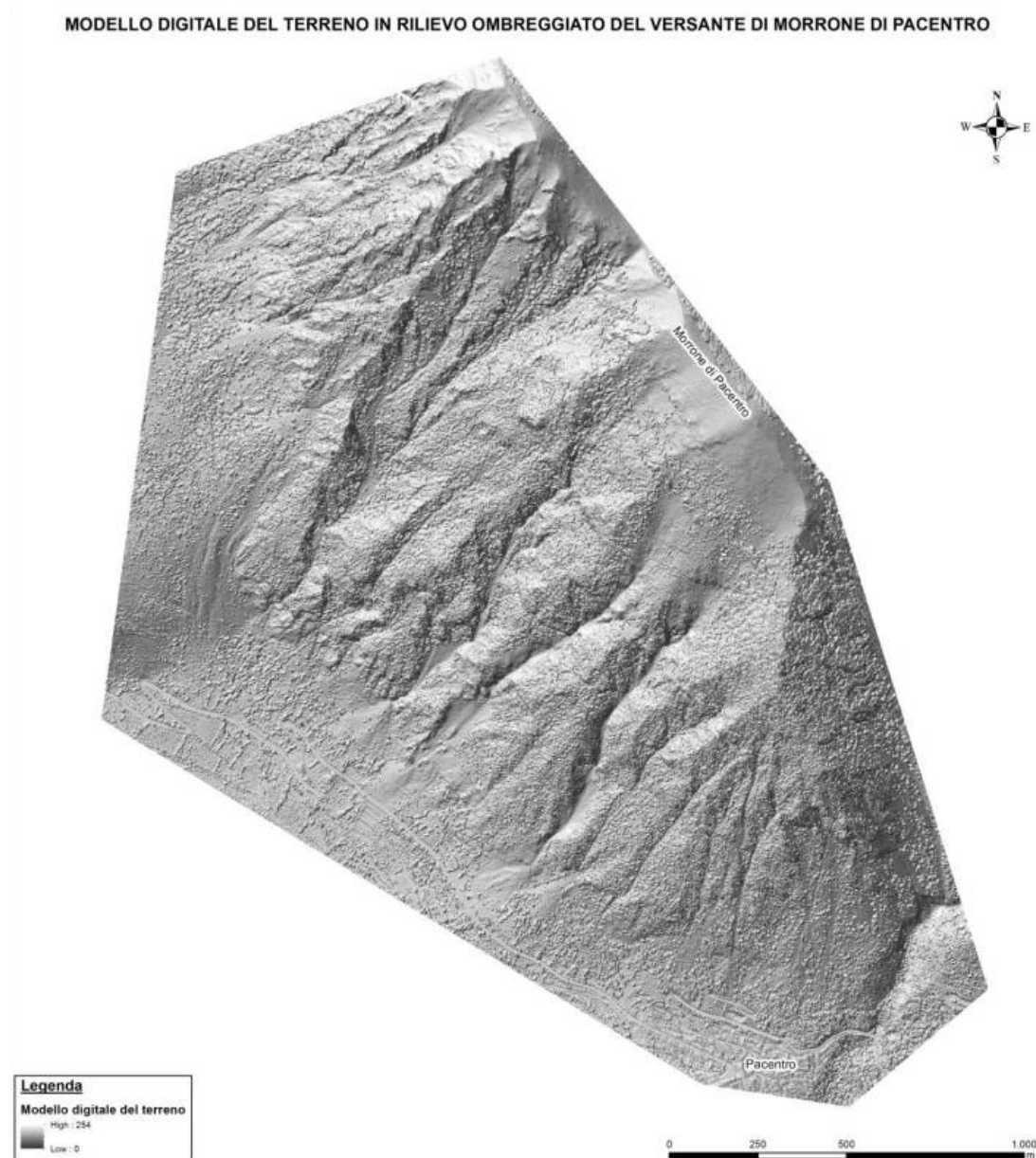
SP13 Morrone per Pacentro

#### A) 1-LINEAMENTI DI MORFOLOGIA E GEOLOGIA DEI LUOGHI

Morfologicamente l'area in esame si colloca nel settore occidentale dell'abitato di Pacentro, il quale sorge alla base delle Balze del Morrone di Pacentro, sui depositi di conoide alluvionale a loro volta gravanti in netta discordanza sui sedimenti di Paleofrana dello stesso paese.

Il carattere strutturale prevalente è costituito dalla elevata acclività del versante della dorsale carbonatica delle Montagne del Morrone, la quale è raccordata al bacino della Piana di Sulmona, caratterizzato da una forma

pianeggiante con terreni di origine fluvio-lacustre nonchè da una struttura a media pendenza, costituita dai terreni della conoide alluvionale di Pacentro.

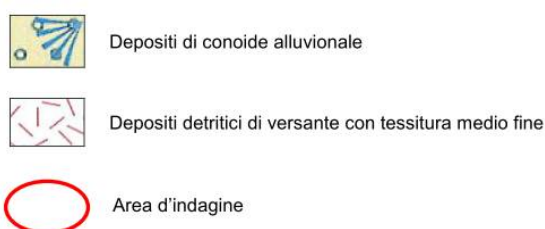
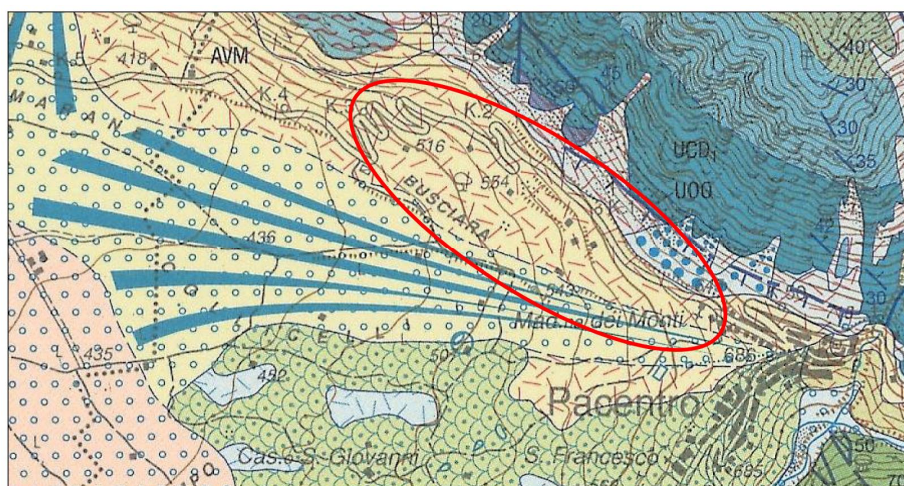


Dalla relazione geologica del Geol. Dott. Marco Salvatore Fiocco, posta a corredo della presente progettazione, si evidenzia che la natura calcarea dei litotipi costituenti il versante carbonatico, associata alla forte acclività del pendio e ai processi di fessurazione di natura carsica, alimentati inoltre dall'elevata fratturazione di origine tettonica, danno origine a fenomeni di **frane di crollo**, con conseguenti ampie zone di accumulo di materiale detritico con blocchi di grosse dimensioni.

L'area del presente lavoro si colloca nel settore sud-occidentale della dorsale delle Montagne del Morrone a una quota topografica compresa mediamente tra 650-500 m s.l.m.. Il drenaggio superficiale è garantito da impluvi



naturali che, dopo aver percorso un breve tragitto, si infiltrano nel terreno andando ad alimentare la falda della valle Peligna.



Stralcio Carta geologica d'Italia Fg.369-Sulmona

Quanto poi all'assetto tettonico di questo settore esterno dell'Appennino centrale, esso è il risultato di una tettonica polifasica, in cui si sono succedute dapprima fasi compressive e poi distensive.

Alla fine del Pleistocene inferiore, si è avuto un repentino aumento del sollevamento regionale, che ha provocato un approfondimento generale dell'erosione e un probabile incremento dell'attività della tettonica distensiva che, in corrispondenza delle faglie bordiere delle depressioni, ha intensificato la sedimentazione nei bacini lacustri. Le analisi di carattere geologico tecnico, condotte nell'ambito dello studio geologico commissionato dalla Provincia dell'Aquila, hanno evidenziato che l'area oggetto del presente progetto, è fundamentalmente interessata **da due tipologie di dissesto diversificate**, ossia da:

- valaghe e
- caduta massi

ciascuna delle quali ha proprie peculiarità e caratteristiche dinamiche ai fini della incidenza che esse inducono nella formazione del dissesto idrogeologico dei luoghi e *quindi nella scelta del tipo di opere da realizzare.*

## A) 2-PRINCIPALI VINCOLI TERRITORIALI

### A) 2.1-CARTOGRAFIA PAI

La conferma della situazione di rischio della zona territoriale oggetto della presente progettazione si ha dall'analisi della carta geomorfologica del PAI dalla quale si evince che l'area in esame è a **pericolosità geomorfologica molto elevata (P3)**. A tal proposito, la carta geomorfologica riportata nella tavola EG02, cui si rimanda, riporta l'intera perimetrazione sottoposta a forme, processi e depositi gravitativi di versante con corpi di frana di scorrimento con stati attivi nonché i principali vincoli territoriali che comportano l'istruttoria preventiva al fine dell'ottenimento delle autorizzazioni o dei pareri di rito..

Ai sensi e per gli effetti dell'articolo 17 comma 6 della L. 183/89 e, in particolare, degli articoli 5 comma 1 lettera b) e 24 della legge della Regione Abruzzo n. 81/1998 nonché dell'articolo 6 commi 4-5-6 della legge della Regione Abruzzo n. 18/1983 e successive modificazioni, il **PAI** ( Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici di rilievo regionale abruzzesi e del bacino interregionale del fiume Sangro "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi") approvato dal Consiglio regionale prevale:

a)sulle previsioni dei piani territoriali provinciali;

b)sulle previsioni degli strumenti urbanistici generali ed attuativi e dei regolamenti edilizi comunali, nonché sulle previsioni dei documenti unitari di pianificazione d'area di cui all'articolo 11 della legge della Regione Abruzzo n. 70/1995;

c)sulle previsioni dei piani di sviluppo socio-economico e sui piani urbanistici delle Comunità montane e sui piani territoriali delle aree e nuclei di sviluppo industriale.

Secondo quanto previsto dall'articolo 6 comma 7 della L.R. 18/83 e successive modificazioni, nei casi di cui alla precedente elencazione, le prescrizioni del Piano per l'uso del territorio e la regolamentazione delle attività consentite nelle aree di pericolosità idrogeologica, in quanto direttamente vincolanti, sostituiscono a tutti gli effetti quelle dei Piani ivi indicati.

**Nelle aree di pericolosità molto elevata ed elevata** i progetti per nuovi interventi, opere ed attività devono essere corredati, di norma, da apposito *Studio di compatibilità idrogeologica* presentato dal Soggetto proponente l'intervento e sottoposto all'approvazione dell'Autorità di bacino competente.



**Si ritiene pertanto che il parere prevalente all'esecuzione delle presenti opere sia quello eventualmente da richiedere all'Autorità di Bacino regionale- Servizio Difesa e Tutela del Suolo- in base alle NTA del PAI CAPO II-art.14.**

L'intervento con barriere paramassi è senz'altro consentito. Infatti nelle aree a pericolosità molto elevata sono ammesse esclusivamente:

- a) opere ed interventi finalizzati alla mitigazione del rischio e della pericolosità gravitativa ed erosiva;
- b) opere urgenti realizzate dalle autorità di Protezione Civile o dalle autorità competenti, per la tutela di persone, beni ed attività in condizioni di rischio imminente;
- c) attività di manutenzione delle opere di consolidamento e di risanamento idrogeologico esistenti;
- d) interventi di ricostruzione e di riqualificazione del patrimonio naturale ed ambientale.
- e) le opere strettamente necessarie alle attività di sfruttamento minerario ed idrogeologico di corpi rocciosi nel rispetto della normativa vigente.

*Lo studio di compatibilità idrogeologica, di cui all'Allegato E alle norme tecniche di attuazione del PAI, non è però richiesto per gli interventi di cui al comma 1 lettere a), b), c) e d) dell' articolo 14; è invece richiesto per gli interventi di cui al comma 1 lettera e) del citato articolo.*

**Il tracciato stradale della SP13 attraversa dunque una area caratterizzata dalla presenza di fenomeni di crollo in roccia con stato di attività classificato come "attivo".**

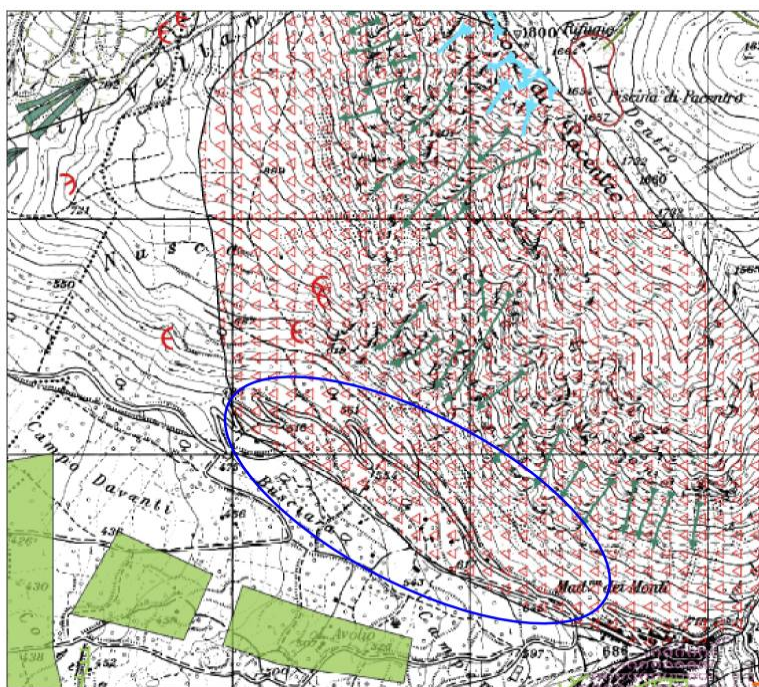
I crolli sono notoriamente fenomeni franosi tipici delle formazioni rocciose lapidee, specialmente fratturate. Il termine crollo si riferisce ad una massa (di dimensioni qualsiasi) che si stacca da un versante molto acclive, fino ad essere aggettante, lungo una superficie su cui non avviene in pratica nessuno spostamento di taglio, e che successivamente si muove per caduta libera, rotolamento e rimbalzando.

La caduta massi è un tipico problema dovuto ad influenze interne ed esterne al pendio interessato, insieme all'azione della gravità. I fattori esterni sono l'alterazione chimica superficiale delle rocce, le variazioni di temperatura, il gelo, lo scorrimento superficiale dell'acqua, l'azione del vento, l'erosione al piede del pendio e la pressione esercitata dalle radici delle piante.

I fattori interni sono legati agli sforzi residui della roccia di tipo geologico, alle fratture presenti, alle discontinuità. Da tenere particolarmente in considerazione l'azione dell'acqua ed i cicli di gelo e disgelo: la massima frequenza di caduta di massi avviene infatti nei periodi di elevate precipitazioni e quando le temperature oscillano intorno ai 0° C.



- Aree a pericolosità molto elevata (P3)
- Aree a pericolosità elevata (P2)
- Aree a pericolosità moderata (P1)



		STATO DI ATTIVITA'		
		ATTIVO	QUIESCENTE	NON ATTIVO
FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI DI VERSANTE	Orio di scarpata di degradazione ero di frana			
	Trincea o fessura			
	Frattura di trazione			
	Versante interessato da deformazione profonda			
	Versante interessato da deformazioni superficiali lente			
	Corpo di frana di crollo e ribaltamento			
	Corpo di frana di scorrimento:			
	(A) Traslativo			
	(B) Rotazionale			
	Corpo di frana di colamento			
	Corpo di frana di genesi complessa (inclusi i fenomeni di trasporto e di massa)			
	Piccola frana o gruppo di piccole frane non classificate			
	Contropendenza significativa nel corpo di frana			

Stralcio della Carta geomorfologica edita dal PAI. Con la circolina blu è indicata l'area di indagine

Il movimento è estremamente rapido e dipende dalle caratteristiche fisico geometriche delle masse in gioco.

In frane attive, o comunque molto recenti, la zona di alimentazione è caratterizzata da una superficie irregolare, il cui andamento è controllato da giunti e fratture. Il deposito che ne consegue è costituito da un accumulo di materiale di varie dimensioni al piede del versante, ma alcuni frammenti, di dimensioni maggiori, possono percorrere anche notevoli distanze, in funzione della geometria e della lunghezza del versante e degli ostacoli presenti, ivi compresa la copertura vegetale.

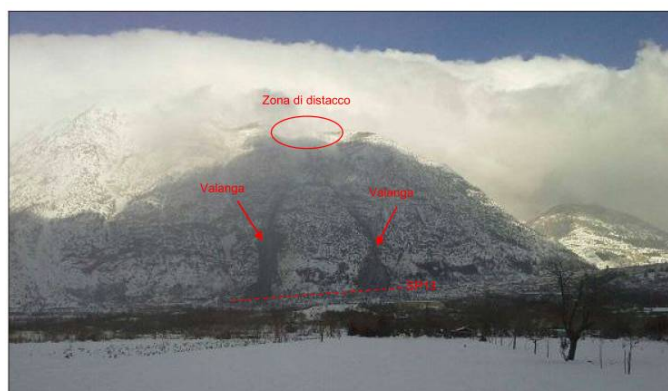
Le cause scatenanti di un crollo sono le seguenti:

- Cicli di gelo e disgelo;
- Escursioni termiche;
- Acque superficiali, sia di infiltrazione che incanalate;
- Scavi ed erosione al piede;
- Scosse sismiche

In effetti, nella mattinata del 6 marzo 2015 il versante occidentale della dorsale delle Montagne del Morrone di Pacentro, prospiciente sulla Piana di Sulmona, è stato interessato da almeno tre valanghe, due delle quali di elevata entità. Queste ultime, infatti, hanno investito la SP13 costringendo gli enti preposti a chiuderla al transito. Tuttora la provinciale di cui sopra risulta impercorribile.

Gli studi condotti a seguito di tale evento hanno evidenziato che c'è stata una unica zona di distacco e che, successivamente, il corpo nevoso si è diviso in due, dando origine ad altrettante valanghe incanalate.

La zona di distacco è stata rinvenuta al di sopra del limite della vegetazione ,all'incirca ad una quota di 1.600 m s.l.m..

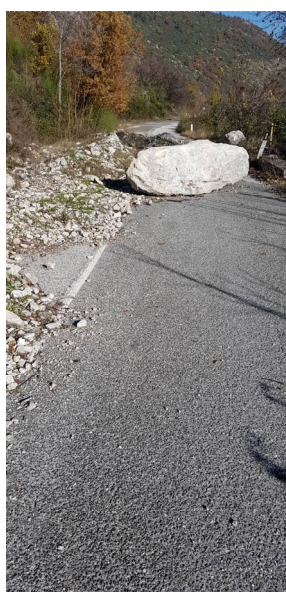






**Detriti trasportati dalla frana e resti della linea paramassi investiti dalla valanga**

Lo stato di fatto delle barriere paramassi esistenti e della carreggiata stradale è il seguente:







*L'evento calamitoso ha corroborato l'ipotesi principale e condivisibile che viene formulata nella relazione geologica circa la duplice necessità di bloccare tanto il sistema valanghivo mediante l'installazione di barriere fermaneve poste in quota nelle zone di accumulo e nelle incisioni del versante, quanto quella di intervenire con altrettanti presidi per controllare e prevenire il rischio derivante dalla caduta massi.*

*Sicchè la riapertura al traffico della strada senza limitazioni temporali non potrà prescindere da questa realtà per cui andranno all'uopo predisposte risorse finanziarie adeguate, che non sono state sufficientemente reperite con la presente progettazione, per pianificare e realizzare un insieme coordinato e completo di opere passive.*

*Poichè, si evidenzia che la problematica connessa al pericolo valanghe, condizionata dalle precipitazioni nevose, è rilevante nel lasso di tempo compreso tra la metà del mese di novembre e la fine del mese di marzo, si potrebbe ipotizzare, una volta realizzate le opere di cui al presente progetto, di mettere in sicurezza la strada soltanto rispetto alla problematica della caduta massi/blocchi, come ha deciso al momento l'Amm.ne Prov.le con un intervento di tipo parziale e di sola natura mitigatoria del rischio frana. In*

*tal modo si potrà eventualmente ritenere transitabile la SP13 nel periodo compreso tra i mesi di aprile e ottobre e, viceversa, non transitabile nel periodo compreso tra i mesi di novembre e marzo.*

*Si sottolinea, però, che qualora si verificassero degli eventi valanghivi, le opere di difesa, realizzate per la messa in sicurezza dalla caduta massi/blocchi, verrebbero distrutte, almeno nei punti di passaggio delle valanghe. Tale eventualità comporterebbe il ritorno allo stato attuale cioè alla richiusura dell'arteria con la necessità di una ulteriore spesa per il ripristino delle opere divelte.*

#### **A) 2-2- CATEGORIA SISMICA DEL SUOLO ED AUTORIZZAZIONE SISMICA EX L.R. 28/2011**

Dal punto di vista della **classificazione sismica** si rileva che il territorio comunale di Pacentro ricade in una zona con livello di **rischio sismico 1**. A seguito della prospezione sismica eseguita di tipo MASW<sup>1</sup>, la categoria di suolo, in relazione alla classificazione dei terreni secondo le NTC 2018, è la seguente:

Prospezione sismica	Vs <sub>30</sub>	Classificazione suolo (NTC 14/01/2008)
MASW	Vs <sub>30</sub> = 586 m/s	B

Vengono di seguito sintetizzati i parametri caratteristici dei siti di intervento:

<b>Regione</b>	Abruzzo
<b>Comune di riferimento</b>	Pacentro
<b>Zona sismica</b>	1
<b>Categoria suolo</b>	B
<b>Categoria topografica</b>	T2
<b>Accelerazione di picco a(g)</b>	0.225 - 0.250

Come deducibile dalla Mappa interattiva della pericolosità sismica fornita dall'INGV il territorio comunale di Pacentro è caratterizzato da valori di accelerazione di picco su terreno rigido (a<sub>g</sub>) compresi tra 0.225 e 0.250.

**La particolare tipologia di opere di difesa idrogeologica e la loro certificazione costruttiva basata su prove standardizzate reali di tenuta delle barriere al rotolamento di massi, consente la deroga dall'autorizzazione in zona sismica richiesta per altri manufatti dalla L.R. 11 agosto 2011 n.28 così come modificata dalla L.R. 8 del 4 marzo 2016 e s.m..**

<sup>1</sup> La prova consiste nel determinare il profilo di rigidità del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie (Rayleigh VR e Love VSH) e un successivo processo di inversione, attraverso il quale viene fornita una stima indiretta della distribuzione delle Vs (velocità di propagazione delle onde di taglio).



Infatti, la Tabella B degli interventi e manufatti non assoggettabili alla normativa sismica di cui alla L. 64/1974 e s.m.i., allegata al Decreto n.3 05.08.2015 attuativo della L.R. 28/2011, annovera al punto 3 *"il rivestimento corticale di scarpate rocciose con reti, barriere paramassi ed opere di ingegneria naturilistica"*.

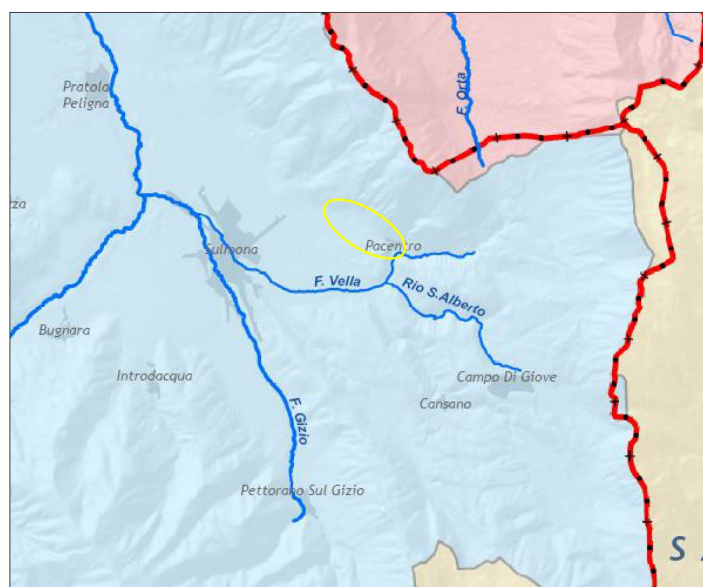
Il presente progetto si avvarrà pertanto di siffatta statuizione derogatoria.

#### **A) 2.3- AUTORIZZAZIONE IDRAULICA DI CUI AL R.D. 523/1904 ED AL R.D. 1775/1933**

Il testo normativo che disciplina la materia delle opere idrauliche è il **Regio Decreto 25 luglio 1904 n. 523 (Testo unico delle leggi sulle opere idrauliche)**, il cui **art. 96** contiene un'elencazione di **lavori e atti vietati** in modo assoluto sulle **acque pubbliche, loro alvei, sponde e difese**.

Tra di essi, ai sensi della lettera g) dello stesso art. 96, è compresa «qualunque opera o fatto che possa **alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la convenienza all'uso**», cui sono destinati gli argini, i loro accessori e i manufatti attinenti.

Il bacino idrografico di appartenenza è quello del Fiume Aterno.



Stralcio della "Carta dei corpi idrici superficiali e relativi bacini (fonte PTA Abruzzo) .  
In azzurro il bacino idrografico del F. Aterno.

Con il presente progetto non vengono interessati dalla costruzione delle opere, corsi d'acqua nè sorgenti che alimentino questi ultimi. Dalla stessa toponomastica catastale non si riscontrano fossi demaniali che siano iscritti nell'elenco delle acque pubbliche di cui al R.D. 11.12.1933 n. 1775.

## ELENCO DELLE ACQUE PUBBLICHE SCORRENTI NELLA PROVINCIA DI L'AQUILA

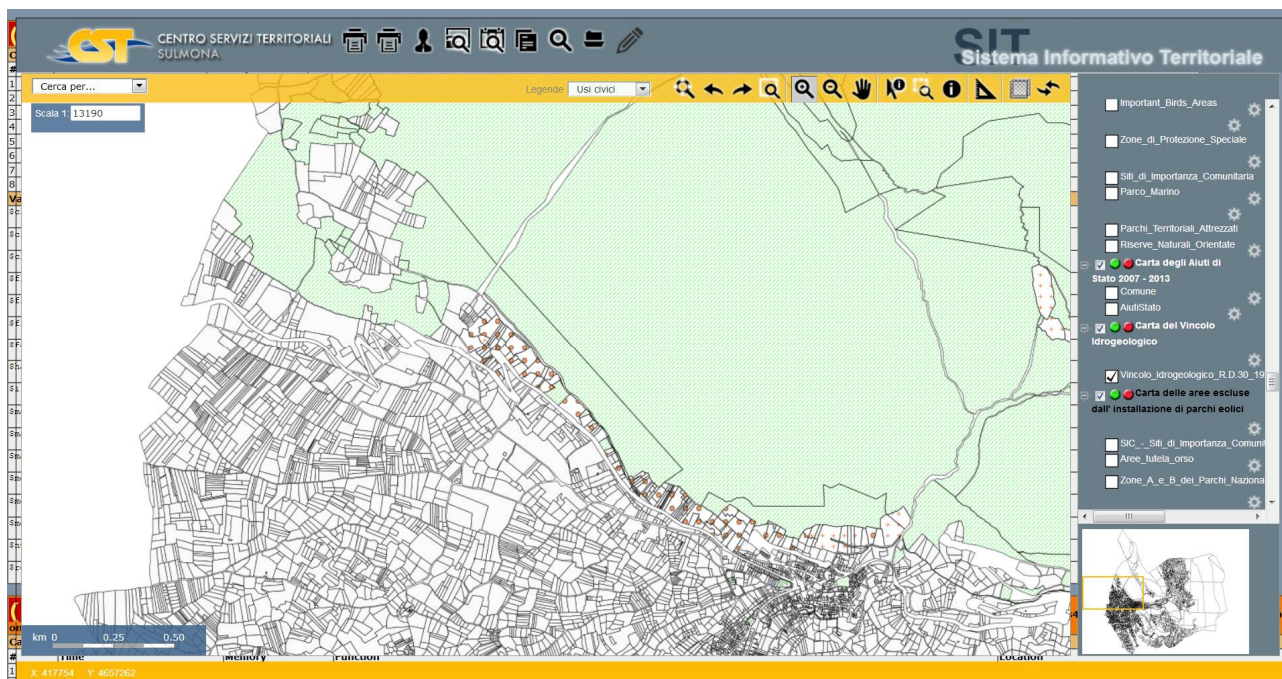
### INDICE GENERALE

	Fosso Castrato		Sagittario		Sulmona, Pacentro
208	Torrente Vella inf. n. 207	Gizio	Sulmona e Pacentro	Dallo sbocco fino a Guado San Leonardo	
209	Torrente Viturbo inf. n. 208	Vella	Pacentro e Campo di Giove	Dallo sbocco fin presso Campo di Giove	

Le incisioni, gli scoli o i compluvi naturali del fronte montagnoso non configurano alvei con portate d'acqua a carattere perenne o ricorrente che risultino tributari o influenti di corsi d'acqua noti.

### A) 2.4- VINCOLO IDROGEOLOGICO, ISTITUITO CON IL REGIO DECRETO-LEGGE 30 DICEMBRE 1923, N. 3267

Dalla carta del Sistema Informatico Territoriale del Comune di Pacentro non si rileva l'applicazione nelle aree di interesse del vincolo idrogeologico istituito con il Regio Decreto-Legge 30 dicembre 1923, n. 3267 sebbene per il fronte montagnoso sussista l'uso civico dei suoli.



Come noto, il vincolo idrogeologico ha come scopo principale quello di preservare l'ambiente fisico dei versanti montani impedendo forme di utilizzazione che possano determinare denudamento, innesco di fenomeni erosivi, perdita di stabilità, turbamento del regime delle acque, ecc., con possibilità di danno pubblico. Il Vincolo in generale

non preclude la possibilità di intervenire sul territorio, ma qualsiasi attività che comporti una **trasformazione d'uso nei terreni** sottoposti al Vincolo è soggetta ad autorizzazione. Comunque per l'esecuzione delle barriere paramassi non si prevedono opere rilevanti di scavo o movimenti di terra, estrazione e/o immissione di fluidi nel sottosuolo, modificazioni del regime delle acque di superficie, modifica delle pendenze, modalità di smaltimento o sistemazione di materiale di risulta.

La preparazione del tracciato corrente nell'ambito delle isoipse di progetto prevede solo lo scoticamento superficiale del suolo per la stesa delle reti e delle funi e l'esecuzione fino alla profondità di tre metri delle barre di ancoraggio fondale.

Le specie arboree di cui si prevede l'asportazione nella fascia di 4 metri interessata dalla posa delle barriere non sono costituite da piante di alto fusto ma dalla modesta e rada vegetazione arbustiva impiantata sul tessuto della matrice detritica e calcarea della pendice.





**Non sono presenti conifere nè il terreno in argomento è classificato come "bosco" ai sensi dell'art.3 della L.R. n.3/2014.** Come si evince dalla ortofoto di dettaglio ove viene riportato l'uso del suolo ,le barriere ricadono in zone a canalone prive di copertura vegetale peraltro oggetto dell'evento valanghivo e franoso del 6 marzo 2015.

Considerando che l'indice di copertura per le aree arbustive rade è rappresentato da un numero di alberi per ettaro pari a circa 100 esemplari e che le barriere sono ubicate prevalentemente in aree pressochè prive di vegetazione, si può ragionevolmente ritenere che il numero di alberature a basso fusto che si possono considerare presenti sulle aree di frontiera poste a confine con quelle arbustive rade sia complessivamente di molto inferiore alle 13 unità.

### **A) 3-RILEVAMENTI GEOMECCANICI E CLASSIFICAZIONE DEGLI AMMASSI ROCCIOSI**

Nel corso del rilevamento della natura delle rocce del fronte di pendice prospiciente la SP 13 sono state svolte osservazioni ed analisi puntuali , in corrispondenza di stazioni geomeccaniche , con esecuzione di misure di giacitura di elementi strutturali piani o ad andamento rettilineo.

Gli studi eseguiti dal geologo hanno comportato il posizionamento di otto stazioni di rilevamento geomeccanico in corrispondenza di altrettanti affioramenti significativi nell'area oggetto di indagine.

Le stazioni sono state ubicate in corrispondenza di punti ritenuti rappresentativi nei quali valutare **l'indice RMR (Bieniawski)** necessario per la **classificazione degli ammassi rocciosi**.

Per ogni Regione Geo Meccanica è stata redatta una schede di elaborazione e sintesi dei dati, corredata da tabelle e grafici riassuntivi delle caratteristiche del reticolo di fratturazione e da una tabella riassuntiva per la classificazione dell'ammasso e la stima dei parametri di resistenza e deformabilità.



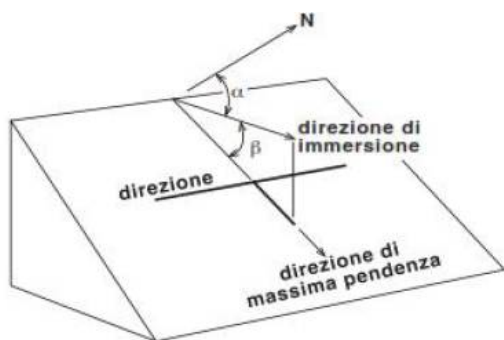
**Ubicazione in giallo delle otto stazioni geomeccaniche**

Le fratture rilevate sono state suddivise, anche all'interno di una stessa famiglia, in discontinuità caratterizzate da elevata persistenza (100%) e discontinuità minori.

Per ogni discontinuità primaria possono essere descritte diverse caratteristiche peculiari: orientazione media, grado di planarità, spaziatura fra le discontinuità della stessa famiglia, eventuali terminazioni contro altre strutture primarie, apertura massima e minima, presenza di riempimento, quantità d'acqua, grado e colore d'alterazione, estensione, geometria, condizione strutturale dell'ammasso nell'intorno del giunto.

I dati raccolti durante la fase di campagna sono stati digitalizzati e georeferenziati in modo tale da renderli facilmente gestibili durante la fase di elaborazione statistica e geostatistica.

In Geologia strutturale l'orientazione nello spazio di una discontinuità viene descritta dalla sua giacitura, ovvero da due valori angolari: Azimuth d'immersione o "Dip Direction" ( $\alpha$ ) e Immersione o "Dip" ( $\beta$ ).



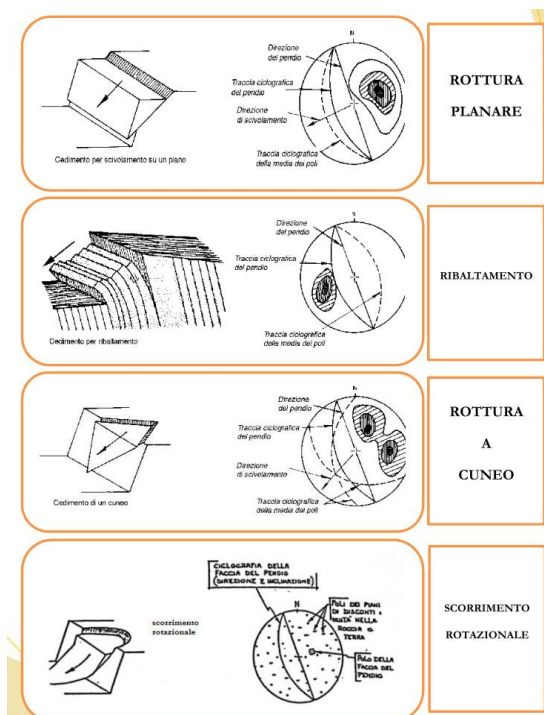
**L'immersione ( $\beta$ )** è l'angolo misurato tra la retta di massima pendenza della discontinuità e la sua proiezione sul piano orizzontale e può variare tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ .

**L'azimuth d'immersione ( $\alpha$ )** è l'angolo azimutale, misurato in senso orario, tra il Nord geografico e la proiezione sul piano orizzontale della retta di massima pendenza e può variare tra  $0^\circ$  e  $360^\circ$ .

L'interesse per la sola giacitura di determinate *strutture primarie o secondarie* può nascere dal fatto che esse sono **pervasive**, si ripetono, cioè, con una certa frequenza nel corpo roccioso considerato. Esistono strutture pervasive la cui giacitura è assimilabile a quella di piani o rette, che vengono dette rispettivamente strutture planari e lineari.

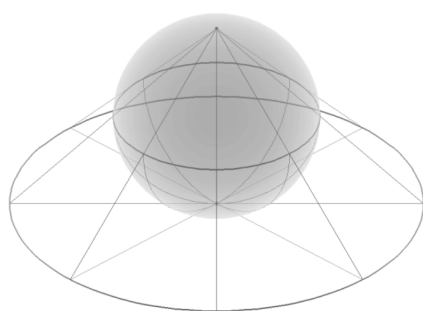
Delle strutture pervasive può essere specificata tanto l'orientazione che la posizione relativa rispetto ad un sistema di riferimento; di quelle non pervasive basta solo specificare la giacitura rispetto allo stesso sistema. Di fatto l'anisotropia di un corpo roccioso omogeneo dipende dall'esistenza e dall'orientazione relativa di strutture pervasive primarie e secondarie.

Per quanto attiene poi la correlazione esistente tra le discontinuità riscontrate ed i modelli di rottura più frequenti che interessano i pendii in roccia, questi sono classificati ed illustrati nel modo seguente:

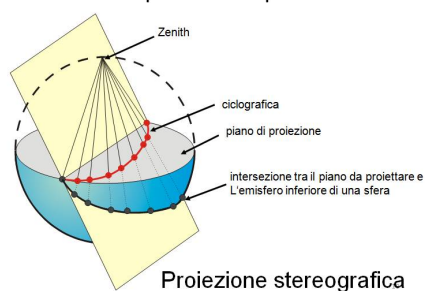


L'uso delle proiezioni stereografiche<sup>2</sup> consente una rapida ed efficace rappresentazione grafica dei dati di orientazione spaziale delle discontinuità che condizionano la stabilità dei versanti in roccia.

Le proiezioni stereografiche ed il loro uso nella valutazione della stabilità di pareti rocciose ha l'obiettivo di studiare i criteri più comunemente adoperati per la rappresentazione dell'orientazione spaziale delle discontinuità, ai fini della ricostruzione dei possibili modelli di rottura di pendii e scarpate rocciose nonché quello di individuare i possibili modelli cinematici di rottura.



Come proiettare piani

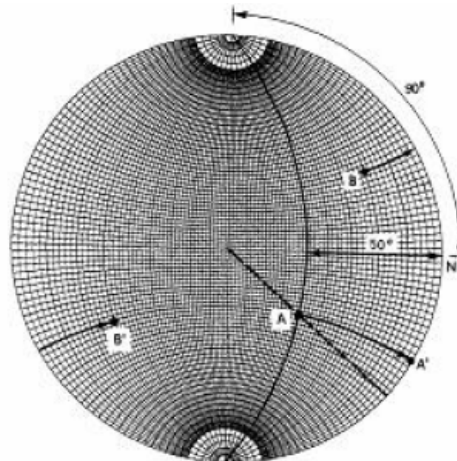


Consentono, infatti, una rappresentazione grafica dei dati di orientazione spaziale delle discontinuità (piani di strato, scistosità, faglie, etc.) che condizionano la stabilità dei versanti in roccia e permettono di rappresentare le relazioni spaziali che intercorrono tra immersione e azimuth d'immersione, mediante l'uso dei reticoli

<sup>2</sup> In geometria e in cartografia per **proiezione stereografica** si intende la proiezione dei punti sulla superficie di una sfera da un punto N della sfera stessa (che spesso viene chiamato *polo Nord* della sfera) sopra un piano che è, solitamente, o il piano equatoriale, o il tangente alla sfera nel suo punto (antipodale ad N) chiamato S, *polo Sud*.



stereografici("stereonets").Un reticolo stereografico è composto dalla proiezione di sistemi regolari di grandi cerchi (meridiani)e piccoli cerchi (paralleli)di una sfera di riferimento, su un piano che può essere ad essa tangente o al polo o all'equatore. Esistono due tipi di reticoli: il reticolo equiangolare o di Wulff e il reticolo equiareale o di Lambert-Schmidt.Il reticolo equiareale o di Lambert-Schmidt, che è stato usato dal Geologo Dr. Fiocco, è una proiezione stereografica di tipo equivalente, cioè conserva inalterate le aree.



A differenza del reticolo di Wulff,i grandi cerchi e i piccoli cerchi che costituiscono il reticolo, non si intersecano tra di loro formando angoli di  $90^\circ$ .

Una volta eseguita la raccolta degli elementi presso ogni singola stazione strutturale è stato utilizzato il reticolo di Schmidt per rendere più chiara la rappresentazione della giacitura di piani e rette in proiezione stereografica. Su di esso sono state riportate le ciclografiche di piani che hanno la stessa direzione e diverse inclinazioni e immersione a ciascuno dei quali equivale un valore numerico; valori più alti indicano migliori condizioni della roccia e quindi una maggiore stabilità del versante analizzato.

Secondo questo sistema di **Bieniawski**, la classificazione dell'ammasso roccioso utilizza i seguenti parametri:

- Resistenza della roccia alla compressione monoassiale;
- RQD (Rock Quality Designation);
- Spaziatura,orientamento e condizioni della discontinuità;
- Condizioni idrogeologiche

La classificazione di Bieniawsky si basa sul rilievo, in campagna o in laboratorio, di sei parametri.Sono stati ricavati, nelle varie stazioni geomeccaniche prese a campione, i sotto elencati valori di input rilevati in campagna :

A1 = resistenza a compressione uniassiale;si può ottenere sia da prove di laboratorio (Point Load Test), sia da prove di campagna mediante sclerometro o da prove speditive (Standard ISRM), definendo la resistenza a compressione uniassiale Su.

A2 = *Rock Quality Designation Index* (Indice RQD) si può ricavare dal: recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 100 mm oppure può essere derivato dal numero di fratture per mc.di roccia oppure dal numero medio di giunti per metro;

A3-Spaziatura delle discontinuità (s) in metri: >0,2; da 0,2 a 0,4; da 0,4 a 0,66; da 0,66 a 0,94; da 0,94 a 1,6; da 1,6 a 2; > 2

A4 = condizioni delle discontinuità;

Condizioni delle discontinuità'				
Persistenza (continuità) del giunto				
<input type="radio"/> < 1 m	<input type="radio"/> 1 - 3 m	<input type="radio"/> 3 - 10 m	<input type="radio"/> 10 - 20 m	<input type="radio"/> > 20 m
Apertura del giunto				
<input type="radio"/> Chiuso	<input type="radio"/> < 0,1 mm	<input type="radio"/> 0,1 - 1 mm	<input type="radio"/> 1 - 5 mm	<input type="radio"/> > 5 mm
Rugosità del giunto				
<input type="radio"/> Molto rugosa	<input type="radio"/> Rugosa	<input type="radio"/> Leggermente rugosa	<input type="radio"/> Liscia	<input type="radio"/> Levigata
Alterazione delle pareti				
<input type="radio"/> Non alterate	<input type="radio"/> Leggermente alterate	<input type="radio"/> Mediamente alterate	<input type="radio"/> Molto alterate	<input type="radio"/> Decomposte
Riempimento delle discontinuità'				
<input type="radio"/> Assente	<input type="radio"/> Compatto < 5 mm	<input type="radio"/> Compatto > 5 mm	<input type="radio"/> Soffice < 5 mm	<input type="radio"/> Soffice > 5 mm

A5 = condizioni idrauliche;

Roccia :asciutta- umida - bagnata - deboli venute - forti venute .

Questo valore viene derivato dalle condizioni idrauliche riferite ad un fronte di 10 m

A6 = orientamento delle discontinuità:

molto favorevole; favorevole; mediocre; sfavorevole; molto sfavorevole

Da questi sei parametri si è ricavato il **Rock Mass Rating (RMR, Benjowsky)** e con le dovute correzioni apportate da **Romana** nel 1985 lo **Slope Mass Rating (SMR)**.

L'RMR, nella pratica, viene differenziato come:

$$\text{RMR di base} = \text{RMR}_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$\text{RMR corretto} = \text{RMR}_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

Parametri	Intervallo di valori							
Resistenza roccia sana	Resistenza al «Point Load test» (MPa)	> 10	4 ÷ 10	2 ÷ 4	1 ÷ 2	Per questi bassi valori è preferibile la prova di compressione monoassiale		
	Resistenza a compressione monoassiale (MPa)	> 250	100 ÷ 250	50 ÷ 100	25 ÷ 50	5 ÷ 25	1 ÷ 5	< 1
Coefficienti numerici		15	12	7	4	2	1	0
Rock Quality Designation RQD (%)		90 ÷ 100	75 ÷ 90	50 ÷ 75	25 ÷ 50	< 25		
Coefficienti numerici		20	17	13	8	3		
Spaziatura delle discontinuità		> 2 m	0,6 ÷ 2 m	200 ÷ 600 mm	60 ÷ 200 mm	< 60 mm		
Coefficienti numerici		20	15	10	8	5		
Condizione dei giunti		Superfici molto rugose. Discontinuità chiuse e non persistenti. Pareti non alterate	Superfici debolmente rugose. Apertura delle discontinuità < 1 mm. Pareti leggermente alterate	Superfici debolmente rugose. Apertura delle discontinuità < 1 mm. Pareti completamente alterate	Superfici lisce o riempimenti argillosi di potenza < 5 mm o discontinuità collegate e con apertura di 1 - 5 mm	Riempimenti di argilla molle di potenza > 5 mm o discontinuità collegate e con apertura > 5 mm, persistenti		
Coefficienti numerici		30	25	20	10	0		
Presenza di acqua	Venute d'acqua in 10 m di galleria (l/min)	Nulla	< 10	10 ÷ 25	25 ÷ 125	> 125		
	Rapporto tra la pressione dell'acqua nelle discontinuità e la massima sollecitazione principale	0	< 0,1	0,1 ÷ 0,2	0,2 ÷ 0,5	> 0,5		
Condizioni generali della roccia		Perfettamente asciutta	Umida	Bagnata	Stillicidi	Venute d'acqua		
Coefficienti numerici		15	10	7	4	0		

Figura 19 – Classificazione completa di Beniaowski

Attraverso detti dati si è risalito al **Rock Mass Rating** dell'affioramento e da questo al valore di **Slope Mass Rating (SMR) di-Romana** tenendo conto dei sotto elencati fattori F1,F2,F3,F4:

Fattore che dipende dal parallelismo fra l'immersione del fronte e l'immersione dei giunti F1

Condizione

☐ Molto favorevole
 ☐ Favorevole
 ☐ Mediocre
 ☐ Sfavorevole
 ☐ Molto sfavorevole

Fattore riferito all'inclinazione del giunto F2

☐ Rottura planare o a cuneo
 ☐ Rottura a toppling

☐ Molto favorevole
 ☐ Favorevole
 ☐ Mediocre
 ☐ Sfavorevole
 ☐ Molto sfavorevole

Fattore per l'inclinazione fra fronte e giunti F3

Condizione

☐ Molto favorevole
 ☐ Favorevole
 ☐ Mediocre
 ☐ Sfavorevole
 ☐ Molto sfavorevole

Fattore legato al metodo di scavo F4

☐ Scarpata naturale
 ☐ Abbattimento con pretaglio
 ☐ Abbattimento controllato
 ☐ Abbattimento normale
 ☐ Abbattimento non controllato

SMR	100 – 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
CLASSE	I	II	III	IV	V
DESCRIZIONE	MOLTO BUONA	BUONA	MEDIOCRE	SCADENTE	MOLTO SCADENTE
STABILITA'	SICURAMENTE STABILE	STABILE	PARZIALMENTE STABILE	INSTABILE	SICURAMENTE INSTABILE
MODO DI ROTTURA	ASSENTE	POSSIBILI BLOCCHI	LUNGO PIANI O PER CUNEI	LUNGO PIANI O SU GRANDI CUNEI	SU GRANDI PIANI O ROTOTRASLAZIONALI
STABILIZZAZIONE	NESSUNA	OCCASIONALE	SISTEMATICA	ESTESA	RIPROFILARE LA SCARPATA

Si rimanda, per il dettaglio delle informazioni ai risultati espressi nella relazione geologica delle classificazioni dell'ammasso così come emerse dalle vari stazioni di rilevamento geomeccanico eseguite sui diversi affioramenti della formazione calcareo dolomitica del Morrone di Pacentro.

Ne è derivata la classificazione corretta dell'ammasso roccioso con la valutazione del grado di stabilità, tipo di cinematismo di rottura e la valutazione di eventuali interventi di stabilizzazione.

**Dal punto di vista geomeccanico gli ammassi rocciosi che si sono riscontrati, classificati secondo le sopradette metodologie semiquantitative di Beniauskis e con le dovute correzioni apportate da Romana nel 1985, risultano avere una classe SMR prevalentemente "mediocre" di tipo III (60-41) con alcuni casi di classe IV scadente e quindi con una sostanziale conferma del pericolo imminente di costante e permanente rischio crollo stabilito dalla cartografia PAI della Regione Abruzzo.**

#### **A.4) SIMULAZIONI MODELLISTICHE PER LA DETERMINAZIONE DELLE AREE DI DISTACCO**

Si è ricostruito il modello di rottura più rispondente alla realtà geomorfologica del pendio analizzato. Questa è la fase più importante nello studio dei fenomeni franosi in roccia, poiché la errata ricostruzione del modello può comportare gravi conseguenze sia in relazione alla modellazione cinematica del fenomeno, sia per quanto riguarda la possibilità di interventi di stabilizzazione e di ripristino.

Tale rappresentazione è stata riprodotta tridimensionalmente, potendo così ricavare informazioni importanti sulle orientazioni delle discontinuità potenzialmente instabili.

Al fine di valutare la possibile distribuzione dei fenomeni di frana da crollo e le potenziali aree di invasione sul versante di Morrone in Pacentro e sulla SP13, è stato effettuato uno studio integrato mediante l'uso di un software

dedicato (**Rockyfor 3D**) basato su analisi topografica ed analisi fotogeologica che è stata opportunamente tarata con rilevamenti geologico-topografici e geologico-geomorfologici.

Il modello digitale delle elevazioni (DEM) è stato ottenuto mediante un rilievo fotogrammetrico con drone radiocomandato equipaggiato di fotocamera ad alta risoluzione; il rilievo è costituito da una nuvola di punti con una matrice delle quote avente risoluzione delle celle di 2mx2m che ha fornito, con le proprie immagini, la distribuzione delle asperità, la scabrezze e la rugosità del versante .

L'analisi e l'interpretazione di foto aeree (comprese in un intervallo temporale che va dal 1954 al 2010, con scale variabili da 1:5.000 a 1:33.000) e dell'ortofoto di dettaglio (con risoluzione delle celle di 2m x 2m e ottenuta dal rilievo fotogrammetrico con drone) hanno consentito la definizione dei parametri fotogeologici principali e la successiva interpretazione dei principali elementi morfologici dell'area di indagine, risultati fondamentali anche per la individuazione dell'area di distacco.

L'analisi fotointerpretativa ha messo in evidenza alcune peculiari caratteristiche, quali la delimitazione degli affioramenti rocciosi, le aree denudate per azione erosiva, le aree di deposito di materiali detritici, etc..

Dal punto di vista litologico, sono state selezionate come aree di distacco solo le zone con litologie calcaree del substrato affioranti (ossia gran parte della zona alta del versante di Morrone di Pacentro; cfr. Figura F.3) e, dal punto di vista di uso del suolo, sono state escluse le aree con vegetazione arborea fitta che per tale ragione non registrano potenziali scoscendimenti pericolosi.

Il Rockyfor3D è un modello di simulazione che calcola la traiettoria di caduta nelle tre dimensioni (3D) per i singoli blocchi rocciosi (massi). Il modello, basato su processi fisici, combina algoritmi deterministici con approcci stocastici.

Ciò contribuisce a fare di Rockyfor3D un modello sia di fisica del rotolamento, per quanto riguarda la descrizione dei processi di caduta massi, che di tipo probabilistico, in quanto, *date le incertezze connesse alla determinazione dei parametri, questi sono determinati in maniera stocastica, facendoli variare entro un intervallo di valori plausibili.*

Simula la traiettoria di caduta con un vettore che memorizza i valori tridimensionali (di posizione e velocità), attraverso il calcolo di una sequenza di cadute libere di un blocco, descritte dalla legge parabolica di caduta libera in aria e di rimbalzi sulla superficie del pendio, nonché, se richiesto, di urti contro gli alberi.

Il rotolamento viene rappresentato con una sequenza di rimbalzi a piccola distanza, analizzandone gli impatti al suolo e/o con la foresta, quantificandone le energie in gioco, mentre lo scivolamento (inteso come slittamento) dei massi non è modellato.



Figura F3



#### A 4.1) - FORMA DEI BLOCCHI

Rockyfor3D permette di scegliere tra varie tipologie la forma del blocco di input per la simulazione: parallelepipedo, ellissoidale, sferica oppure discoidale. La forma del blocco determina come vengono calcolati il volume del blocco (e di conseguenza la sua massa) e il momento di inerzia, sulla base dei tre diametri  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  definiti.

Per calcolare la posizione del blocco, il rimbalzo sulla superficie del pendio e l'impatto contro gli alberi, Rockyfor3D usa sempre una forma sferica che assume due diversi diametri a seconda del processo; in particolare:

1. viene assunto il più piccolo tra i tre diametri definiti per calcolare se il blocco colpisce un albero;
2. viene assunto un diametro maggiore, calcolato come media tra i due diametri maggiori, per calcolare le perdite di energia durante l'impatto con il terreno che è dato dal rapporto tra scabrezza della superficie e raggio del perimetro di impatto maggiore .

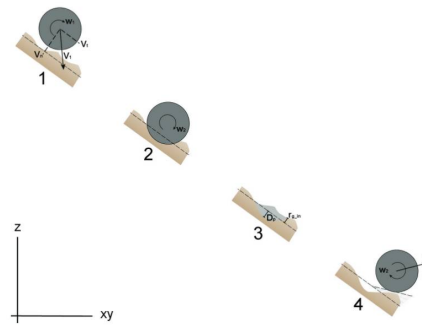
**Altre forme di blocco più complicate, così come gli effetti espliciti della forma del blocco sulla direzione di caduta, non sono presi in considerazione.** Ciò implicherebbe un algoritmo che **permetta di calcolare statisticamente un numero molto elevato di traiettorie, tenendo conto di tutti gli effetti delle forme del blocco sulla tipologia di rimbalzo che avviene in realtà.**

Attualmente non esiste un algoritmo che soddisfi entrambe le condizioni. Da quando gli algoritmi usati per calcolare la direzione di caduta in Rockyfor3D sono basati sulle osservazioni di campo, che comportano la presenza di forme di blocco multiple, la forma viene rappresentata implicitamente dagli algoritmi probabilistici di direzione di caduta utilizzati nella simulazione.

La caduta libera in aria viene calcolata con un algoritmo standard per il moto parabolico uniformemente accelerato, permettendo così di determinare la posizione e la velocità all'intersezione con la topografia 3D della zona di studio che è rappresentata dal DEM.

#### A.4 2)-RIMBALZI SULLA SUPERFICIE

La velocità dopo un rimbalzo sulla superficie viene calcolata principalmente con 10 funzioni. Un passo importante è la conversione della velocità in ingresso sul piano orizzontale  $xy$  ( $V_{hor}$ ) e sul piano verticale  $z$  ( $V_{vert}$ ) in velocità in ingresso normale  $V_n$  e in velocità in ingresso tangenziale  $V_t$  rispetto alla pendenza locale .



Rappresentazione del meccanismo di rimbalzo secondo gli algoritmi usati da Rockyfor3D.

La profondità di penetrazione del blocco nel punto di impatto viene calcolato sulla base del lavoro di Pichler e altri del 2005.

I parametri di input richiesti da questo algoritmo sono:

- coefficiente di restituzione normale ( $R_n$ )
- diametro del blocco ( $d$  in m)
- massa del blocco (**RockMass** in kg)
- velocità di impatto del blocco ( $V$  in m/s)

Le costanti usate sono:

- $k$  (costante adimensionale per il calcolo della forma del blocco sferico, posta pari a 1.207)
- $B$  (costante adimensionale di compressibilità del materiale su cui avviene l'impatto, posta pari a 1.2 ; valore che varia poco a seconda del materiale come secondo Pichler e altri, 2005)

Le principali funzioni per valutare lo spessore di penetrazione ( $D_p$ ) sono le seguenti

$$\frac{D_p}{d} = \frac{2}{\pi} N \ln \left[ \frac{1 + I_e / N}{1 + k\pi / 4N} \right] + k \quad \text{per} \quad \frac{D_p}{d} > k \quad (1)$$

$$\frac{D_p}{d} = \sqrt{\frac{1 + k\pi / 4N}{1 + I_e / N}} \frac{4k}{\pi} I_e \quad \text{per} \quad \frac{D_p}{d} \leq k \quad (2)$$

dove:

$$I_e = \frac{RockMass * V^2}{R_i * d^3} \quad (I_e: \text{momento di inerzia}) \quad (3)$$

$R_t$ : resistenza alla penetrazione del terreno (in MPa), che viene calcolato con la seguente equazione:

$$R_t = 55 * 10^9 * R_n^7$$

Questa funzione fornisce valori compresi 1 - 5 MPa per materiale fine e valori compresi tra 200 - 250 MPa per il substrato roccioso.

$$N = \frac{RockMass}{\rho_{soil} * d^3 * B * 0.5}$$

dove  $\rho_{soil}$  è la densità del terreno (in kg / m<sup>3</sup>) e viene calcolata utilizzando la seguente funzione:

$$\rho_{soil} = 1200 * \ln(R_n) + 3300$$

Questa funzione fornisce valori compresi tra 1500 kg/ m<sup>3</sup> per materiale fine e 2500 kg/ m<sup>3</sup> per il substrato roccioso.

In Rockyfor3D la massima profondità di penetrazione  $D_p$  equivale al raggio del blocco simulato. Una volta calcolata la massima profondità di penetrazione, è possibile calcolare la velocità del blocco dopo il rimbalzo. Un parametro importante per il calcolo della velocità del blocco dopo il rimbalzo è il coefficiente di restituzione tangenziale  $R_t$  (Chau e altri, 2002).

Dorren e altri (2005) hanno dimostrato che  $R_t$  può essere calcolato sulla base della composizione e della dimensione del materiale che ricopre la superficie e del raggio del blocco stesso, dato che per massi più grandi l'effettiva scabrezza della superficie è inferiore rispetto a massi più piccoli (Kirkby e Statham (1975); Dorren e Seijmonsbergen (2003)), e analogo al principio del coefficiente di variazione della pendenza usato da Pfiffer e Bowen (1989), Spang e Krauter (2001) e Dorren e altri (2004).

Pertanto Dorren e altri (2006) hanno proposto il seguente algoritmo di calcolo per  $R_t$ :

$$R_t = \frac{1}{1 + ((MOH + D_p) / R)}$$

dove MOH è l'altezza rappresentativa dell'ostacolo sulla superficie del pendio (m);  $D_p$  è la profondità di penetrazione (m); R il raggio del blocco caduto (m).

*Nella pratica non è possibile misurare nel dettaglio il valore di MOH in ogni posizione di un pendio soggetto ad una caduta massi intensa.*

Poiché è possibile creare una mappa dei poligoni dei diametri medi che ricoprono la superficie, classificata secondo differenti classi di diametro,  $R_t$  dovrebbe essere derivato da tale mappa. Si è scelto di mappare tre classi di MOH, ritenute rappresentative dell'altezza media di un ostacolo che i massi incontrano durante il 70%, il 20% e il 10% dei rimbalzi nel poligono mappato.

L'algoritmo di calcolo sceglie quindi la MOH sulla base delle tre classi di copertura nel poligono, usando un numero casuale.

Perciò i valori dati dalle tre classi di probabilità ( $R_{g70}$ ,  $R_{g20}$ ,  $R_{g10}$ ) rappresentano i valori che sono usati rispettivamente per i calcoli relativi al 70%, 20% e 10% dei rimbalzi.

Il valore di  $R_t$  ottenuto viene utilizzato per calcolare la componente della velocità tangenziale del blocco dopo il rimbalzo  $V_{t2}$  tramite la seguente equazione in accordo con Pfiffer e Bowen (1989):

$$V_{t2} = \sqrt{\frac{R^2 * (I * V_{rot1}^2 + RockMass * V_{t1}^2) * R_t}{I + RockMass * R^2}}$$

dove  $V_{t1}$  è la componente della velocità tangenziale del blocco prima del rimbalzo;  $V_{rot1}$  è la velocità rotazionale del blocco prima del rimbalzo e  $I$  è il momento di inerzia relativo alla forma del blocco definita.

Prima di calcolare effettivamente  $V_{t2}$ , il modello varia casualmente il valore calcolato di  $R_t$  di +/-10% per rappresentare la varianza della scabrezza della superficie osservata in natura. Lo stesso conto viene effettuato per il coefficiente di restituzione normale  $R_n$  che è utilizzato per calcolare la componente di velocità normale dopo il rimbalzo  $V_{n2}$ , utilizzando la seguente equazione, secondo Pfiffer e Bowen (1989):

$$V_{n2} = \frac{-V_{n1} * R_n}{1 + (abs(V_{n1})/9)^2}$$

dove  $V_{t1}$  è la componente della velocità normale del blocco prima del rimbalzo. Il fattore  $(abs(V_{n1})/9)$  tiene conto della diminuzione del coefficiente di restituzione normale all'aumentare della velocità di impatto. Questo fattore rappresenta la transizione da rimbalzi più elastici con velocità normali basse a rimbalzi molto meno elastici causati

dall'incremento della formazione di fratture nel blocco e di depressioni nella superficie del pendio a velocità normali più alte (Habib, 1977). In questo modo il modello tiene conto indirettamente degli effetti dell'angolo di impatto sul tipo di rimbalzo (Wu, 1985).

La velocità rotazionale dopo il rimbalzo  $V_{rot2}$  viene calcolata come segue:

$$V_{rot2} = \min \left[ \frac{V_{t2}}{R}; V_{rot1} + \frac{(V_{t1} - V_{t2}) * 2}{5 * R} \right]$$

Analogamente a Pfiffer e Bowen (1989), l'angolo di inclinazione del pendio nella posizione del rimbalzo viene diminuito in modo uniforme e casuale durante ogni rimbalzo, tuttavia, il massimo decremento di questo angolo è fissato pari a 4°. Il rotolamento è rappresentato da una sequenza di piccoli rimbalzi ad una distanza pari a quella del raggio del blocco considerando una distanza minima di 0.2 m. Queste ultime due condizioni vengono prese in considerazione solo per pendenze comprese tra gli 0° e 30°.

#### **A.5)-BARRIERE PARAMASSI A RETE**

Le barriere paramassi a rete si collocano tra gli interventi di difesa passivi e stanno diventando l'intervento più frequentemente utilizzato grazie alla notevole evoluzione tecnologica dovuta ad una maggiore attenzione ai problemi di carattere progettuale e costruttivo. Esse possono essere installate anche in versanti molto inclinati, ed i livelli energetici di applicazione vanno da 100 kJ a 5000 kJ.

In funzione del loro comportamento fisico, dei materiali e delle modalità costruttive si possono distinguere due tipi principali di strutture:

- *barriere paramassi rigide*
- *e barriere paramassi elastiche.*

Le prime sono strutture poco deformabili, pesanti e di grandi dimensioni, capaci di opporsi con notevoli forze resistenti agli impatti. Il loro dimensionamento tiene conto in fase di progettazione della sollecitazione dinamica indotta dall'impatto di un "masso di progetto".

Generalmente sono realizzate in calcestruzzo armato, con o senza contrafforti, opportunamente ancorati al terreno stabile con micropali o tiranti di ancoraggio. Al disopra dei muri, nei punti più critici, spesso è installata una *barriera semirigida* formata da pannelli di elementi metallici o da reti metalliche.



**Barriera paramassi rigida**

Le barriere paramassi elastiche sono strutture deformabili, leggere con elementi altamente resistenti, formati da materiali di alta qualità e durata e sono quelle che verranno utilizzate sulla SP13 nel presente progetto.

La leggerezza della struttura, la semplicità, la rapidità di installazione e di manutenzione, consentono di eseguire l'intervento anche in zone montuose di difficile accessibilità. In funzione delle tipologie costruttive e dei materiali impiegati, le barriere elastiche possono presentare varie configurazioni quali: barriere formate da reti flessibili (a bassa deformabilità) installate su strutture di sostegno rigide tipo muri in c.a. o di altro tipo; barriere formate da pannelli di reti flessibili d'acciaio, con sostegni (montanti) ed elementi di rinforzo (tiranti d'ancoraggio) infissi direttamente nel terreno o sulla sommità di terrapieni o di strutture di sostegno di vario tipo (ad esempio muri in gabbioni)



**Barriera paramassi elastica**

#### **A.5).1- BARRIERE PARAMASSI ELASTICHE**

L'arresto dei massi comporta che la barriera possa deformarsi. La capacità di arresto è determinata dalle caratteristiche di resistenza e deformabilità degli elementi che la costituiscono (reti, montanti, funi, ancoraggi, dissipatori di energia) e delle connessioni tra questi.



Le barriere infatti vengono generalmente classificate sulla base dell'energia limite assorbibile durante la fase d'impatto, vale a dire del lavoro (elastoplastico e attritivo) connesso all'arresto dei massi.

Una barriera paramassi deformabile è generalmente composta da:

- *Una struttura di intercettazione* : solitamente costituita da reti di funi d'acciaio, con maglie di forma quadrata, romboidale o circolare che ha la funzione di sostenere l'urto diretto del masso, di deformarsi elasticamente con spostamenti dello stesso ordine di grandezza della sua altezza, e trasmettere in modo uniforme le sollecitazioni alla struttura di collegamento, alla struttura di supporto ed alla struttura di fondazione.

Le reti sono formate da funi di reti metalliche di diverso tipo e fattura



**rete a maglia quadra**



**rete ad anelli**

Alla rete principale spesso viene sovrapposta una maglia ad intreccio più fine il cui scopo è quello di arrestare il moto di piccoli elementi lapidei che potrebbero passare attraverso la maglia principale.

- *Una struttura di supporto* generalmente costituita da travi o tubi d'acciaio a profilo aperto o chiuso, denominati montanti, che ha la funzione di sostenere l'intera struttura e di mantenere dispiegata la rete che per sua natura non è rigida.

In generale si possono distinguere due tipologie di montanti: Montanti che hanno lo scopo di mantenere le reti dispiegate ed il cui collasso non implica che la barriera non svolge la funzione di intercettazione, una volta che il blocco sia stato "incassato" dalla rete.



Struttura di supporto :montante a profilo aperto

Tali montanti non hanno quindi una rilevante funzione statica durante la fase di arresto del blocco ma devono essere in grado di mantenere la barriera in posizione per impatti ad energie minori alla capacità limite della struttura.

Occorre infatti precisare che le barriere devono essere in grado di mantenere la loro operatività anche per impatti multipli di entità minore alla capacità massima della barriera.

Un'altra tipologia di montanti è quella per cui la funzione statica è indispensabile al funzionamento della barriera e che oltre a mantenere la rete dispiegata trasmettono una parte degli sforzi conseguenti l'impatto alle opere di fondazione.

-Una *struttura di collegamento*, generalmente costituita da funi d'acciaio, disposta sia perpendicolarmente che longitudinalmente rispetto alla superficie di intercettazione che ha la funzione di trasmettere le sollecitazioni alla struttura di fondazione. Per favorirne la deformabilità spesso vengono installati su questa struttura dei dispositivi che ne consentono un allungamento controllato denominati freni o dissipatori d'energia .

Questi sono realizzati per equilibrare le forze agenti sulla struttura e per trasformare al momento dell'impatto parte della energia cinetica del massa in lavoro plastico (**con conseguente deformazione permanente**).

Devono essere dimensionati e disposti sulla struttura sulla base di un progetto che ne chiarisca la funzione prevalente, la forza di attivazione, la corsa consentita ed il comportamento in campo di sollecitazione dinamico.



**Esempio di dissipatore di energia ad anello**



**Altro esempio di dissipatore di energia**

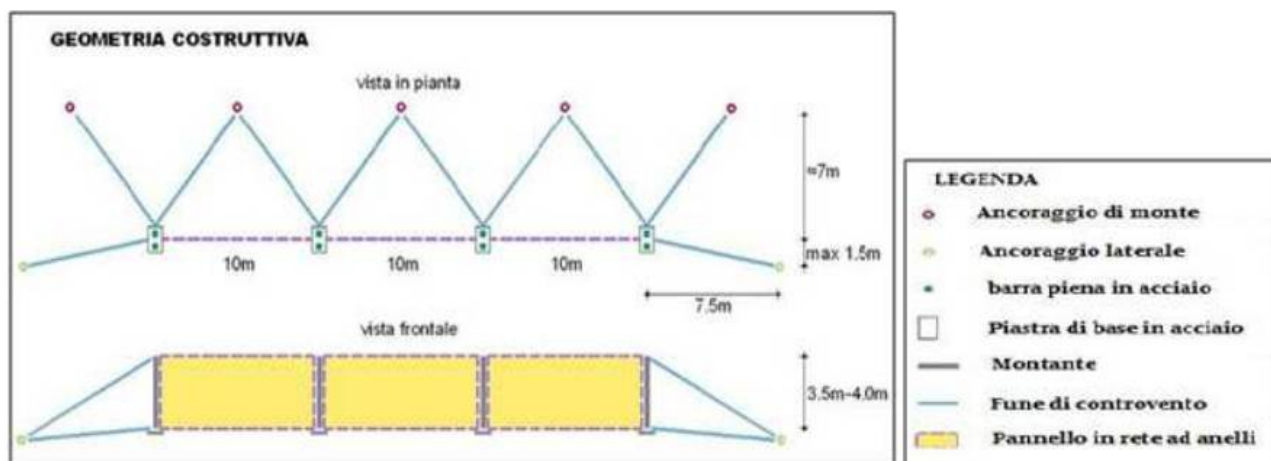
*Una struttura di fondazione* generalmente costituita da tiranti in barra o trefolo o da plinti in calcestruzzo, che hanno la funzione di trasmettere al terreno le forze derivanti dall'impatto del blocco all'intorno della struttura di intercettazione.

Devono resistere alle sollecitazioni sia in campo plastico che in campo dinamico, e devono essere adattati in dimensione e direzione, alle caratteristiche del terreno sulla base di un progetto geotecnico specifico.



**Fondazioni con plinto in calcestruzzo**

Di seguito è riportata l'immagine della geometria costruttiva di una barriera.



**Esempio di Geometria Costruttiva di una Barriera Paramassi**

Poiché la classificazione, basata sui principi operativi con le quali le barriere sono progettate per arrestare i blocchi, è piuttosto difficile stante la grande varietà degli assemblaggi proposti in commercio, queste devono necessariamente essere basate su una classificazione fondata sulla capacità energetica nominale della barriera sottoposta ad un impatto standard.

Sulla base della capacità nominale misurata su prove standard è quindi possibile classificare le barriere in classi energetiche di funzionamento, e dedurre tutte le informazioni necessarie al progetto geotecnico delle fondazioni.

#### **A.5).2-LE LINEE GUIDA ETAG**

La recente approvazione e conseguente pubblicazione sul sito dell'EOTA ("European Organization for Technical Approvals") della linea guida **ETAG 27**: "Guideline for European technical approval of falling rock protection kits" ha profondamente innovato il settore delle opere di protezione contro la caduta massi avendo uniformato a livello europeo le procedure e le prove che devono essere effettuate per l'ottenimento della marcatura CE di una barriera paramassi a rete.

Poiché la marcatura è un obbligo di legge da rispettare in maniera cogente senza la quale un prodotto non può essere posto sul mercato, è evidente come questa linea guida venga a costituire uno spartiacque importante tra un periodo nel quale le prove, anche quelle in vera grandezza, erano volontarie e non normalizzate ed un periodo nel quale tutti i produttori dovranno necessariamente ottemperare alle prescrizioni previste nella linea guida.

La linea guida si applica alle barriere paramassi a rete ("Falling rock protection kit") considerate nel loro insieme, cioè un sistema di elementi costituenti che devono essere posti sul mercato in modo congiunto e contestuale, con una sola marcatura CE, montati in sito e diventare così un "sistema assemblato" in opera.



Le linee guida considerano come kit base quello costituito da non meno di tre moduli funzionali(3FM).

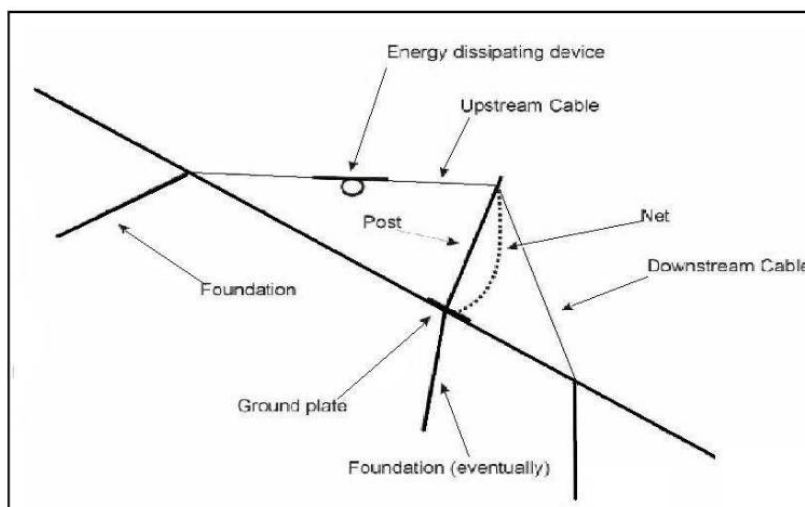
Per 3FM s'intendono 3 campate di barriera in rete con 4 montanti. L'interasse tra i montanti non è fisso, e sarà scelto dal produttore.

Un kit paramassi è costituito da:

- a)** una struttura d'intercettazione con la funzione di sopportare l'impatto diretto della massa, deformandosi elasticamente e/o plasticamente e trasmettendo lo sforzo alle parti di collegamento, alla struttura portante e alle fondazioni;
- b)** una struttura di sostegno con la funzione di mantenere dritta (non piegata) la struttura d'intercettazione, che per natura non è rigida. Può essere collegata alla struttura d'intercettazione direttamente o tramite una struttura di raccordo.
- c)** elementi di raccordo, avente la funzione di trasmettere lo sforzo alle fondazioni. Per consentire la deformazione, possono essere montati sulla struttura dispositivi che permettano un allungamento controllato.

*Le fondazioni non sono considerate parti integranti del kit quindi devono essere dimensionate a parte dal progettista.*

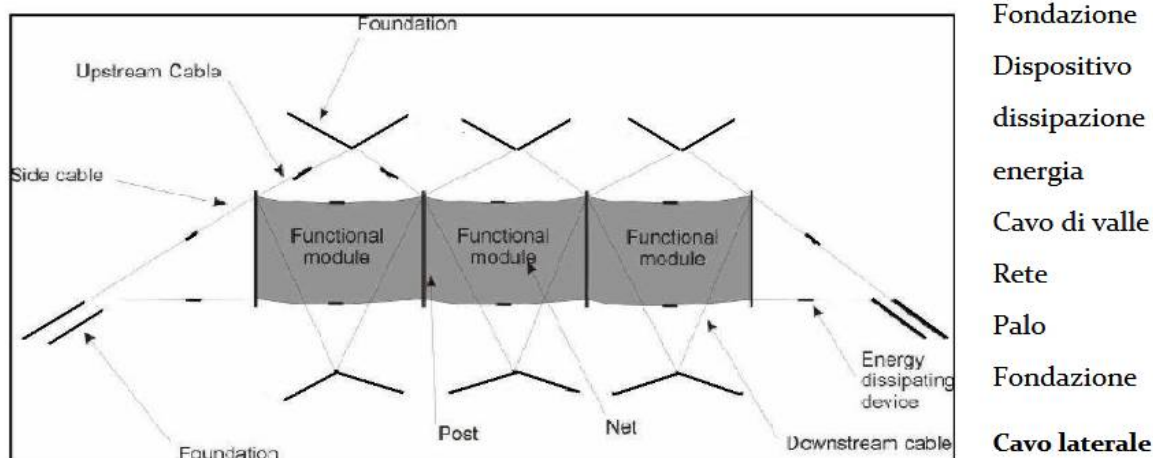
Gli schemi successivi, con vista laterale e posteriore, forniscono un esempio di kit e illustrano in termini generali i diversi componenti che lo costituiscono.



Dispositivo  
dissipazione  
Montante  
Cavo di monte  
Rete  
Cavo di valle  
Fondazione  
Fondazione  
(eventuale)  
Placca di fondo

Sezione laterale di un Kit paramassi





Vista posteriore di un kit paramassi

#### A.5).3-CERTIFICAZIONE DELLE BARRIERE PARAMASSI

Al fine di certificare che la barriera è adatta all'uso ("fitness for use") cioè che è in grado di soddisfare i requisiti essenziali per l'intera sua vita utile, se regolarmente mantenuta, nella linea guida vengono definiti gli elementi che consentono "l'assessment of fitness for use".

Nel caso specifico delle barriere paramassi questi sono l'energia che una barriera è in grado di assorbire quando sottoposta ad un impatto normalizzato di un blocco in movimento, arrestandolo e rispettando alcune specifiche geometriche e funzionali dopo e durante l'impatto.

Vengono quindi definiti due differenti livelli energetici:

- **SEL** "Service Energy Level"
- **MEL** "Maximum Energy Level" che deve essere pari a 3 volte l'energia del SEL.

Perché la barriera possa essere marcata CE, questa deve essere stata provata ad entrambi i livelli energetici secondo le modalità e le procedure descritte in dettaglio nella linea guida.

Il rapporto tra i livelli energetici SEL e MEL per le principali energie di servizio di una barriera paramassi sono espressamente codificati nelle norme EOTA secondo la seguente tabella (per la classe 0 non è richiesta la prova SEL).

**Tabella 1: classificazione delle barriere paramassi in base all'energia di servizio.**

Classificazione energia di servizio	0	1	2	3	4	5	6	7	8
SEL [kJ]	-	85	170	330	500	660	1000	1500	>1500
MEL [kJ] $\geq$	100	250	500	1000	1500	2000	3000	4500	>4500

Si procede a descrivere in maniera sintetica la procedura di prova dopo l'introduzione di alcune definizioni chiave:

- **Livello di energia:** è l'energia cinetica di un blocco regolare impattante la barriera in rete considerata. **Viene espresso in SEL (Livello di energia in servizio) e MEL (Massimo livello di energia).**

- **Pendenza di riferimento:** è quella a valle del kit steso nella medesima direzione fino al suo massimo allungamento. Questa pendenza è almeno parallela alla traiettoria del blocco nell'ultimo metro precedente all'urto nel sito di prova. E' ammessa una tolleranza del 20% in più o in meno.

- **Altezza nominale:**  $h_N$  (figura 21) è misurata ortogonalmente alla pendenza di riferimento ed è la distanza minima tra la fune superiore e la linea che congiunge le basi dei montanti, prima dell'urto. Il produttore può introdurre nel nome commerciale del prodotto anche un'altezza commerciale (in genere l'altezza nominale più una tolleranza). Quest'altezza commerciale non fa parte della verifica.

- **Allungamento del kit:** è lo spostamento verso valle durante l'urto misurato parallelamente alla pendenza di riferimento.

- **Tempo di frenata:** è il tempo che intercorre tra il primo contatto del blocco con la rete e il momento in cui, in corso di prova, avviene il massimo allungamento della rete.

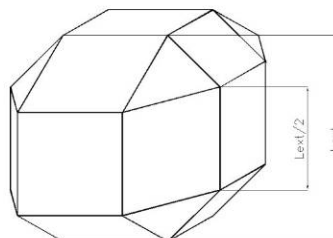
- **Altezza residua:**  $h_R$  (cfr. figura ) è la distanza minima tra la fune inferiore e quella superiore, misurata ortogonalmente alla pendenza di riferimento dopo la prova, senza rimuovere il blocco.

Le prove che consentono la certificazione delle barriere prevedono l'esecuzione di impatti di un blocco normalizzato **con dimensione non inferiore ad un terzo dell'altezza della barriera** e che si muova ad una velocità non inferiore **a 25m/s**, sulla campata centrale di una barriera composta da tre campate



**Blocco normalizzato usato nel crash test delle barriere paramassi**

La norma EOTA stabilisce forma e caratteristiche del blocco di prova



**Proporzioni del blocco**

La densità del blocco di cemento non deve essere inferiore a  $2500 \text{ Kg/m}^3$ .

L'eventuale aggiunta di acciaio deve essere fatta in modo simmetrico in modo da permettere la coincidenza tra il centro di gravità e il centro eometrico del blocco. La dimensione nominale del blocco ( $L_{ext}$ ) deve essere 3 volte minore dell'altezza nominale della barriera.

La prova può essere eseguita in qualunque tipologia di campo prove (verticale o inclinato) in quanto nelle linee guida vengono esclusivamente imposti dei vincoli geometrici in merito alla traiettoria del blocco impattante irrispetto

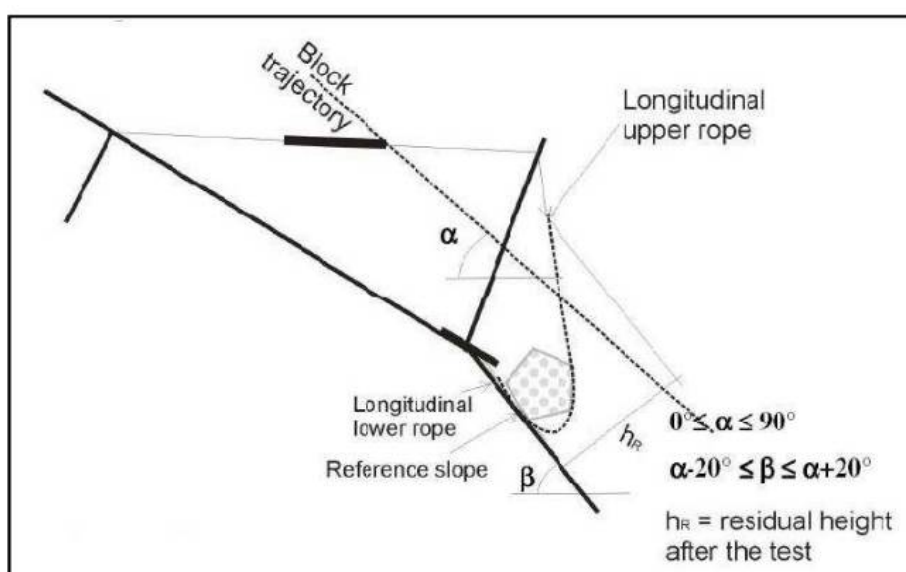
all'orizzontale ed alla geometria del piano di riferimento di valle (che viene utilizzato per la misurazioni geometriche durante e dopo la prova)

**Nel caso del livello energetico SEL, la linea guida prevede l'esecuzione di due impatti consecutivi allo stesso livello energetico.**

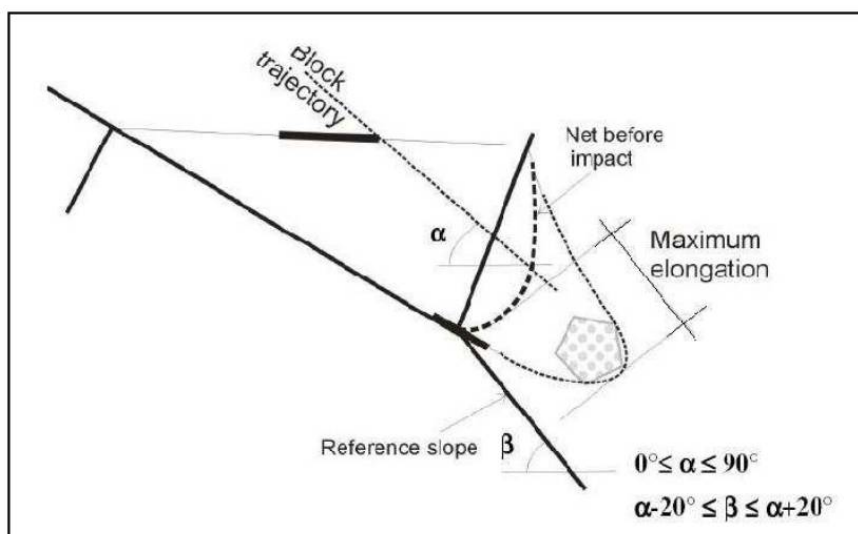
La prova viene considerata superata se: dopo il primo impatto il blocco è arrestato dalla barriera, non sono registrate rotture nella struttura di connessione cioè delle funi, non si sono creati varchi nella rete con dimensione superiore a due volte la dimensione originaria della maglia elementare e l'altezza residua della barriera (definita come la distanza tra la fune longitudinale superiore e inferiore nel centro del pannello che ha subito l'impatto, misurata prima di togliere il blocco dalla rete e facendo riferimento al piano di riferimento di valle) è superiore al 70% dell'altezza della barriera nella configurazione di installazione nel campo prove ("altezza nominale").

Dopo il secondo impatto l'unica condizione che deve essere rispettata è che la barriera arresti il blocco. Durante la fase di impatto e la seguente deformazione il blocco non deve toccare il terreno fino al raggiungimento della massima deformazione. Non è consentito alcun intervento di manutenzione tra il primo e secondo lancio SEL.

Per il livello energetico MEL, la linea guida prevede l'esecuzione di un impatto contro la barriera al livello energetico previsto. La prova viene considerata superata se il blocco viene arrestato dalla barriera, anche in questo caso senza toccare il piano di riferimento a valle della barriera nel campo prove.



Definizione degli angoli e delle misure



Prova SEL ed altezza residua

Durante la prova MEL deve essere misurata anche la massima elongazione verso valle della barriera che costituisce un importante parametro progettuale ( cfr. Fig. ) in quanto costituisce il parametro di riferimento per il corretto posizionamento della barriera in relazione alla distanza dall'infrastruttura da proteggere. Anche l'altezza residua della barriera dopo la prova MEL deve essere misurata e viene utilizzata per introdurre tre ulteriori classi all'interno di ogni livello energetico:

- **classe A** se l'altezza residua dopo la prova MEL è superiore al 50% dell'altezza nominale della barriera nel campo prove;
- **classe B** se l'altezza residua dopo la prova MEL è compresa tra il 50% ed il 30% dell'altezza nominale della barriera nel campo prove;
- **classe C** se l'altezza residua dopo la prova MEL è inferiore al 30% dell'altezza nominale della barriera nel campo prove.

Da quanto precedentemente detto è evidente che la procedura di certificazione e le prove previste nell'ETAG 27, sinteticamente descritte, consentono un'ottima caratterizzazione del prodotto "barriera paramassi" e normalizzano in modo molto efficace le procedure di prova che devono essere effettuate per certificare la capacità di assorbimento energetico di questi prodotti.

La scelta della tipologia più idonea di una barriera paramassi deve quindi basarsi sulle caratteristiche prestazionali definite nell'ETAG 027 e di detta circostanza si è tenuto conto nel presente dimensionamento della barriera da installare.



Si deve analizzare quale delle seguenti ipotesi è valida per il caso in esame:

- *crollo di un masso isolato*
- *crollo di uno sciame di blocchi*
- *il crollo si esplica in condizioni temporali tali da poter essere considerato come un unico evento,*
- *si verificano crolli ripetuti, concentrati in tempi ristretti, lungo la stessa direttrice.*

Se sono possibili eventi ripetuti e distinti nel tempo ad alti livelli energetici, si potrà considerare di installare più allineamenti sub-paralleli di barriere e la progettazione, sotto queste ipotesi di partenza, deve fare riferimento al livello energetico MEL, al quale andrà applicato un adeguato fattore di sicurezza.

Il livello energetico SEL consente invece di verificare che il sistema di intercettazione sia in grado di intervenire efficacemente anche per controllare eventi di minore entità rispetto a quelli indotti dal blocco di progetto, ma con maggior frequenza di accadimento, senza che sia necessario, realizzare, tra un evento e l'altro, importanti interventi di ripristino o di manutenzione.

Nel caso di versanti soggetti a crolli frequenti di blocchi di dimensione medio piccola che si manifestano lungo la stessa direttrice, è possibile infatti seguire due differenti scelte progettuali: sia l'installazione di due allineamenti di barriere dimensionate al livello energetico MEL sia l'installazione di un solo allineamento, dimensionato, però, rispetto al livello energetico SEL che deve essere adeguato ad assorbire e controllare l'energia massima che i blocchi possono applicare.

In conclusione l'applicazione di questa linea guida per la marcatura CE non può che portare ad una facile comparabilità dei vari prodotti sottoposti ad impatti normalizzati definendo con chiarezza i livelli energetici ai quali possono essere utilizzati i vari prodotti e, nel contempo, fornendo informazioni assolutamente indispensabili per i progettisti.

#### **A.6)-CODICE RocFALL**

Nel **codice RocFall**, utilizzato nello studio geologico del Dr. Fiocco, il profilo così definito viene inserito come coppie di coordinate x,y (slope, define slope) riferite ad un sistema di riferimento.

#### **Individuazione della nicchia di distacco**

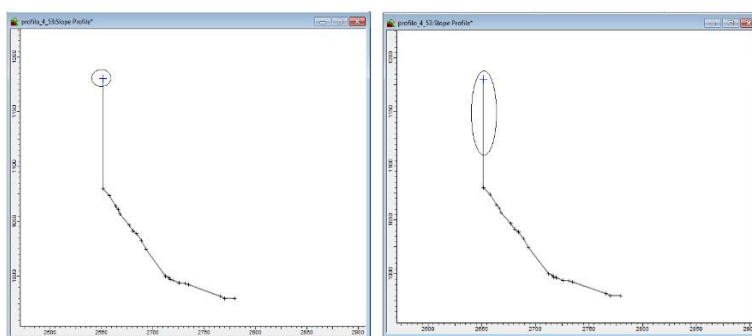
Le aree dalle quali si possono distaccare i blocchi con maggiore frequenza si possono individuare facendo riferimento a dati storici circa i fenomeni avvenuti nel passato, tramite osservazioni sulla morfologia del versante oppure osservazione della parete per l'individuazione di eventuali segni indicatori di volumi di roccia distaccatisi.

Nel codice RocFall le nicchie di distacco possono inserirsi secondo due tipologie :

-Nicchia puntuale – (add point seeder) : la posizione iniziale del blocco è individuata da un unico punto mediante le sue coordinate;

-Nicchia lineare – (add line seeder) : la posizione iniziale del blocco può variare casualmente all'interno di una linea definita dai suoi estremi.

Si utilizza la nicchia puntuale quando, ad esempio, si è in presenza di due strade parallele poste ad altezze diverse sullo stesso pendio e la maggior parte della caduta massi viene originata sul lato della strada più alta; si utilizza una nicchia di distacco lineare quando non si conosce con certezza il punto di partenza del movimento di crollo. In questo caso, in ogni punto all'interno della linea specificata, si ha la stessa probabilità di generazione di un movimento franoso.



Nicchia di distacco puntuale

Nicchia di distacco lineare

**Dall'analisi delle aree di distacco del presente progetto è scaturito che lo scenario con dimensioni dei blocchi medio-grandi e in assenza di vegetazione sono risultate le più gravose ; nella realtà lo scenario più plausibile, però, è rappresentato dalla presenza di vegetazione, per la quale si evidenzia o il distacco di blocchi con dimensioni modeste (0,2 x 0,2 x 0,2 mt) o quello di blocchi medio-grandi ( 1 x 0,7 x 0,5 mt).**

#### **Individuazione delle dimensioni del blocco e calcolo della massa**

Il volume del blocco caratteristico si può individuare considerando :

- Testimonianze di eventi avvenuti nel passato ;
- Osservazione di eventuali blocchi presenti al piede del versante, distaccatisi in precedenti eventi di crollo;
- Analisi dei sistemi di discontinuità che interessano il versante (giacitura e spaziatura).

Il calcolo della massa si esegue in base al valore del peso per unità di volume stimato per la roccia costituente l'ammasso. In base alla spaziatura e giacitura dei sistemi di discontinuità che interessano l'ammasso, si può definire il volume medio del blocco caratteristico come segue:

- Si individuano le due famiglie (1 e 2) di discontinuità che, intersecandosi, formano con il fronte del versante un cuneo potenzialmente instabile;
- Si calcola l'angolo  $\theta$  di apertura del cuneo;
- Si calcola la spaziatura media ( $L_1$  e  $L_2$ ) e la persistenza media ( $I_1$  e  $I_2$ ) delle famiglie e si valuta  $N$ , pari a metà del minimo valore tra  $I_1$  e  $I_2$ ;
- Si calcola il volume medio del cuneo :

$$V_m = \frac{2}{\pi \sin \theta} L_1 L_2 N$$

### **Scelta della velocità iniziale del blocco**

L'intensità e la direzione della velocità con cui il blocco inizia il suo moto a partire dalla nicchia di distacco dipendono dalla causa scatenante il distacco (gravità, pressione idraulica, sisma, etc.); dalla tipologia dell'eventuale cinematisma a cui è soggetto il blocco prima di giungere nella posizione indicata nel modello come nicchia (in questo caso si ipotizza che il blocco si sia distaccato altrove e transiti nel punto indicato come punto iniziale del moto).

La velocità iniziale del blocco viene scelta sulla base di un ragionevole giudizio da parte di chi esegue l'analisi di stabilità.

Nel codice rocfall, una volta definita la tipologia di nicchia di distacco si apre automaticamente una tabella nella quale si possono inserire le componenti orizzontale e verticale della velocità iniziale del blocco (in m/s); La massa del blocco (in Kg); la velocità angolare iniziale del blocco (in rad/s);

Poiché il codice esegue analisi di tipo statistico, i dati sono inseriti considerando una media e una deviazione standard.

### Scelta dei parametri di restituzione dei materiali costituenti il versante

Il rimbalzo che si origina in conseguenza all'impatto del blocco sul pendio viene assunto di tipo elastico o anelastico in relazione al tipo di interazione tra massa e la superficie del pendio caratterizzata dall'energia persa nell'urto.

Data l'indeterminazione dell'aspetto insito nell'urto, e la sua notevole complessità, i vari autori (Piteau & Clayton, 1987; Hoek 1987; Bozzolo & Pamini 1988; Hoek & Bray, 1988) hanno proposto di semplificare i problemi fisico matematici implicati nel rimbalzo, mediante l'adozione di coefficienti di restituzione che possono essere determinati ricorrendo al principio di conservazione della quantità di moto (Spang & Rautenstrauch, 1988) rappresentato dal rapporto tra la velocità del corpo prima dell'impatto e la velocità del corpo dopo l'impatto.

L'evidenza sperimentale mostra che i coefficienti di restituzione devono essere considerati nelle componenti normali ( $R_n$ ) e tangenziali ( $R_t$ ) rispetto alla superficie dell'urto.

Per tali coefficienti si utilizzano in prima approssimazione valori, reperibili in letteratura, assegnati a diverse tipologie di materiale; dove possibile è consigliabile effettuare una back-analysis riproducendo una traiettoria del blocco che conduca ad una distanza di arresto coerente con quanto osservato in sito; in alternativa si può ricorrere a prove in sito in modo da ottenere valori di velocità del blocco coerenti con le osservazioni sperimentali.

	$R_n$	$R_t$	standard - abweichung	reibungswinkel [°]	Standard- abweichung	Oberflächen- rauigkeit [°]
Roccia	0.5	0.9	0.04	30	2	0
Asfalto (Strada)	0.4	0.9	0.04	25	2	0
Detrito senza vegetazione	0.31	0.81	0.04	35	2	0
Detrito con vegetazione	0.31	0.79	0.04	35	2	0

Valori tipici dei coefficienti di restituzione normale  $R_n$  e tangenziale  $R_t$  di default

Altri parametri richiesti per un'analisi lumped mass sono i parametri di resistenza identificati mediante l'angolo di attrito (considerato ragionevolmente pari all'angolo di resistenza a taglio lungo le discontinuità dell'ammasso

roccioso) e la scabrezza della superficie del versante (parametro di difficile valutazione, usualmente posto uguale a zero).

Nella tabella seguente sono sintetizzati, per i materiali costituenti il versante in argomento, i valori dei parametri che regolano l'evoluzione dinamica di un blocco in caduta: coefficiente di restituzione normale e tangenziale, angolo di attrito e scabrezza della superficie che sono stati adoperati nel calcolo.

In particolare, per ogni grandezza, sono stati definiti un valore medio ed una deviazione standard. In assenza di una caratterizzazione specifica, sono stati assunti valori tipici per le formazioni considerate di default nel programma.

IPOTESI 1			Coefficient of normal restitution		Coefficient of tangential restitution		Friction angle (°)		Slope roughness (°)	
			Rn		Rn		$\phi$		b	
			mean	sv	mean	sv	mean	sv	mean	sv
parte alta	Fronte roccioso calcareo		0.53	0.04	0.9	0.04	30	2	30	0
	Fronte roccioso calcareo rinverdito		0.35	0.04	0.85	0.04	30	2	30	0
parte bassa	Detrito con vegetazione		0.3	0.04	0.8	0.04	30	2	30	0

### Scelta del numero di lanci e della tipologia di simulazioni

L'analisi di stabilità per caduta massi è di tipo statistico quindi si utilizza un numero di simulazioni di lancio del masso sufficientemente elevato, in letteratura viene suggerito un minimo di 1000 simulazioni.

Nel codice RocFall, il comando che consente di inserire il numero di simulazioni è rocks-project setting (number of rock sto throw); all'interno della stessa tabella si possono selezionare opzioni che consentono di scalare i parametri di restituzione e opzioni che permettono di ottenere traiettorie di massi "random" o "pseudo-random" : di default RocFall genera numeri random per campionare la distribuzione dei dati definita dalle proprietà dei materiali indicate, questo implica che ogni volta che viene selezionato il comando "compute" l'analisi risulterà differente e verrà generato un percorso diverso per ogni masso.

Nel caso in cui si desideri generare risultati riproducibili, è consigliabile selezionare l'opzione pseudo-random che utilizza lo stesso "seed number" per il campionamento della distribuzione di dati, in questo modo ogni volta che si farà partire l'analisi con gli stessi parametri di input si otterrà la stessa distribuzione.

### I dati restituiti dal programma



Il programma produce tre grafici –envelopes: andamento dell'energia cinetica – kinetic Energy envelope; andamento della velocità – velocity envelope; andamento delle altezze di rimbalzo – bounce-height envelope.

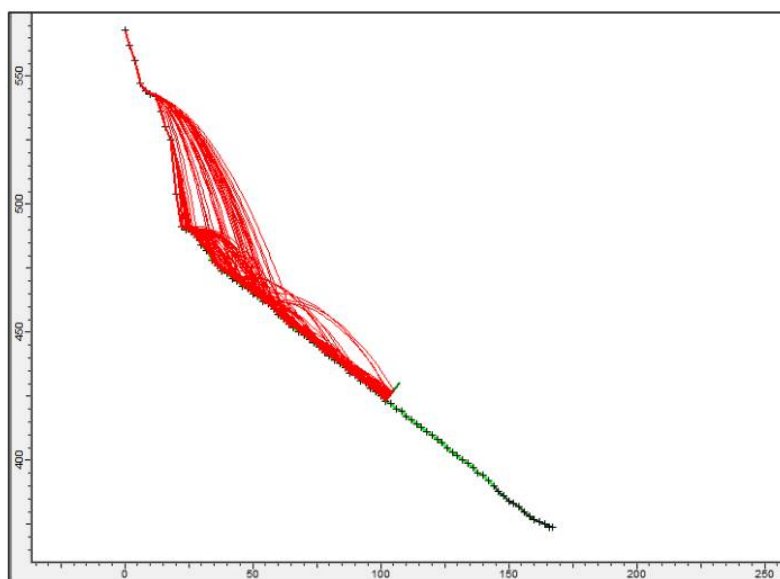
Ciascun envelope è definito dal valore massimo (e.g. massima velocità) su un numero di intervalli orizzontali distanziati lungo il profilo del pendio.

Il grafico sul quale è rappresentata la velocità misura la più alta velocità che ogni roccia ottiene passando attraverso ogni posizione orizzontale; il grafico che rappresenta l'altezza di rimbalzo individua la massima altezza che raggiunge ogni roccia meno l'altezza del pendio in ogni punto della spaziatura orizzontale considerata.

Gli envelopes forniscono una panoramica delle condizioni delle rocce nella fase di transito tra una sezione del pendio ed un'altra.

Sono molto utili nella determinazione della collocazione delle opere di difesa ed in particolare delle barriere paramassi, infatti indicano dove il posizionamento dell'opera possa essere più efficace.

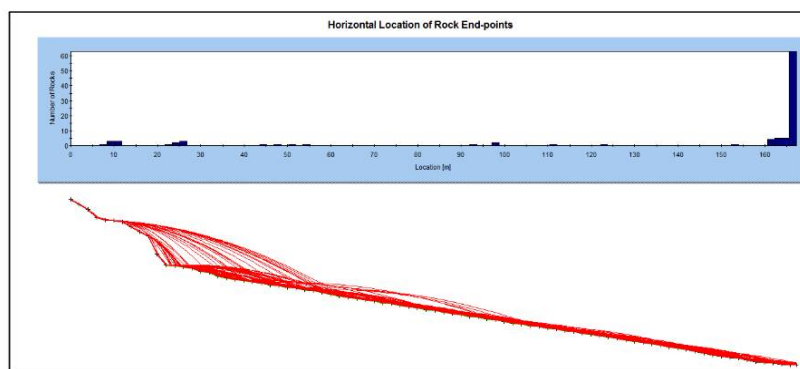
La collocazione ottimale si ha in corrispondenza di bassi valori di energia di impatto e di altezza di rimbalzo, in modo da poter utilizzare una barriera non troppo alta che però sia in grado di intercettare tutte le rocce.



**Esempio di posizionamento di una barriera paramassi**

A causa del fatto che gli envelopes mostrano solamente i valori massimi, è utile utilizzare un data collector in combinazione con questi grafici. Il data collector può essere utilizzato per determinare le distribuzioni delle altezze e delle energie in un punto specifico, una volta che si è stabilita una posizione di interesse.

Il più importante output fornito dal programma è la restituzione delle distanze di arresto dei massi – rock endpoint. Infatti è proprio questo parametro che determina se un progetto possa o meno andare bene. L'ubicazione dei punti di arresto si presenta come una distribuzione



**Esempio della distanza di arresto dei massi lungo un profilo**

### **Analisi in presenza di opere di difesa**

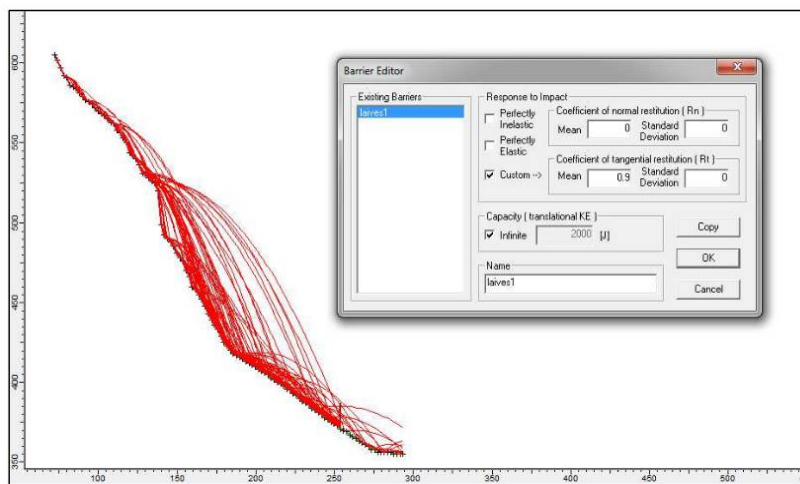
Come evidenziato nelle immagini precedenti, RocFall consente l'inserimento di opere di difesa all'interno delle analisi.

Dopo aver individuato le posizioni lungo il versante che, da un punto di vista operativo e ingegneristico, risultano adeguate per l'installazione dell'opera di difesa, e una volta note le caratteristiche del moto dei blocchi in quelle specifiche posizioni, occorre verificare la distanza di arresto dei blocchi per provare che nessun blocco oltrepassi la barriera considerata.

Il programma inoltre consente, grazie al comando barrier editor, di attribuire alcune caratteristiche alle barriere paramassi, come per esempio i coefficienti di restituzione normale e tangenziale.

L'inserimento di opere quali rilevati paramassi o gabbionate deve essere fatto invece graficamente. Il profilo del versante va opportunamente modificato inserendo l'ingombro geometrico dell'opera.

Occorre poi definire ed assegnare il materiale costituente l'opera. Nell'immagine seguente si può osservare la tabella che consente di variare le caratteristiche di una barriera paramassi posta lungo il pendio. Si noti che in questo caso la barriera non impedisce il passaggio della totalità dei massi considerati.



Esempio di un'analisi di simulazione in presenza di un sistema di difesa. In questo caso il sistema risulta insufficiente

**Con il presente progetto, al fine di valutare possibili fenomeni di frana da crollo in circostanze diverse, sono stati definiti 4 diversi scenari di simulazione dei fenomeni sul versante:**

il crollo di blocchi di dimensioni medio-grandi (1 x 0.7 x 0.50 m con variazione del 20%) e di blocchi di dimensioni modeste (0.2 x 0.2 x 0.2 m con variazione del 50%) considerando, in entrambi i casi,:

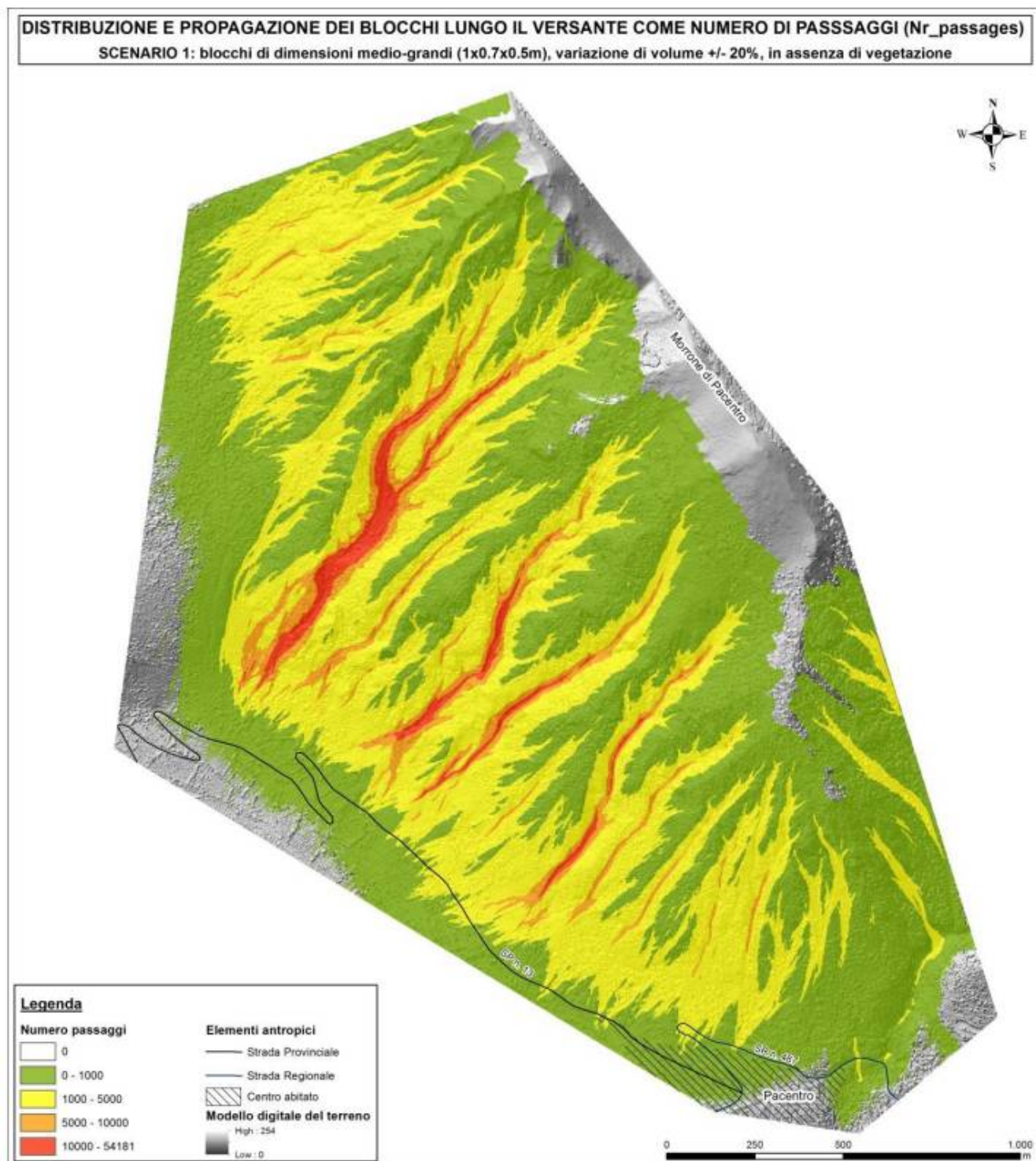
- sia uno scenario **privo di vegetazione (scenario 1)**, al fine di valutare una condizione di massima gravosità senza l'attenuazione dei crolli da parte della vegetazione (in particolare arborea),
- sia uno **scenario che tiene conto della vegetazione arborea** presente, al fine di valutare una condizione aderente allo stato attuale del versante (**scenario 2**).

La simulazione delle zone di arresto dei blocchi (espressa dal file raster Nr\_deposited) mostra le aree in cui i blocchi potrebbero fermarsi, sia lungo che alla sua base del versante.

Osservando gli scenari con dimensione dei blocchi medio-grande (scenari 1 e 2; Figura F.4 e Figura F.5) è possibile **riscontare una concentrazione dei blocchi all'interno dei canali presenti lungo il versante** (aree indicate in rosso nella Figura F.4 e Figura F.5).

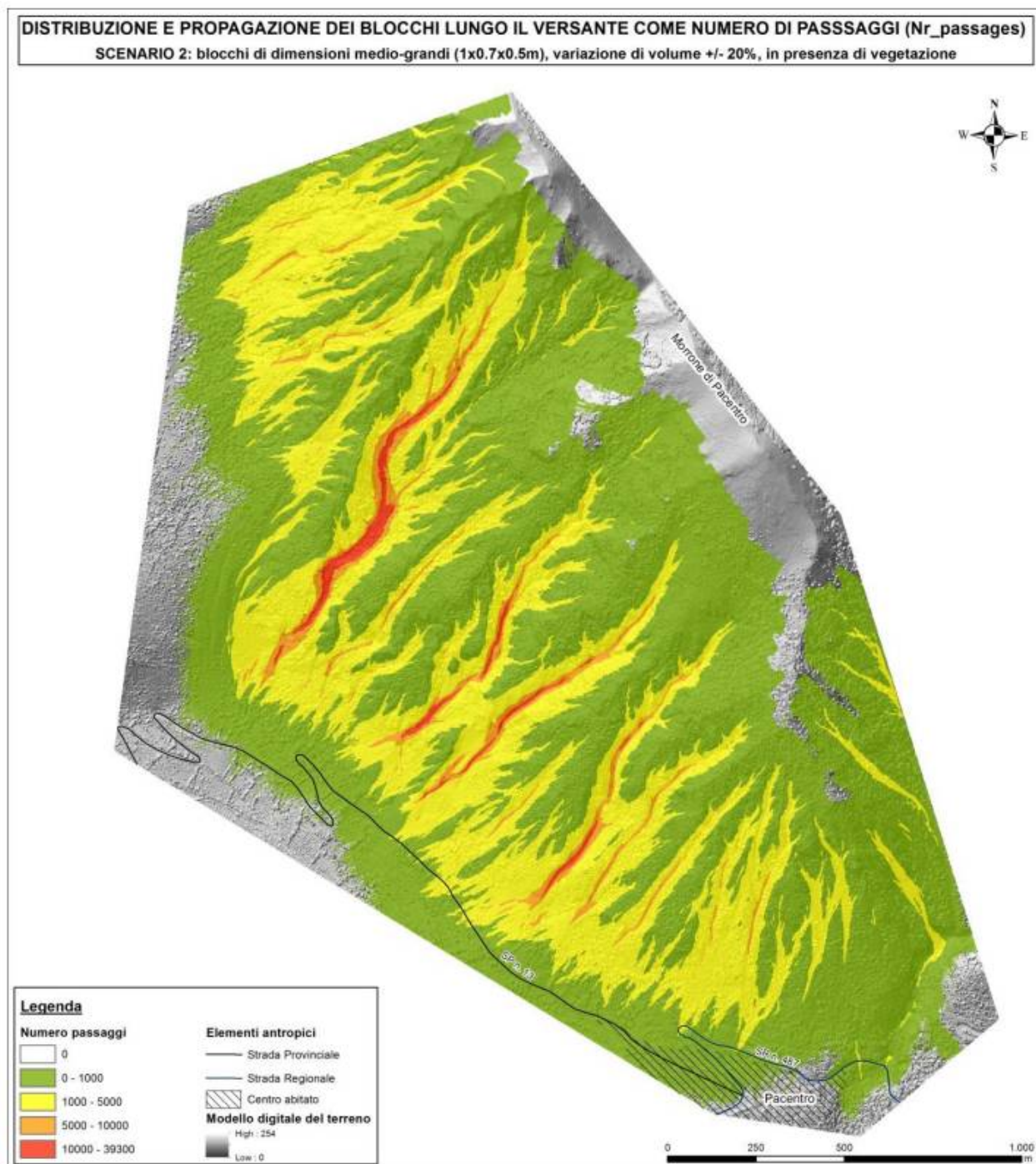
**Inoltre, la distribuzione dei blocchi è numericamente più alta in condizioni di versante privo di vegetazione (Figura F.4).**

**Figura F.4 - Analisi della distribuzione e propagazione dei blocchi dello scenario 1 come numero di passaggi possibili in ogni punto del versante di Morrone di Pacentro (espressa dal file raster Nr\_passages nel programma di simulazione Rockyfor3D).**





**Figura F.5 - Analisi della distribuzione e propagazione dei blocchi dello scenario 2 come numero di passaggi possibili in ogni punto del versante di Morrone di Pacentro (espressa dal file raster Nr\_passages nel programma di simulazione Rockyfor3D).**



La propagazione dei blocchi, in entrambi i casi di simulazione, avviene fino alla base del versante tanto da invadere e/o superare la strada provinciale per Pacentro (SP n. 13), la strada regionale (SR n.487) nonché le prime abitazioni di Pacentro poste a quote topografiche più elevate. Dalla valutazione degli scenari con dimensione dei



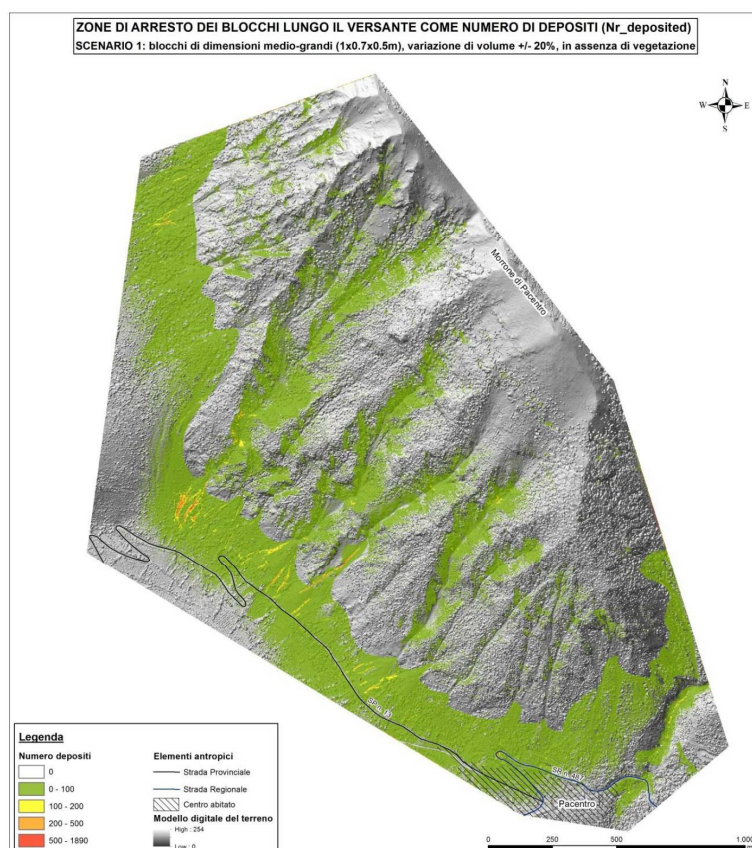
blocchi medio-grande (scenari 1 e 2; Figura F.8 e Figura F.9), è possibile riscontrare come i blocchi si arrestino in prossimità delle opere antropiche, rappresentate sia dalle strade principali che dal centro abitato stesso.

Tuttavia, è importante notare che, in presenza di vegetazione (scenario 2; Figura F.9), vi è una maggiore concentrazione di blocchi arrestatisi sulle zone mediane del pendio e minore alla base del versante e in corrispondenza degli elementi antropici.

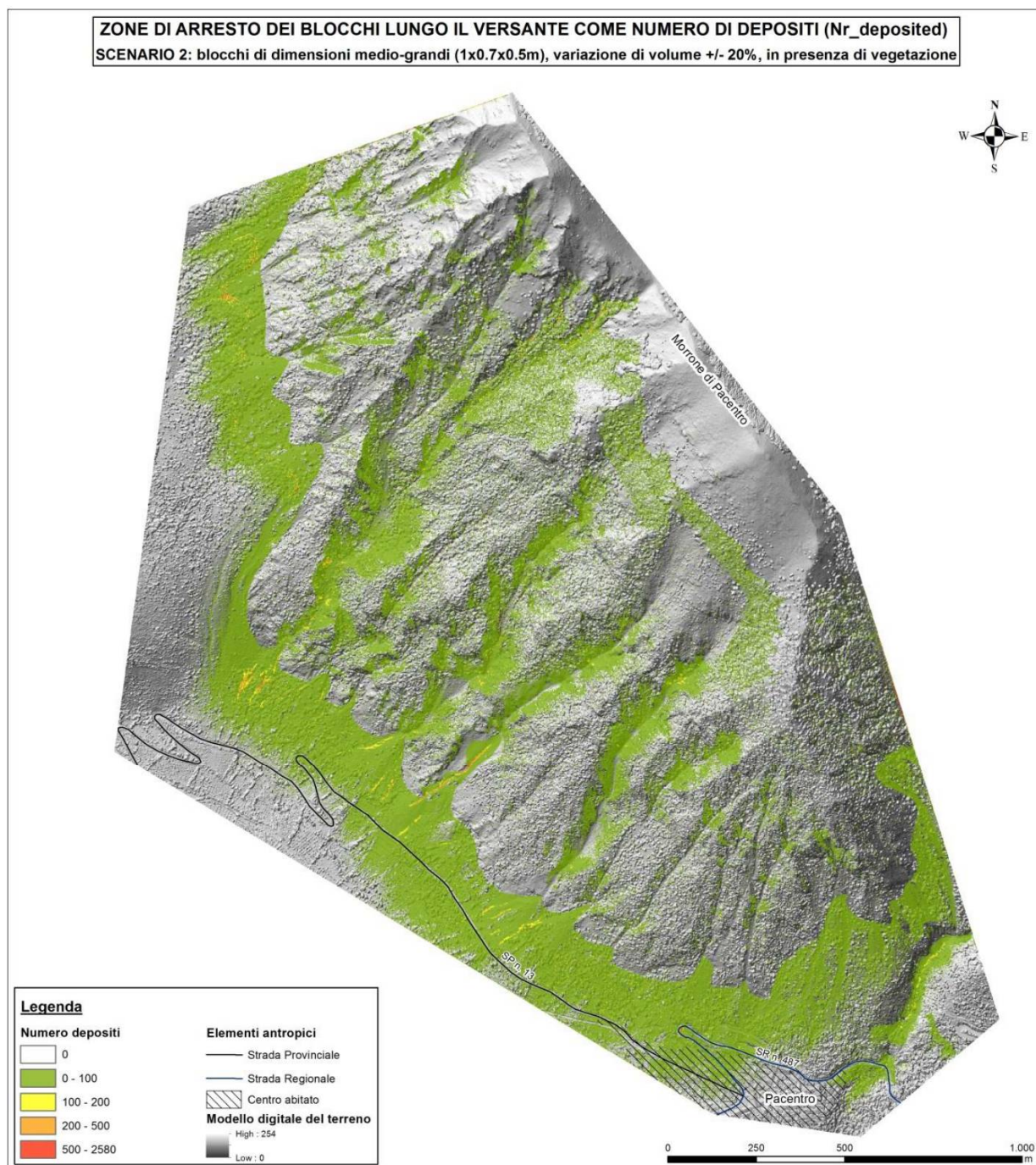
Esaminando gli scenari di simulazione con dimensione dei blocchi modesta (cfr, scenari 3 e 4; Figura F.10 e Figura F.11-relazione geologica), invece, si nota che i blocchi si arrestano maggiormente lungo il versante, in quantità superiori rispetto ai precedenti scenari analizzati, e questo accumulo avviene in condizioni di versante sia nudo (Figura F.10) che con presenza di vegetazione (Figura F.11).

In generale presentano un numero di blocchi depositati dello stesso ordine di grandezza ed una estensione areale molto simile; in entrambi i casi, le aree più a valle del versante in connessione con gli elementi antropici sono solo marginalmente interessate dall'accumolo di blocchi.

**Figura F.8 - Analisi delle zone di arresto dei blocchi dello scenario 1 come numero di depositi arrestatisi in ogni punto del versante di Morrone di Pacentro (espressa dal file raster Nr\_deposited nel programma di simulazione Rockyfor3D).**



**Figura F.9 - Analisi delle zone di arresto dei blocchi dello scenario 2 come numero di depositi arrestatisi in ogni punto del versante di Morrone di Pacentro (espressa dal file raster Nr\_deposited nel programma di simulazione Rockyfor3D)**



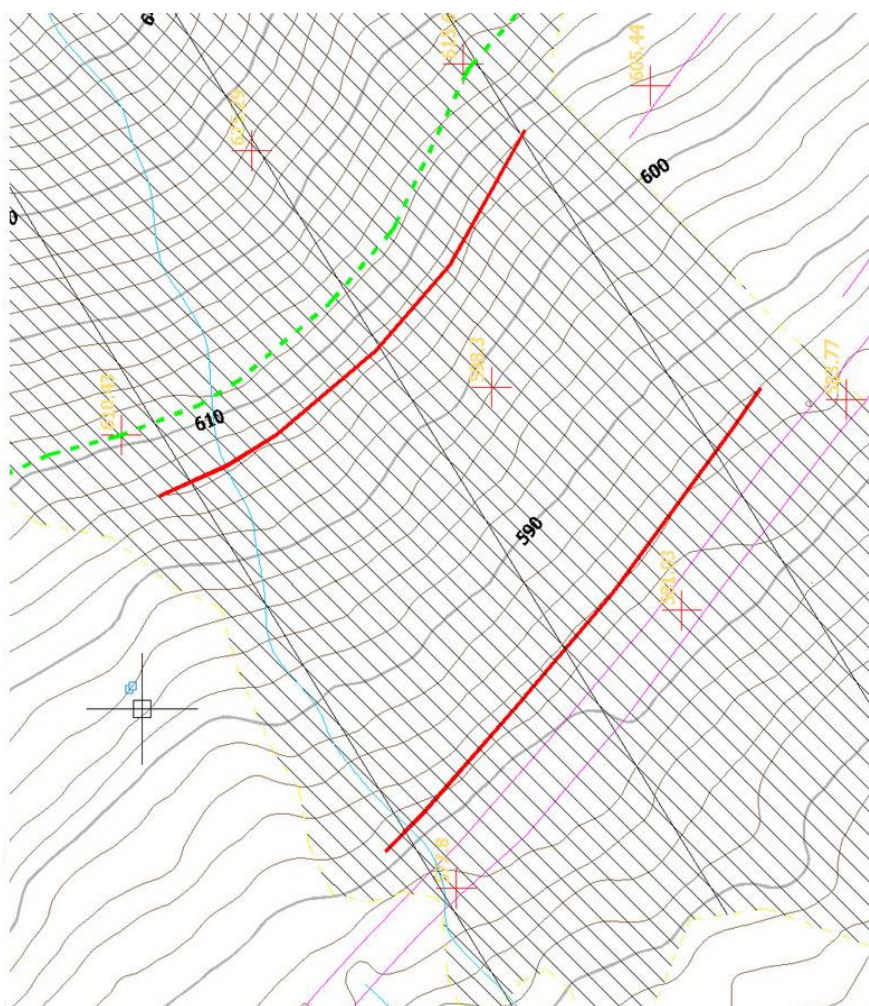
Al fine delle presenti valutazioni di progetto, è stato seguito come criterio di analisi, quello di porsi nella situazione di maggior rischio possibile.



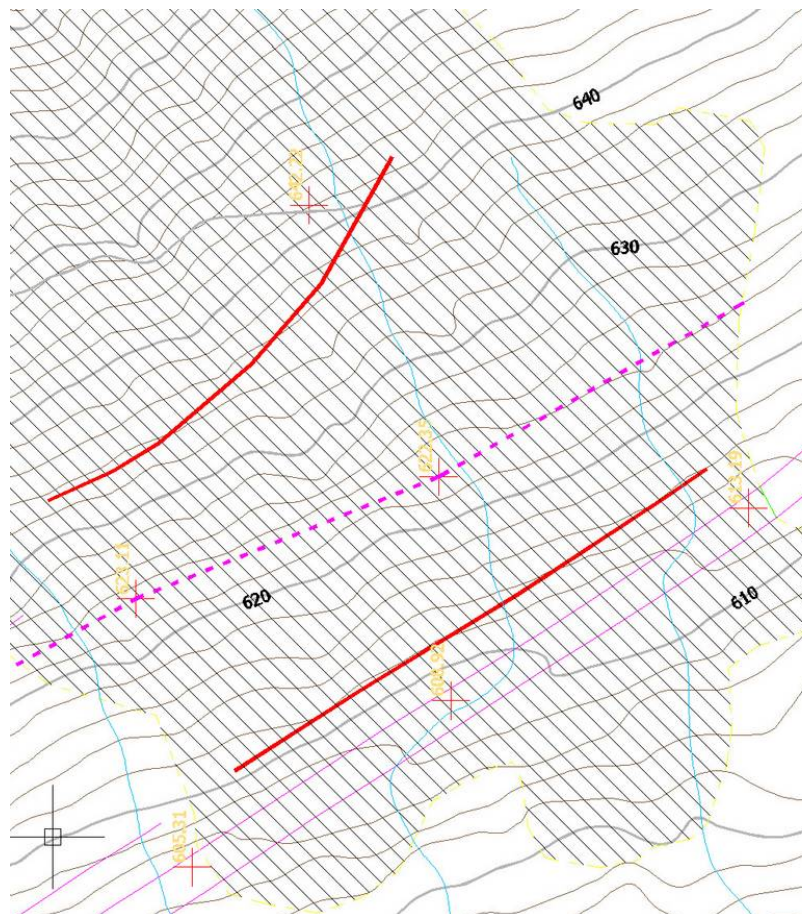
Con riferimento alle simulazioni elaborate e in riferimento ai dati rinvenuti dalle indagini di campo, tale situazione è rappresentata dalla caduta di massi/blocchi di dimensioni medio-grandi stimate in circa 0,4 mc in un settore individuato all'incirca nell'intorno della progressiva chilometrica 1+200 della SP13 (vedi area delimitata in blu in Figura F.5).

Dalla simulazione degli interventi necessari , è poi scaturito che, in casi estremi, una sola barriera potrebbe essere insufficiente e che la maggiore sicurezza viene raggiunta con la messa in opera di due barriere dislocate a quote diverse tra loro distanti 40 metri in orizzontale.

Nella fattispecie indagata le barriere paramassi verranno collocate tra le isoipse mediamente poste tra quota 584 m e 608 m. per la zona franosa 2, e tra le isoipse mediamente poste tra quota 636 m e 612 m. per la zona franosa 1.



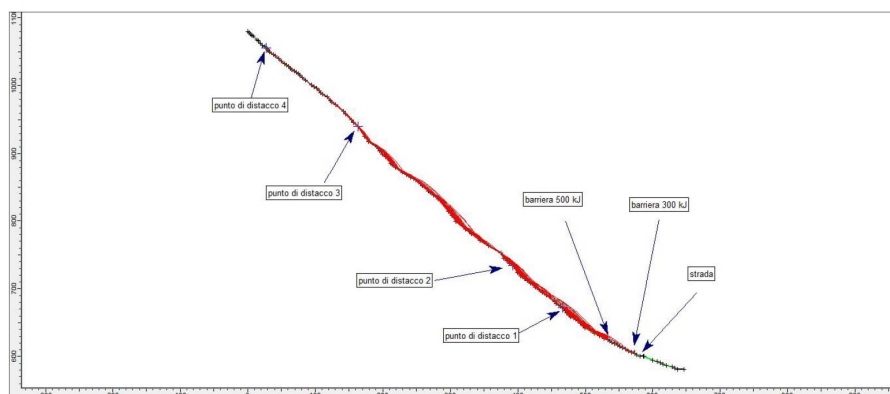
In rosso le due barriere paramassi da collocare nella zona 2 di frana (in verde la barriera esistente)



In rosso le due barriere paramassi da collocare nella zona 1 di frana più prossima a Pacentro  
(in magenta la barriera esistente danneggiata e da riparare)

Statisticamente soltanto 3 blocchi su 100 riuscirebbero ad oltrepassare la prima protezione raggiungendo la seconda di valle con una energia cinetica massima di poco inferiore ai 300 KJ.

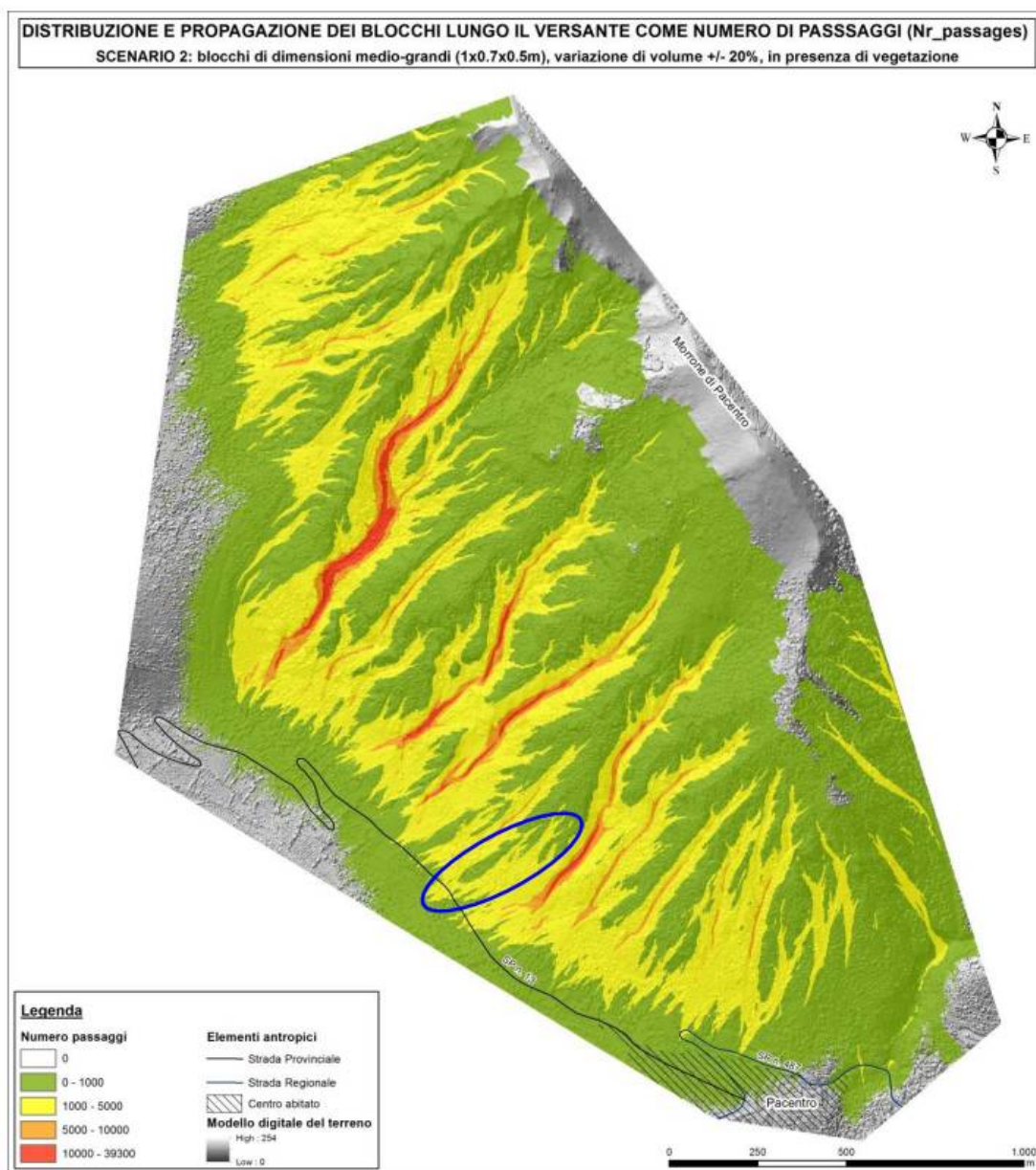
**Figura G.5 - Versante con 2 barriere: traiettorie dei 100 blocchi  $M = 850$  kg distaccati da 4 punti di distacco.**





La sudetta configurazione può essere estesa ed applicata all'intera tratta in cui la SP 13 costeggia il versante, tenendo sempre in considerazione che si tratta di una configurazione relativa alla situazione di massimo rischio possibile e che per tale motivo questa dovrà essere verificata, puntualmente, nelle successive fasi progettuali relative ad ulteriori iniziative connesse ai maggiori finanziamenti da programmare per mettere in sicurezza altre zone da proteggere della Sp13..

**Figura O.1 - Analisi della distribuzione e propagazione dei blocchi come numero di passaggi possibili. In blu è delimitata l'area definita a maggiore rischio.**

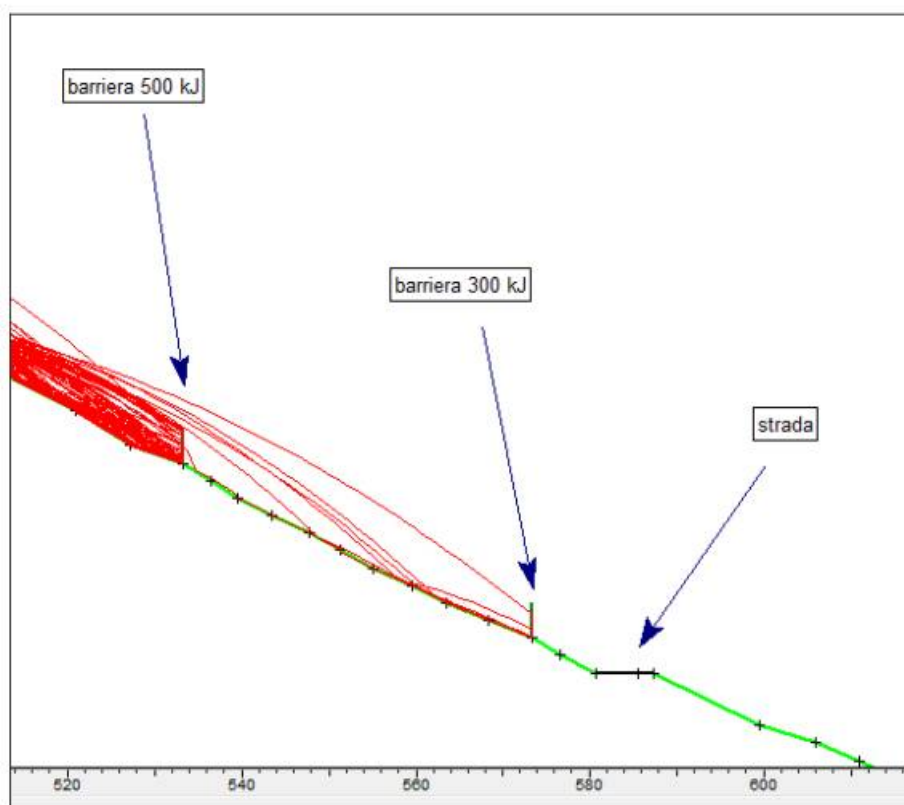




**Pertanto per il presente progetto è scaturito che la maggior sicurezza si raggiunge con la messa in opera di 2 barriere a quote diverse. Le aree che verranno coperte dalle due barriere elastiche, poste in allineamento, saranno ubicate in corrispondenza delle due zone colpite dalle colate del 2015 definite rispettivamente zona 1 e zona 2.**

La prima da installare ad una quota più alta, avente un'altezza di 4 metri ed una distanza in orizzontale rispetto alla strada di circa 50 metri e una capacità di assorbire un'energia cinetica massima pari a 500 KJ. La seconda da installare ad una quota più bassa ,in prossimità della strada ,a circa 8-10 metri dal ciglio di monte, capace di assorbire un'energia cinetica massima pari a poco meno di 300 KJ.

**Figura O.2 - Versante con 2 barriere: particolare delle traiettorie in corrispondenza della strada.**



*Date le incertezze connesse alla determinazione dei parametri determinati in maniera stocastica, che pur essendo fatti variare entro un intervallo di valori plausibili, comportano pur sempre la necessità di operare scelte progettuali cautelative a favore di sicurezza e considerata la gamma commerciale di barriere in produzione che risultano certificate per bande di valori in KJ di tipo discreto, si è ritenuto a favore di sicurezza di utilizzare barriere paramassi flessibili con energie tra loro complementari e pari rispettivamente a:*

**a) 750 KJ nella disposizione di valle con barriera di altezza 3,5 metri di classe due Categoria A**

***b) ed a 1000 KJ nella disposizione di monte con barriera di altezza 4,0 metri e classe tre categoria A secondo le classificazioni indicate dalla Linea Guida Europea ETAG 027.***

Ciò avuto riguardo anche al fatto che l'utilizzo di Rocfall nell'individuazione dell'intensità del fenomeno che potenzialmente si sviluppa dal versante, così come quello di qualunque altro algoritmo di calcolo, sfrutta le potenzialità dell'approccio probabilistico-statistico rispetto a quello deterministico, nella consapevolezza che **un'accurata previsione della caduta è nella pratica impossibile**, considerati i numerosi fattori che intervengono nella sua risoluzione (parametri geometrici del profilo, condizioni iniziali e dei coefficienti di restituzione o scivolamento incontrati sul pendio); risoluzione analitica che si presenta inoltre molto sensibile alla variazione anche modestissima di uno solo dei suddetti parametri.

#### **A.7) CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE BARRIERE PARAMASSI DA INSTALLARE**

La fornitura e posa in opera della barriera paramassi del tipo ad elevato assorbimento di energia, deformabile, dovrà essere prodotta in regime di qualità ISO 9001 e in possesso di **BTE (Benestare Tecnico Europeo) e di marchio CE**, certificata, a seguito di prove in vera grandezza "crash test", secondo le modalità di prova indicate dalla Linea Guida Europea **ETAG 027**.

Le barriere di valle con un fronte stradale da proteggere pari a 90 ml, saranno di **classe 2 (due) e categoria A** con assorbimento di energia **MEL** non inferiore a **750 kJ**, con un'altezza di intercettazione non inferiore a **3,5 m**.

Le barriere di monte, con un fronte di pendio da proteggere pari a 80 ml, saranno **di classe 3 (tre) e categoria A** con assorbimento di energia **MEL** non inferiore a **1.000 kJ** e presenteranno **un'altezza di 4,0 m**. Entrambe le barriere saranno sostanzialmente costituite da:

- Montanti in acciaio tubolare, HEA, HEB, IPE, ecc. dotati di cerniera ed elementi passafune, posti ad interasse pari a 10 m.
- Controventi di monte, di testa, funi longitudinali superiori e inferiori, funi di collegamento in funi di acciaio ad anima metallica con classe di resistenza non inferiore a  $1770 \text{ N/mm}^2$  muniti di cappio, dispositivi dissipatori, grilli, manicotti di chiusura e relativa morsetteria a cavallotto.
- Gli ancoraggi di fondazione, muniti di redancia e sistema di protezione anticorrosiva, dovranno essere dimensionati in base alle risultanze delle prove sperimentali; essi non sono trattati dalla Linea Guida ETAG 027 di riferimento per il conseguimento del Benestare Tecnico Europeo (ETA) e relativa Marcatura CE. Gli

ancoraggi di fondazione dovranno pertanto essere separatamente accompagnati dalla medesima documentazione di certificazione (Marcatura CE o in alternativa Certificato di Idoneità Tecnica del Servizio Tecnico Centrale), come prescritto dalle nuove N.T.C. (D.M. 14/01/2018) per tutti i materiali o prodotti da costruzione per uso strutturale.

- La struttura di contenimento sarà costituita da rete metallica con orditura a maglia quadra, esagonale, romboidale o ad anelli concatenati o altra configurazione, posti in opera tra le campate, uniti con idonei elementi di giunzione al fine di rendere omogenea tutta la struttura in caso di sollecitazione da impatto.
- I dissipatori di energia saranno realizzati con elementi tubolari, asole, freni o altri dispositivi, caratterizzati da modalità di funzionamento basata su sollecitazione o deformazione di materiali comunque idonei a non danneggiare le funi di acciaio.

Le barriere saranno sostenute in posizione dai soli montanti, dai controventi laterali e dai controventi di monte.

**Le barriere paramassi di valle e di monte** dovranno rispettare le seguenti caratteristiche comuni di natura tecnica e prestazionale:

- **superare n° 1 (una) prova di impatto con energia maggiore o uguale al 100% (M.E.L.: Maximum Energy Level)** della classe nominale di resistenza, trattenendo il blocco di prova, senza rotture o danni sostanziali ai componenti principali del sistema;
- **superare n° 2 (due) prove di impatto eseguite in successione, senza effettuare riparazioni, con energia maggiore o uguale ad 1/3 (S.E.L.: Service Energy Level)** della classe nominale di resistenza, trattenendo il blocco di prova, senza danni sostanziali ai componenti principali del sistema.

Dovranno inoltre essere garantiti i seguenti requisiti:

a) per **la barriera paramassi di valle**:

- **l'altezza residua della barriera dopo la prova M.E.L. non dovrà essere inferiore al 50% dell'altezza nominale;**
- **la deformata massima** nelle prove M.E.L. e S.E.L. **non dovrà essere superiore a 4,50 metri;**

b) per **la barriera paramassi di monte** ::

- **l'altezza residua della barriera dopo la prova MEL non dovrà essere inferiore al 70% dell'altezza nominale;**
- **la deformata massima** nelle prove M.E.L. e S.E.L. **non dovrà essere superiore a 5,00 metri;**

Le prove "crash test", considerato anche quanto previsto dalle Linee Guida Europee ETAG 027, dovranno essere effettuate secondo le seguenti modalità e prescrizioni, **i cui dati dovranno essere riportati nel certificato delle prove:**

- gli impatti durante i "crash test" devono avvenire per caduta libera del blocco di prova e senza interazioni dello stesso con il terreno o altri vincoli;
- la velocità del blocco di prova non può essere inferiore a **25 m/s**, rilevata mediante idonea strumentazione (attrezzatura video o apparecchiature similari);
- la deformata massima dovrà essere rilevata durante la prova **al momento della massima estensione** della rete, mediante idonea strumentazione (attrezzatura video o altri sistemi equivalenti);
- dovranno essere rilevati, mediante celle di carico, le forze agenti sulle fondazioni.

Tutti i materiali e/o componenti dovranno essere nuovi di fabbrica ed accompagnati da certificazione di origine e dichiarazioni di conformità, secondo le normative UNI EN 10025 o UNI EN 10219 (montanti in acciaio), UNI EN ISO 12385-4 (funi d'acciaio), UNI EN 10264-2 (zincatura funi).

Il fornitore dovrà esibire **polizza assicurativa RC prodotto per danni contro terzi per massimale non inferiore a 5 milioni di Euro**; la non presentazione della presente documentazione implicherà la non accettazione del prodotto.

La seguente documentazione dovrà essere preventivamente sottoposta per approvazione alla D.L.:

- **BTE (Benestare Tecnico Europeo) completo in ogni sua parte, inclusi allegati;**
- **Certificato di Conformità CE** della barriera paramassi;
- **Certificato di conformità CE o in alternativa C.I.T. del Servizio Tecnico Centrale** degli ancoraggi;
- manuale di montaggio;
- manuale di manutenzione;

I moduli (campate) di estremità della barriera dovranno essere pienamente utilizzabili. Pertanto nel Benestare Tecnico Europeo (ETA) non dovranno essere presenti condizioni ostative alla installazione di questi moduli a difesa dell'area da proteggere.

#### **A.7.1) CARATTERISTICHE DEI MATERIALI - DIMENSIONAMENTI**

##### **-A.7.1.1.) Normative Tecniche sui Materiali Impiegati:**

**UNI EN 10219** "Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate";

**UNI EN 10025-2** " Profilati laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali- Condizioni tecniche di fornitura";

**UNI EN ISO 1461** "Rivestimenti di zincatura per l'immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio- Specificazioni e metodi di prova";

**UNI EN 12365** "Funi di acciaio -Sicurezza";

**UNI EN 10264-2** "Filo di acciaio per funi-Filo di acciaio non legato trafilato a freddo per funi per applicazioni generali";

**UNI EN 10223-3** "Fili e prodotti trafilati di acciaio per recinzioni-Reti di acciaio a maglie esagonali per impieghi industriali";

**UNI EN 10244-2** "Fili e prodotti trafilati di acciaio -Rivestimenti metallici non ferrosi sui fili di acciaio-Rivestimenti di zinco o leghe di zinco."

#### **-Standard e Norme di Riferimento**

**ETAG 027** "Guideline for European Technical Approval of Falling Rock Protection Kits" (Linee Guida per il Benessere Tecnico Europeo di kit di protezione contro la caduta di massi).

**Capitolato speciale ANAS** "Gruppo tecnico per la sicurezza stradale"-Aprile 2010

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

- **D.M. 17/01/2018** – "Norme tecniche per le costruzioni"

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

- **A.I.C.A.P. - Ancoraggi nei terreni e nelle rocce: raccomandazioni**

#### **- A.7.1.2.) Dimensionamenti**

Il calcolo e la verifica degli elementi costruttivi sono stati condotti secondo gli usuali metodi della Scienza delle Costruzioni.

Tenuto conto delle caratteristiche prestazionali delle strutture delle barriere paramassi, le verifiche sono eseguite allo stato limite ultimo.

Il calcolo è stato effettuato considerando un terreno di matrice omogenea caratterizzato quindi da parametri geotecnici, fisici e meccanici costanti per tutto il suo spessore.

Si prevede, inoltre, che la miscela di iniezione, per la realizzazione degli elementi di trasmissione al terreno degli sforzi indotti nella struttura in elevazione, sia di tipo cementizio e sia posta in opera secondo il processo di iniezione



di tipo globale e messa in pressione unica (modello IGU: Iniezione Globale Unica) ed abbia un  $R_{ck}$  non inferiore a  $300 \text{ daN/cm}^2$ .

Secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche D.M. 17/01/2018 (art. 6.6 e seguenti) la verifica di sicurezza agli stati limite ultimi degli ancoraggi sono stati condotti utilizzando nel calcolo l'Approccio 2, con il set di coefficienti parziali ( $A1 + M1 + R3$ ), tenuto conto che, in tale combinazione, il coefficiente parziale per la resistenza di ancoraggi di tipo permanente vale  $\gamma_{Ra,p} = 1,20$  e si assume, a favore di sicurezza, il fattore di correlazione con il suo valore massimo  $\xi_a = 1,80$ .

Per quanto riguarda invece la verifica di sicurezza dei pali, secondo le Norme Tecniche D.M. 17/01/2018 (art. 6.4.3 e seguenti), si utilizzerà l'Approccio 2, con il set di coefficienti parziali ( $A1 + M1 + R3$ ), tenuto conto che, in tale combinazione, il coefficiente parziale per la resistenza dei pali viene assunto pari a  $\gamma_R = 1,30$  (pali trivellati) e si assume, a favore di sicurezza, il fattore di correlazione massimo  $\xi_a = 1,70$ .

La determinazione dei carichi di progetto è avvenuta considerando i risultati ottenuti durante la prova d'urto a scala reale (Crash Test) di tipo MEL (Maximum Energy Level) eseguita sulla barriera da 750 Kj o 1000 Kj, in cui vengono individuati gli sforzi massimi agenti sulle funi convergenti agli ancoraggi di monte e laterali, come indicato nello schema riportato in Fig. 1.

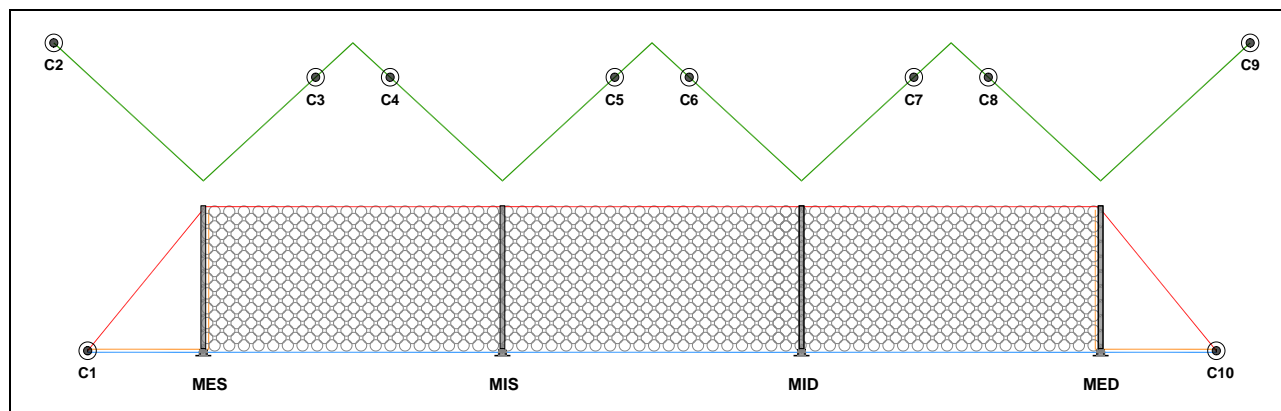


Fig. 1 – Disposizione delle celle di carico per l'analisi degli sforzi sulle funi durante il crash test

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

Si riportano in questa sede, per semplicità, le sole caratteristiche di resistenza dei materiali:

#### **Acciaio per barre tipo B450C**

Tensione caratteristica a rottura dell'acciaio	$f_{tks} = 5400 \text{ daN/cm}^2$
Tensione caratteristica a snervamento dell'acciaio	$f_{yks} = 4500 \text{ daN/cm}^2$
coefficiente di sicurezza	$\gamma_s = 1,15$
resistenza di calcolo dell'acciaio $= f_{yk} / \gamma_s =$	$f_{yds} = 3913 \text{ daN/cm}^2$
resistenza di calcolo di taglio acciaio $= f_{yks} / \sqrt{3} \gamma_s =$	$f_{vds} = 2260 \text{ daN/cm}^2$
modulo elastico dell'acciaio	$E = 2,06 \cdot 10^6 \text{ daN/cm}^2$

#### **Acciaio per funi in acciaio spiroidale (classe 1770 N/mm<sup>2</sup> - UNI EN 12385/10)**

Carico rottura minimo per diametro nominale $\Phi 16$	$T_{\Phi 16} = 238,0 \text{ kN}$
---	----------------------------------

#### **Ancoraggio in acciaio spiroidale (classe 1770 N/mm<sup>2</sup> - UNI EN 12385/10)**

Carico rottura minimo per diametro nominale $\Phi 16$	$A_{\Phi 16} = 400,0 \text{ kN}$
---	----------------------------------

#### **Miscela cementizia per iniezioni Rck 30 MPa (Classe C25/30) o superiore.**

confezionata con cemento tipo 325 o sup, eventuale utilizzo di additivi antiritiro e/o fluidificanti ecc... secondo indicazioni D.L., metodo iniezione di calcolo IGU,

rapporto acqua cemento	$a/c = 0,50 \div 0,60$
Resistenza cubica a compressione caratteristica	$R_{ck} = 300,0 \text{ daN/cm}^2$
Resistenza monoassiale per carichi di breve durata	$f_{ck} = 249,0 \text{ daN/cm}^2 = 0,83 \times R_{ck}$
Coefficiente di sicurezza	$\gamma_m = 1,50$
Coefficiente di sicurezza per carico per lunga durata	$\alpha_{cc} = 0,85$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 141,1 \text{ daN/cm}^2$
Resistenza caratteristica di aderenza	$f_{bk} = 40,3 \text{ daN/cm}^2$
Resistenza di calcolo di aderenza	$f_{bd} = 26,9 \text{ daN/cm}^2$

Le dimensioni minime degli ancoraggi da utilizzare per la realizzazione della barriera di valle da 750 KJ e di monte da 1000 KJ risultano le seguenti:

FONDAZIONE	TIPO DI FONDAZIONE	DIMENSIONI	DIAMETRO DI PERFORAZIONE
Fondazioni dei montanti	n. 2 barre in acciaio B450C	Diametro = 24 mm Lunghezza = 3,0 m	Diametro minimo di perforazione = 70 mm
Ancoraggi laterali	Ancoraggi in fune spiroidale	Diametro = 16 mm Lunghezza = 4,0 m	Diametro minimo di perforazione = 114 mm
Ancoraggi di monte	Ancoraggi in fune spiroidale	Diametro = 16 mm Lunghezza = 3,0 m	Diametro minimo di perforazione = 90 mm

Nel dimensionamento e nella verifica effettuata sono state definite alcune ipotesi progettuali, prima fra tutte l'assunzione di ben specifici carichi di progetto derivanti dalle prove d'urto a scala reale.

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

Si fa presente che comunque, nell'eventualità di ricoprimenti di terreno avente caratteristiche diverse da quelle di progetto la lunghezza di infissione dovrà essere convenientemente aumentata in modo da mantenere la stessa superficie laterale di ancoraggio immersa nello strato di terreno aventi le caratteristiche ipotizzate.

Dovrà comunque essere in ogni caso verificata da parte dell'Impresa installatrice l'aderenza delle ipotesi progettuali alle effettive caratteristiche del terreno rinvenuto in sito e di detta analisi si è tenuto conto nella individuazione del costo a mq d'appalto della barriera.

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

Si precisa, comunque, che i fattori di sicurezza inseriti nell'analisi sono molto cautelativi in quanto devono tener conto di:

1. possibile incertezza sui dati relativi al terreno;
2. differente configurazione geometrica tra barriera testata (situazione ideale) e barriera posta in opera;

differente distribuzione dei carichi agenti sugli elementi di connessione della barriera con il terreno.

**Nel prezzo a mq della barriera paramassi in elenco è compresa la posa in opera in qualsiasi situazione di terreno e la preventiva preparazione del piano di posa, le perforazioni ed iniezioni fino ad intasamento dei fori, le certificazioni e quant'altro ancora per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte, secondo le prescrizioni progettuali, escluso l'impiego di elicottero.**

Una parte dell'appalto concerne poi anche la sistemazione ed il ripristino delle barriere paramassi danneggiate dalla slavina del marzo 2015. Trattasi della parziale asportazione di materiale franato imbrigliato nelle reti, della rimessa in pristino e ritensionatura di alcune parti di pannelli di rete metallica, del riallineamento o della sostituzione

di puntoni di HEA abbattuti. **Opere che verranno indicate dalla Direzione Lavori sui luoghi nei limiti delle disponibilità economiche attuali.**

Si ritiene infatti che l'attuale presidio in parte danneggiato dalla slavina non possa essere smantellato giacchè l'asportazione delle opere per la sua notevole estensione areale e lineare richiederebbe un costo rilevante. Viceversa, le barriere potranno ben conservare la loro funzionalità ed utilità qualora vengano ripristinate nella loro efficienza originaria. **In tal senso, basterebbe che, in futuro, venissero programmati alcuni interventi aventi carattere puramente manutentorio modulati in base alle risorse rinvenienti da più esercizi finanziari dell'Ente raggiungendo così l'obiettivo di proteggere il versante, in un arco di tempo ragionevole, servendosi di un insieme coordinato ed integrato di opere passive.**

A completamento delle opere a corpo, la spesa complessiva di progetto prevede anche la sistemazione di alcuni modesti tratti della SP 13 di circa 210 ml. con asportazione del materiale di frana occupante la sede stradale, la sostituzione di un tratto di barriera di sicurezza su orlo di scarpata con barriera bordo laterale di tipo H1, la fresatura e bitumatura della carreggiata con esecuzione del tappeto di usura di alcuni tratti dell'asse viario e la ricostituzione della necessaria segnaletica orizzontale e verticale.

## **B) ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI**

### **B.1- CALCOLO ESTIMATIVO GIUSTIFICATIVO DELLA SPESA**

Ai sensi del co.1. art.32 del DPR 207/2010 , Il computo metrico estimativo è stato redatto applicando alle quantità delle lavorazioni i prezzi unitari riportati nell'elaborato elenco dei prezzi unitari. Tali prezzi sono stati dedotti principalmente dai vigenti prezzi della Regione Abruzzo approvati con la D.G.R. n.82 del 12/02/2018, pubblicata sul B.U.R.A.T. Ordinario n. 11 del 14/03/2018 nel rispetto di quanto disposto dall'articolo 133, comma 8, del codice.

In mancanza della corrispondente voce nei prezziari, ci si è avvalsi dei listini ufficiali vigenti nell'area interessata o di quelli utilizzati dall'ANAS (ed. 2018) per opere nuove o per interventi di manutenzione straordinaria ed ordinaria.

Le singole lavorazioni, risultanti dall'aggregazione delle rispettive voci dedotte dal computo metrico estimativo, sono poi raggruppate, in sede di redazione dello schema di contratto e del bando di gara, ai fini della definizione dei

gruppi di categorie ritenute omogenee. Tale aggregazione avviene in forma tabellare con riferimento alle specifiche parti di opere cui le aliquote si riferiscono.

Per eventuali voci mancanti il relativo prezzo è stato determinato mediante analisi:

- a) applicando alle quantità di materiali, mano d'opera, noli e trasporti, necessari per la realizzazione delle quantità unitarie di ogni voce, i rispettivi prezzi elementari dedotti da listini ufficiali o dai listini delle locali camere di commercio ovvero, in difetto, dai prezzi correnti di mercato;
- b) aggiungendo ulteriormente una percentuale variabile tra il tredici e diciassette per cento, a seconda della importanza, della natura, della durata e di particolari esigenze dei singoli lavori, per spese generali;
- c) aggiungendo infine una percentuale del dieci per cento per utile dell'esecutore.

#### **B.2-FORMA DELL'APPALTO E DEL CONTRATTO - CRITERIO DI AGGIUDICAZIONE**

L'appalto è a corpo . Il contratto è stipulato "a corpo" ai sensi dell'articolo 3 lettera dddd) del Codice dei contratti. In base all'art. 43 comma 6 del Regolamento di cui al DPR 207/2010, per gli interventi il cui corrispettivo è previsto a corpo lo schema di contratto indica, per ogni gruppo di categorie ritenute omogenee, il relativo importo e la sua aliquota percentuale riferita all'ammontare complessivo dell'intervento.

Tali importi e le correlate aliquote sono dedotti in sede di progetto esecutivo dal computo metrico estimativo. Al fine del pagamento in corso d'opera i suddetti importi e aliquote possono essere indicati anche disaggregati nelle loro componenti principali.

L'importo del contratto, come determinato in sede di gara, resta fisso e invariabile, senza che possa essere invocata da alcuna delle parti contraenti alcuna successiva verifica sulla misura o sul valore attribuito alla quantità. L'elenco dei prezzi unitari e il computo metrico hanno validità ai soli fini della determinazione del prezzo a base d'asta in base al quale effettuare l'aggiudicazione, in quanto l'appaltatore è tenuto, in sede di partecipazione alla gara, a verificare le voci e le quantità richieste per l'esecuzione completa dei lavori progettati, ai fini della formulazione della propria offerta e del conseguente corrispettivo.

La contabilizzazione del lavoro a corpo sarà effettuata ai sensi dell'art.14 comma 1 lett.b) del Decreto 7 marzo 2018 n.49 Regolamento recante: *«Approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione»*, applicando all'importo netto di aggiudicazione le percentuali



convenzionali relative alle singole categorie e sottocategorie disaggregate di lavoro di ciascuna delle quali verrà contabilizzata la quota parte in proporzione al lavoro eseguito.

**Nel prezzo a mq. della barriera paramassi risulterà pertanto compensata ogni o diversa misura reale che risulti in corso d'opera maggiore rispetto a quelle minime teoriche di progetto e dei disegni esecutivi derivanti dall'asperità e morfologia effettiva dei luoghi nonchè quelle relative al calcolo che le collocazioni delle strutture di fondazione potranno eventualmente richiedere e registrare localmente in ogni punto di ancoraggio.**

**E ciò a seguito di qualunque causa; ivi comprese quelle di natura operativa connesse a particolari condizioni geotecniche di idoneità e di tenuta puntuale del sottosuolo indagato e/o derivanti da una posizione diversa da quella che risulti geometricamente definita negli elaborati progettuali per la collocazione della barriera paramassi sulla pendice.**

L'importo dell'appalto posto a base dell'affidamento è definito dalla seguente tabella:

	Importi in euro	TOTALE
<b>1</b>	<b>Lavori ( L ) A CORPO</b>	<b>€ 366.569,40</b>
	<b>Oneri di sicurezza da PSC (OS)</b>	<b>€ 6.421,20</b>
<b>T</b>	<b>IMPORTO TOTALE APPALTO (1 + 2)</b>	<b>€ 372.990,60</b>

In base all'art.95 comma 10 ed all'art.97 comma 5 del Nuovo Codice dei Contratti ,nell'offerta economica l'operatore dovrà indicare i propri costi aziendali concernenti l'adempimento delle disposizioni in materia di salute e sicurezza sui luoghi di lavoro.

Pertanto gli importi del **costo del personale** ( e quindi non i soli costi della mano d'opera) **e dei costi di sicurezza aziendali** , andranno elaborati, individuati e riportati dall'operatore economico in sede di presentazione della propria offerta al fine di determinare la congruità del ribasso offerto e consentire all'Amministrazione di stabilire la soglia di anomalia secondo quanto previsto **dall'art.97 commi 3,4,5,6 e 7 del Codice.**

### **B.3-CATEGORIE DI LAVORO**

Le varie voci di lavoro sono state aggregate nel computo metrico secondo gli importi previsti dall'articolo 61, comma 4 del DPR 207/2010. nelle rispettive categorie di appartenenza, generali e specializzate, allo scopo di rilevare i rispettivi importi, in relazione ai quali individuare:

- a) la categoria prevalente (così come definita all'art.32, comma 7 del DPR 207/2010);  
b) le categorie scorporabili di importo superiore al dieci per cento dell'importo totale dei lavori oppure a 150.000 euro e subappaltabili a scelta del concorrente;  
c) quelle appartenenti alle strutture, impianti ed opere speciali che, nell'ambito delle categorie suddette sono state da ultimo definite nell D.M. 248/2016.

L'art. 216 del D.Lgs. 50/2016 ha infatti previsto la decadenza dell'intero art. 12 della legge 80/2014 a far data dal 29/1/2017, data di entrata in vigore del **DM 10/11/2016, n. 248** (in G.U. n. 3 del 4/1/2017), emanato in applicazione dell'art. 89, comma 11, del nuovo Codice in ordine alle categorie superspecializzate.

Il DM 248 è stato promulgato "in attuazione dell'articolo 89, comma 11, del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50" (che tratta dell'avvalimento in relazione alle superspecializzate) e "dell'articolo 105, comma 5, del Codice" (che pone il limite del 30% al subappalto delle superspecializzate allorché il loro valore supera il 10% dell'importo delle opere).

Categorie di Opere GENERALI e SPECIALIZZATE

OG3 - Strade, autostrade, ponti, viadotti, ferrovie, metropolitane ...	7.799,53
OS1 - Lavori in terra	8.834,05
OS10 - Segnaletica stradale non luminosa	7.945,10
OS12-A - Barriere stradali di sicurezza	4.902,60
OS12-B - Barriere paramassi, fermaneve e simili	352.566,04
<b>TOTALE euro</b>	<b>382.047,32</b>

Gli operatori economici, nelle more dell'istituzione del nuovo sistema unico di qualificazione degli esecutori di lavori pubblici previsto nel nuovo codice, continuano ad essere qualificati per categorie di opere generali, per categorie di opere specializzate, e classificati, nell'ambito delle categorie loro attribuite.

Ai sensi dell'articolo 61, comma 3, del Regolamento generale e in conformità all'allegato «A» al predetto Regolamento generale, i lavori sono classificati nella categoria di opere speciali - **«OS 12-B BARRIERE PARAMASSI, FERMANEVE E SIMILI»** Classifica II di importo pari ad € 372.990,60. La categoria prevalente OS 12-B ricomprende le lavorazioni riconducibili a categorie diverse, ciascuna di importo non superiore a 150.000 euro e non superiore al 10% (dieci per cento = € 37.299,06) dell'importo dell'appalto. L'importo della predetta categoria prevalente, ammonta pertanto ai sopra cennati **euro che risultano così ottenuti:**

- euro 345.438,92 in- OS 12-B (Barriere Paramassi, Fermaneve e Simili) +
- euro 7.799,53 in OG3 (Strade, Autostrade, Ponti, Viadotti etc.) +
- euro 4.902,60 in OS 12-A - (Barriere Stradali Di Sicurezza) +

- euro..... 6.904,45 in OS 1 (Lavori in terra) +
- euro..... 7.945,10 in OS 10 (Segnaletica Stradale Non Luminosa)

Rispetto al previgente D.P.R. 207/2010, come modificato dall'art.12 del D.L. 47/2014 convertito con modificazioni dalla L.80/2014, - il numero delle categorie super-specialistiche passa da 13 a 15.

Non è ammesso l'avvalimento per le categorie scorporabili che rientrano nelle cosiddette SIOS (strutture, impianti e opere speciali dell'ELENCO 1 del Decreto ministeriale 10 novembre 2016, n. 248) e che superano in valore il dieci per cento dell'importo totale dei lavori.

Per tutte le categorie generali (ELENCO 2 del Decreto ministeriale 10 novembre 2016, n. 248) vanno indicate nel bando, oltre alla prevalente, quelle scorporabili che dall'aggregazione delle singole lavorazioni risultino di importo > 10% del totale lavori o > 150.000 euro ( che non sono presenti nel presente appalto).

Tutte le categorie generali scorporabili, fermo il limite stabilito per l'importo complessivo dei lavori del 30%, sono subappaltabili al 100%. Al di fuori dei predetti limiti, tranne per la categoria OG 2, tutte le altre categorie generali non sono indicate nel bando e sono aggregate alle lavorazioni della categoria prevalente.

Per le categorie rientranti **nell'elenco delle specializzate a qualificazione non obbligatoria non SIOS** (ELENCO 5 del Decreto ministeriale 10 novembre 2016, n. 248) quale quella OS1- Lavori in terra - vanno indicate nel bando, oltre alla prevalente, quelle scorporabili che dall'aggregazione delle singole lavorazioni risultino di importo > 10% del totale lavori o > 150.000 euro ( e detto caso non rientra nella fattispecie del presente appalto).

b) Categorie a qualificazione obbligatoria																																																									
<p><b>a) Strutture, impianti e opere speciali</b> art. 89, comma 11, decreto legislativo n. 50 del 2016 art. 2, comma 2, decreto ministeriale n. 248 del 2016</p> <table> <tr><td>OG 11 *</td><td>Opere OS3, OS28 e OS30, tra loro coordinate</td></tr> <tr><td>OS 2-A</td><td>Superfici decorate di immobili e beni mobili storici</td></tr> <tr><td>OS 2-B</td><td>Beni culturali mobili di interesse archivistico e librario</td></tr> <tr><td>OS 4</td><td>Impianti elettromeccanici trasportatori</td></tr> <tr><td>OS 11</td><td>Apparecchiature strutturali speciali</td></tr> <tr><td>OS 12-A</td><td>Barriere stradali di sicurezza</td></tr> <tr><td>OS 12-B</td><td>Barriere paramassi, ferma neve e simili</td></tr> <tr><td>OS 13</td><td>Strutture prefabbricate in cemento armato</td></tr> <tr><td>OS 14</td><td>Impianti di smaltimento e recupero rifiuti</td></tr> <tr><td>OS 18-A</td><td>Componenti strutturali in acciaio</td></tr> <tr><td>OS 18-B</td><td>Componenti per facciate continue</td></tr> <tr><td>OS 21</td><td>Opere strutturali speciali</td></tr> <tr><td>OS 25</td><td>Scavi archeologici</td></tr> <tr><td>OS 30 *</td><td>Impianti interni elettrici, telefonici, radiotelefonici</td></tr> <tr><td>OS 32</td><td>Strutture in legno</td></tr> </table>	OG 11 *	Opere OS3, OS28 e OS30, tra loro coordinate	OS 2-A	Superfici decorate di immobili e beni mobili storici	OS 2-B	Beni culturali mobili di interesse archivistico e librario	OS 4	Impianti elettromeccanici trasportatori	OS 11	Apparecchiature strutturali speciali	OS 12-A	Barriere stradali di sicurezza	OS 12-B	Barriere paramassi, ferma neve e simili	OS 13	Strutture prefabbricate in cemento armato	OS 14	Impianti di smaltimento e recupero rifiuti	OS 18-A	Componenti strutturali in acciaio	OS 18-B	Componenti per facciate continue	OS 21	Opere strutturali speciali	OS 25	Scavi archeologici	OS 30 *	Impianti interni elettrici, telefonici, radiotelefonici	OS 32	Strutture in legno	<table> <tr> <td>OG</td><td>TUTTE (comprese la <b>OG 2</b> e la <b>OG 11 *</b>)</td></tr> <tr> <td>OS</td><td>Tutte quelle di cui all'elenco «a)» se &lt;= 10% e inoltre</td></tr> <tr><td>OS 3 *</td><td>Impianti idrico-sanitario, cucine, lavanderie</td></tr> <tr><td>OS 5</td><td>Impianti pneumatici e antintrusione</td></tr> <tr><td>OS 8</td><td>Opere di impermeabilizzazione</td></tr> <tr><td>OS 10</td><td>Segnaletica stradale non luminosa</td></tr> <tr><td>OS 20-A</td><td>Rilevamenti topografici</td></tr> <tr><td>OS 20-B</td><td>Indagini geognostiche</td></tr> <tr><td>OS 24</td><td>Verde e arredo urbano</td></tr> <tr><td>OS 28 *</td><td>Impianti termici e di condizionamento</td></tr> <tr><td>OS 33</td><td>Pavimentazioni e sovrastrutture speciali</td></tr> <tr><td>OS 34</td><td>Sistemi antirumore per infrastrutture mobilità</td></tr> <tr><td>OS 35</td><td>Interventi a basso impatto ambientale</td></tr> </table>	OG	TUTTE (comprese la <b>OG 2</b> e la <b>OG 11 *</b> )	OS	Tutte quelle di cui all'elenco «a)» se <= 10% e inoltre	OS 3 *	Impianti idrico-sanitario, cucine, lavanderie	OS 5	Impianti pneumatici e antintrusione	OS 8	Opere di impermeabilizzazione	OS 10	Segnaletica stradale non luminosa	OS 20-A	Rilevamenti topografici	OS 20-B	Indagini geognostiche	OS 24	Verde e arredo urbano	OS 28 *	Impianti termici e di condizionamento	OS 33	Pavimentazioni e sovrastrutture speciali	OS 34	Sistemi antirumore per infrastrutture mobilità	OS 35	Interventi a basso impatto ambientale
OG 11 *	Opere OS3, OS28 e OS30, tra loro coordinate																																																								
OS 2-A	Superfici decorate di immobili e beni mobili storici																																																								
OS 2-B	Beni culturali mobili di interesse archivistico e librario																																																								
OS 4	Impianti elettromeccanici trasportatori																																																								
OS 11	Apparecchiature strutturali speciali																																																								
OS 12-A	Barriere stradali di sicurezza																																																								
OS 12-B	Barriere paramassi, ferma neve e simili																																																								
OS 13	Strutture prefabbricate in cemento armato																																																								
OS 14	Impianti di smaltimento e recupero rifiuti																																																								
OS 18-A	Componenti strutturali in acciaio																																																								
OS 18-B	Componenti per facciate continue																																																								
OS 21	Opere strutturali speciali																																																								
OS 25	Scavi archeologici																																																								
OS 30 *	Impianti interni elettrici, telefonici, radiotelefonici																																																								
OS 32	Strutture in legno																																																								
OG	TUTTE (comprese la <b>OG 2</b> e la <b>OG 11 *</b> )																																																								
OS	Tutte quelle di cui all'elenco «a)» se <= 10% e inoltre																																																								
OS 3 *	Impianti idrico-sanitario, cucine, lavanderie																																																								
OS 5	Impianti pneumatici e antintrusione																																																								
OS 8	Opere di impermeabilizzazione																																																								
OS 10	Segnaletica stradale non luminosa																																																								
OS 20-A	Rilevamenti topografici																																																								
OS 20-B	Indagini geognostiche																																																								
OS 24	Verde e arredo urbano																																																								
OS 28 *	Impianti termici e di condizionamento																																																								
OS 33	Pavimentazioni e sovrastrutture speciali																																																								
OS 34	Sistemi antirumore per infrastrutture mobilità																																																								
OS 35	Interventi a basso impatto ambientale																																																								

<b>a)</b>	> 10% scorporabili (s.i.o.s.) con obbligo di qualificazione in proprio o mediante R.T.I. . divieto di avvalimento e divieto di subappalto oltre il 30%
<b>b)</b>	> 150.000 euro o > 10% : scorporabili con obbligo di qualificazione, in assenza di qualificazione obbligo di subappalto (subappalto "qualificante") <= 150.000 euro e <= 10% eseguibili dal concorrente anche senza qualificazione (subappalto "facoltativo")
<b>c)</b>	qualsiasi importo : eseguibili dal concorrente anche senza qualificazione (subappalto "facoltativo") appalti in soglia comunitaria: indicazione terna di subappaltatori
<b>d)</b>	Le categorie OG 2, OS 2-A, OS 2-B e OS25 sono soggette alla disciplina speciale degli articoli 146 e 148, commi 2 e 4, del decreto legislativo n. 50 del 2016 e dell'articolo 248 del d.P.R. n. 207 del 2010 per cui sussiste il divieto di avvalimento. Se le categorie OS 2-A, OS 2-B e OS25 sono di importo superiore al 10% rientrano nella fattispecie «a)»; altrimenti rientrano nella fattispecie «b)», a prescindere dall'importo. La categoria OS 25 rientra sempre nella fattispecie «b)», a prescindere dall'importo.
<b>*</b>	La categoria OG11 è alternativa alle categorie OS 3, OS28 e OS30. Ai sensi dell'art. 79, comma 16, del d.P.R. n. 207 del 2010, la OG11 rileva quando ricorrono tutte le seguenti tre condizioni: OS3 > 10% di (OS3+OS28+OS30), OS28 > 25% di (OS3+OS28+OS30), OS30 > 25% di (OS3+OS28+OS30) In assenza anche di una sola di tali condizioni rilevano le singole categorie OS. Per gli appalti di importo complessivo fino a 150.000 euro le fattispecie «b)» e «c)» non esistono; Per gli appalti di importo complessivo fino a 1.500.000 euro la fattispecie «a)» è disciplinata dagli articoli 90 e 92, comma 7, del d.P.R. n. 207 del 2010.

c)	Altre categorie (senza obbligo di requisiti) qualificazione non obbligatoria
OS 1	Scavi e movimenti di terra
OS 6	Finiture ... in materiali lignei, plastici, metallici
OS 7	Finiture di natura edile
OS 9	Segnaletica luminosa e sicurezza traffico
OS 15	Pulizia di acque marine, lacustri, fluviali
OS 16	Impianti per centrali produz. energia elettrica
OS 17	Linee telefoniche e impianti di telefonia
OS 19	Impianti reti telecomunicaz. e trasmissione
OS 22	Impianti di potabilizzazione e depurazione
OS 23	Demolizioni di opere
OS 26	Pavimentazioni e sovrastrutture speciali
OS 27	Impianti per la trazione elettrica
OS 29	Armamento ferroviario
OS 31	Impianti per la mobilità sospesa

Ne discende che la tipologia DELLE CATEGORIE DI QUALIFICAZIONE è sotto riportata:

categ.	importo	classifica	%	tipologia della categoria di qualificazione	declaratoria
OS12-B	372.990,60	II	100,00%	--- CATEGORIA PREVALENTE	Barriere paramassi, fermaneeve e simili
TOTALE	372.990,60		100,00%		

#### B.4-DISCIPLINA DEI PAGAMENTI

Ai sensi dell'articolo 35 comma 18 del Nuovo Codice dei Contratti di cui al D.Lgs.vo 50/2016 è dovuta all'appaltatore una somma, a titolo di **anticipazione, pari al 20 % (venti per cento) dell'importo del contratto.**

L'anticipazione è revocata se l'esecuzione dei lavori non procede secondo i tempi contrattuali e, in tale caso, spettano alla Stazione appaltante anche gli interessi corrispettivi al tasso legale con decorrenza dalla data di erogazione della anticipazione.

L'erogazione dell'anticipazione è subordinata alla prestazione, da parte dell'appaltatore, di apposita garanzia di importo garantito almeno pari all'anticipazione, maggiorato dell'I.V.A. all'aliquota di legge, maggiorato altresì del tasso legale di interesse applicato al periodo necessario al recupero dell'anticipazione stessa in base al cronoprogramma dei lavori;

Le rate di acconto saranno dovute ogni qualvolta l'importo dei lavori eseguiti, raggiungeranno, come da CSA, un importo non inferiore a **€ 90.000,00** (euro novantamila), come risultante dal Registro di contabilità e dallo Stato di avanzamento lavori di cui all'art.14 comma 1 lett d) del decreto 7 marzo 2018 n.49.

Per quanto riguarda i ritardi nei pagamenti e la misura dei tassi va tenuto a mente l'art. 24, commi 1 e 2, della legge n. 161 del 2014 ,secondo cui i termini e il tasso di interesse previsti si applicano solo se più favorevoli al creditore rispetto a quanto previsto dagli articoli 4 e 5 del d.lgs. n. 231 del 2002.

In caso di ritardo nel pagamento della rata di acconto rispetto al termine stabilito , per causa imputabile alla Stazione appaltante, sulle somme dovute decorrono gli interessi moratori, nella misura pari al Tasso B.C.E. di riferimento di cui all'articolo 5, comma 2, del decreto legislativo n. 231 del 2002, maggiorato di 8 (otto) punti percentuali.

#### **B.5-SUBAPPALTO**

Previa autorizzazione della stazione appaltante e nel rispetto dell'articolo 105 del «Nuovo Codice dei Contratti», i lavori che l'appaltatore avrà indicato a tale scopo **in sede di gara-** potranno essere subappaltati, nella misura, alle condizioni e con i limiti e le modalità previste dal bando di gara.

Torna in vigore il principio secondo cui il subappalto è ammesso a prescindere da un'indicazione espressa che lo consenta nel bando di gara.

Ciò, naturalmente, nei limiti consentiti dalla normativa ossia fatto salvo l'onere in capo al concorrente, di dichiarare in fase di offerta la volontà di subappaltare determinate lavorazioni e ferma restando la necessaria autorizzazione dalla stazione appaltante in fase di esecuzione.

**Il limite del 30 per cento per le sole "categorie prevalenti", viene esteso con le nuove disposizioni di cui all'art.105 comma 5 del D.Lgs.vo 50/2016 all'importo complessivo dell'opera**, riducendo così la quota di subappalto a disposizione dell'appaltatore.

Il comma 6 dell'articolo 105 del D.Lgs.vo 50/16 prevede che, al ricorrere di alcune circostanze, è d'obbligo per l'appaltatore indicare nominativamente i subappaltatori all'atto della formulazione dell'offerta in gara.

In particolare , ai sensi del riformulato comma 6 "***è obbligatoria l'indicazione della terna di subappaltatori in sede di offerta, qualora gli appalti di lavori, servizi e forniture siano di importo pari o superiore alle soglie di cui all'articolo 35, o indipendentemente dall'importo a base di gara importino attività maggiormente esposte a rischio di infiltrazione mafiosa, come individuate dal comma 53 dell'articolo 1 della legge n.190/2012***" (c.d. Legge anticorruzione) ossia quelle attività per le quali è prevista l'iscrizione alle c.d. white-list presso le Prefetture.

Le attività maggiormente esposte a rischio di infiltrazione mafiosa-aggiornata entro il 31 dicembre di ogni anno con



apposito Decreto del Ministero degli Interni come definito dal comma 54 articolo 1 della suddetta Legge sono:

- a) trasporto di materiali a scarica per conto terzi;
- b) trasporto, anche transfrontaliero, e smaltimento di rifiuti per conto di terzi;
- c) confezionamento, fornitura e trasporto di calcestruzzo e di bitume;
- d) noli a freddo di macchinari;
- e) fornitura di ferro lavorato;
- f) noli a caldo;
- g) autotrasporto per conto di terzi;
- h) guardiania dei cantieri;
- i) estrazione , fornitura e trasporto di terra e materiali inerti,

A tale proposito, nello stesso comma 6, in linea con le previsioni contenute nella legge delega n.11/2016, è precisato che *"nel caso di appalti aventi oggetto più tipologie di prestazioni, la terna di subappaltatori va indicata con riferimento a **ciascuna tipologia di prestazione omogenea** prevista nel bando di gara".*

#### **B.6- TEMPISTICA E PENALI**

La consegna dei lavori intesa come ordine di immediato inizio dei medesimi potrà avvenire subito dopo l'efficacia del contratto (art.32 comma 13 del D.Lgs.vo 50/2016- art.5 Decreto 7 marzo 2018 , n.49 Regolamento recante: *«Approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione»*.) salvo che in casi d'urgenza.

L'esecuzione dei lavori avrà inizio dopo la stipula del formale contratto, in seguito a consegna, risultante da apposito verbale, da effettuarsi non oltre 45 giorni dalla predetta stipula, previa convocazione dell'esecutore.

Il tempo utile per ultimare tutti i lavori compresi nell'appalto è fissato in **giorni 210** (duecentodieci) naturali consecutivi decorrenti dalla data del verbale di consegna dei lavori (art.107 comma 5 D.lgs.vo 50/2016).

Il cronoprogramma dei lavori dovrà essere automaticamente adeguato dall'Impresa in ogni sua fase in base alla sua particolare organizzazione lavorativa.mantenendo però fermi i limiti temporali di ultimazione previsti.

Tale cronoprogramma dovrà rappresentare graficamente la pianificazione e programmazione delle lavorazioni nei suoi principali aspetti di sequenza logica e temporale dal punto di vista dei tempi e dei costi ed una relazione che documenti gli spiegamenti di mezzi e forze nelle varie attività e giustifichi le durate indicate.

Nel caso di mancato rispetto del termine stabilito per l'ultimazione dei lavori, per ogni giorno naturale consecutivo di ritardo viene applicata una penale pari allo **0,1 per mille** (zero virgola un euro per mille) dell'importo contrattuale,

#### B.7- QUADRO ECONOMICO

Si riporta nel seguito il quadro economico dell'intervento nel rispetto del limite di spesa indicato nel DPP

<b>QUADRO ECONOMICO PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO</b>			
<b>AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DELL'AQUILA</b>			
<b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO FRANA DA CROLLO PER IL TRATTO STRADALE DELLA SP 13 MORRONESE COMPRESO TRA LA PROGRESSIVA KILOMETRICA 0+400 E LA PROGRESSIVA KILOMETRICA 3+000 IN DIREZIONE PACENTRO (AQ)</b>			
<b>A1)</b>	<b>LAVORI A CORPO</b>		
	INTERVENTO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO FRANA AL KM 0+300 DELLA S.P.13 MORRONESE	€	366.569,40
	ONERI PER I PIANI DI SICUREZZA E COORDINAMENTO DEI LAVORI A CORPO non soggetti a ribasso d'asta	€	6.421,20
<b>A2)</b>	<b>IMPORTO LAVORI A CORPO A BASE D'ASTA</b>	€	<b>366.569,40</b>
<b>A3)</b>	<b>IMPORTO LORDO DEI LAVORI compresi gli Oneri per i piani di sicurezza e Coordinamento non soggetti a ribasso d'asta</b>	€	<b>372.990,60</b>
<b>B)</b>	<b>SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE</b>		
	B.1) ACCERTAMENTI DI LABORATORIO E VERIFICHE TECNICHE PREVISTE NEL CSA ( art. 6 comma 4 Decreto 7 marzo 2018 n.49)	€	750,00
	B.2) IMPREVISTI pari allo 0,3 % dell'importo lordo dei lavori (max 10%)	€	1.118,97
	B.3) SPESE GENERALI PER AUTORITA' VIGILANZA SUI CONTRATTI PUBBLICI (Deliberazione ANAC n.163 del 22 dicembre 2015)	€	225,00
	<b>TOTALE B.1) + B.2) + B.3)</b>	€	<b>2.093,97</b>
	<b>SPESE TECNICHE</b>		
	C.1) DIREZIONE LAVORI,LIQUIDAZIONE E CONTABILITA', CERTIFICATO DI REGOLARE ESECUZIONE	€	20.680,78
	C.2) COORDINAMENTO PER LA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE	€	6.893,59
	C.3) SPESE INCENTIVI PER FUNZIONI TECNICHE (ex art.113 commi 1 e 2 D.Lgs.vo 50/2016)	€	7.459,81
	<b>TOTALE C.1) + C.2) + C.3)</b>	€	<b>35.034,18</b>
	<b>SPESE PER IVA</b>		
	D.1) IVA PER LAVORI IN APPALTO (al 22%)	€	82.057,93
	D.2) IVA (22%)+ CNPAIA (4%) PER SPESE TECNICHE sub C.1), C.2)	€	7.411,99
	D.3) IVA (22%) PER IMPREVISTI	€	246,17
	D.5) IVA (22%) SU ACCERTAMENTI E PROVE DI LABORATORIO PREVISTE NEL CSA	€	165,00
	<b>TOTALE IVA , CNPAIA ed oneri previdenziali e fiscali diversi</b>	€	<b>89.881,10</b>
	<b>ARROTONDAMENTO</b>	€	<b>0,15</b>
	<b>TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE</b>	€	<b>127.009,40</b>
	<b>IMPORTO TOTALE INTERVENTO (A+B) E FINANZIAMENTO</b>	€	<b>500.000,00</b>

Il Progettista

Ing. Andrea Bagagli

