

RISCHIO IDROGEOLOGICO

Approfondimento su opere di protezione e sistemi per il consolidamento di versanti instabili

- 1. Interventi di mitigazione da caduta massi e colate detritiche: progettazione di barriere paramassi elastoplastiche e barriere paracolate**

Relatore: dott. Ing. Osvaldo Cargnel

TRENTO, 26.03.2018





***Punta Nera debris flow
Dolomites, Northeast Italy***



***Punta Nera debris flow
Dolomites, Northeast Italy***

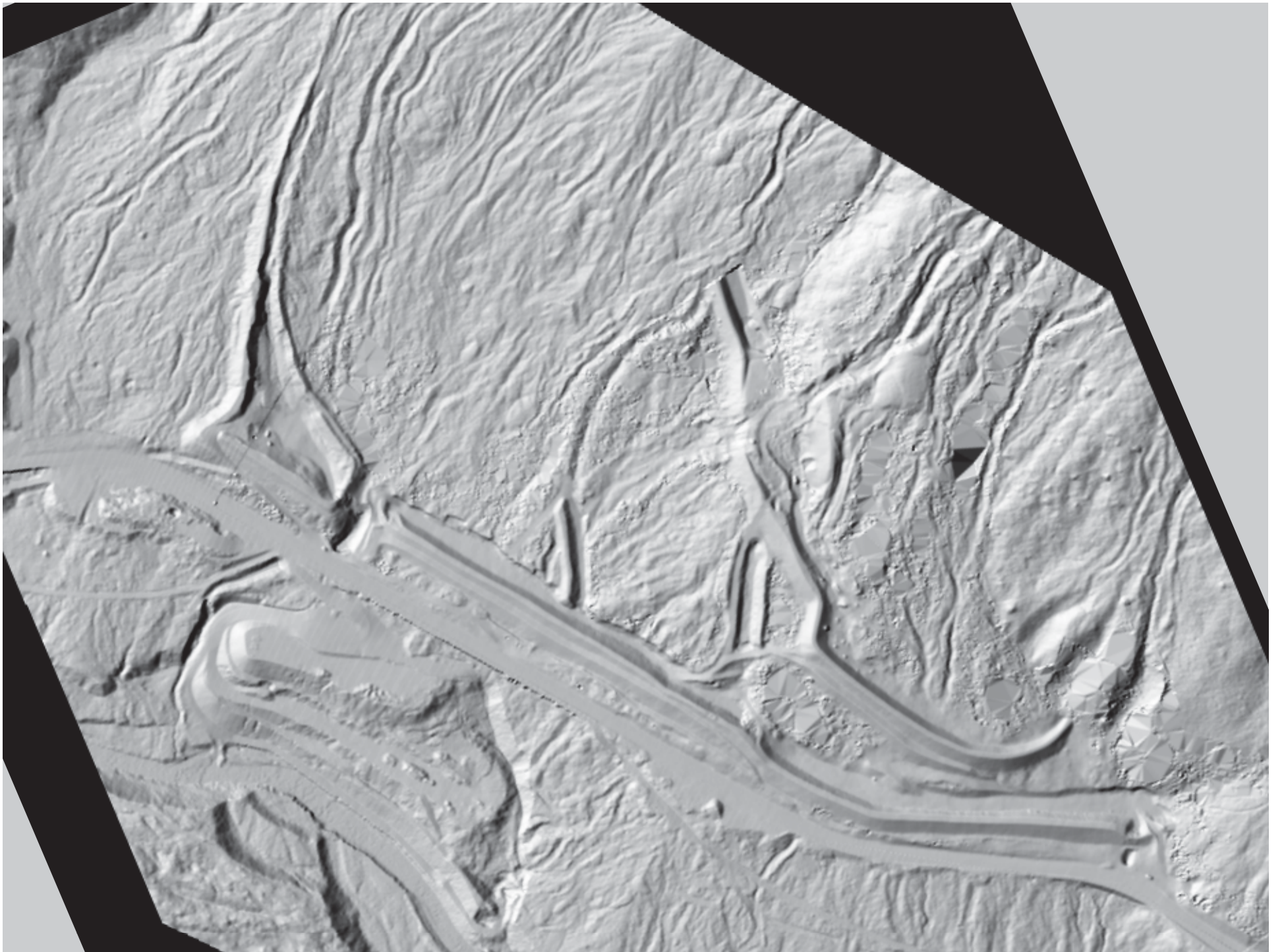








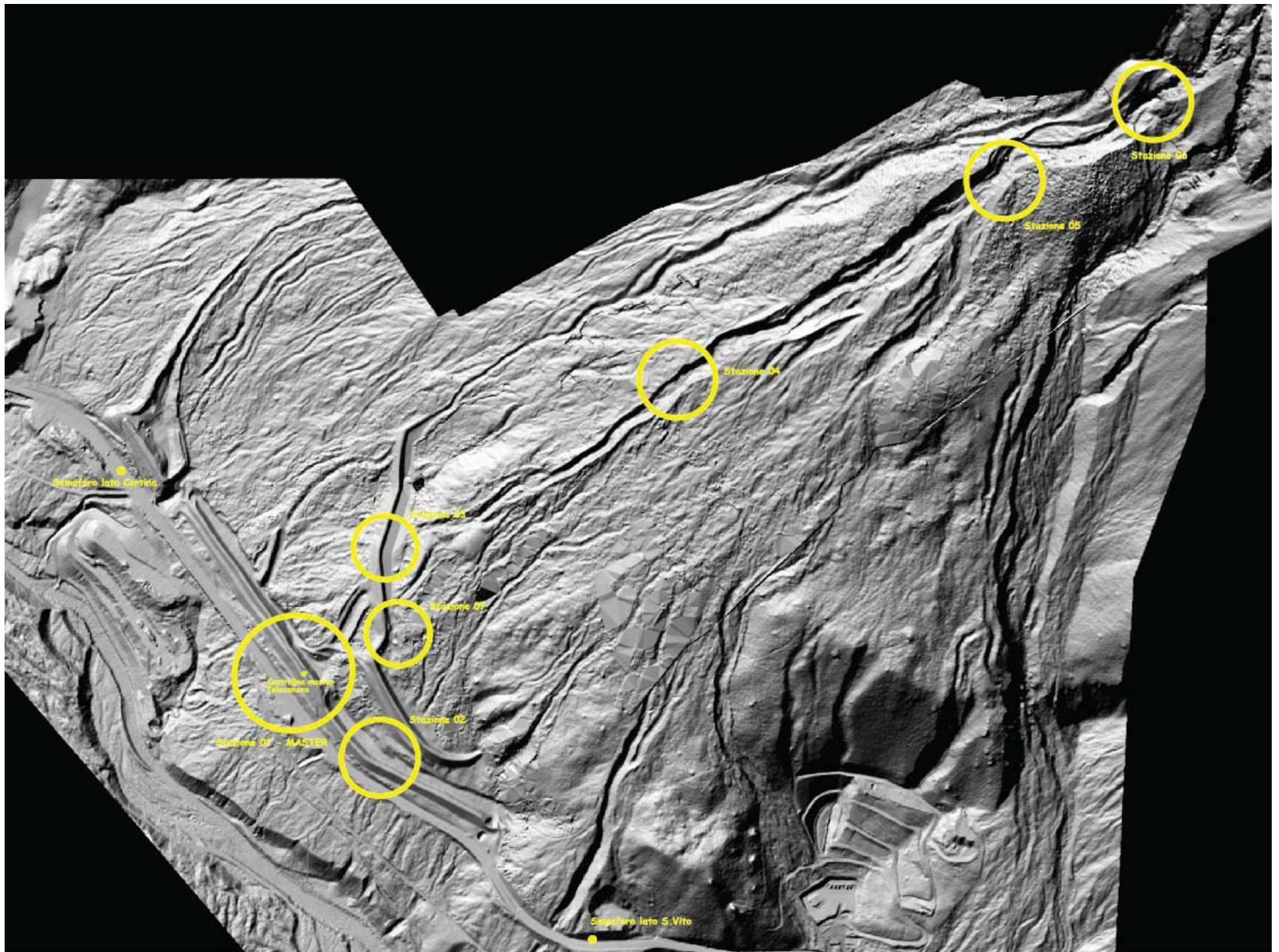


















Ecometro

Stazione 4

Pendolo



2017-05-02 09:03:31
FR=10 BR=2473K



2018-03-25 11:33:40
FR=10 BR=2544K



ELMAYX SRL

02/08/2017 Wed 15:33:28

ELMARX STN6



02/08/2017 Wed 16:03:17

ELMARX STN6



19/06/2017 Mon 06:03:28

ELMARX STN3



25/03/2018 Sun 13:33:35

ELMARX STN3













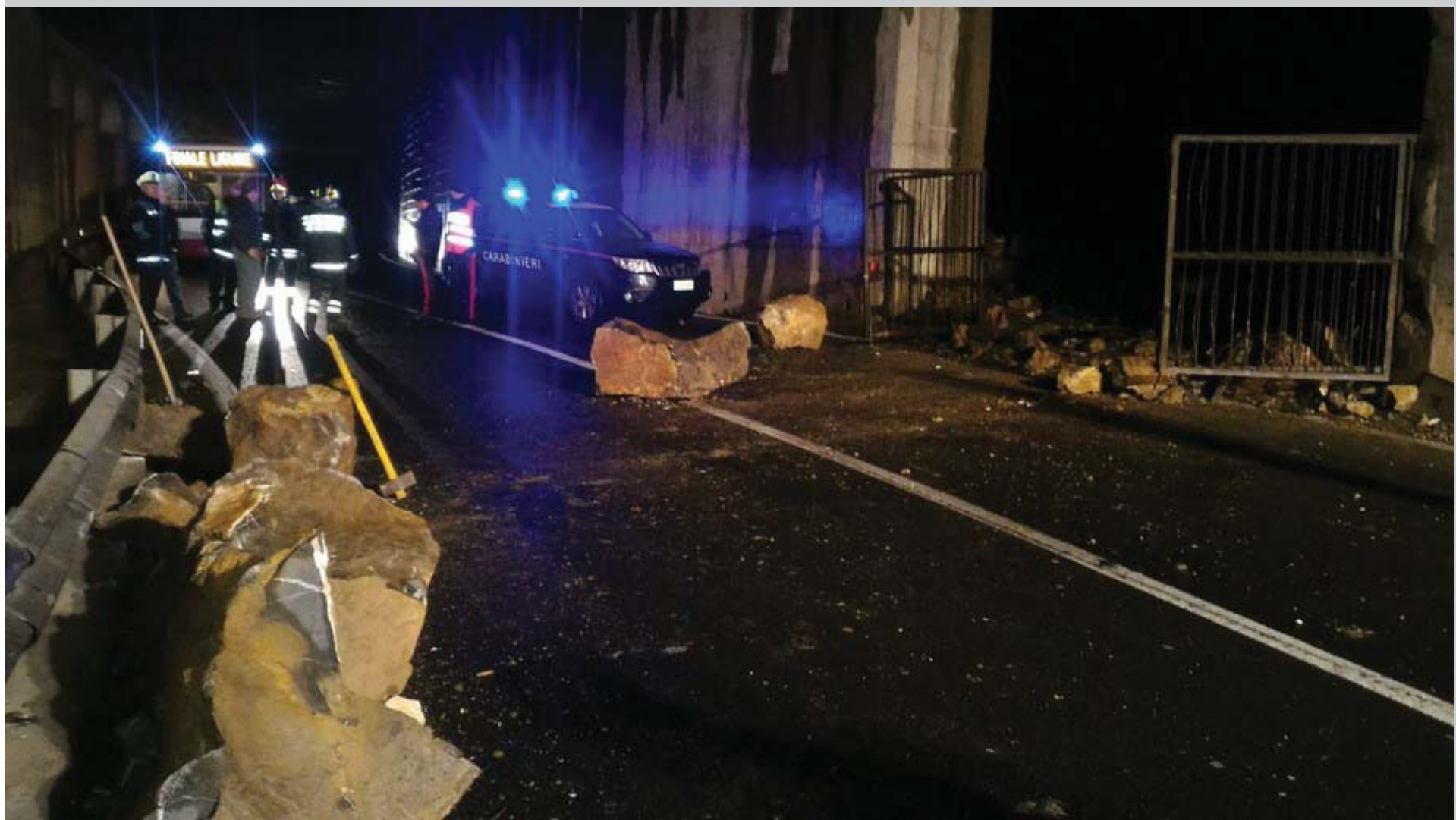


https://www.youtube.com/watch?v=8sH3oE8_hjI

Demolizione Arenzano (GE) con esplosivo









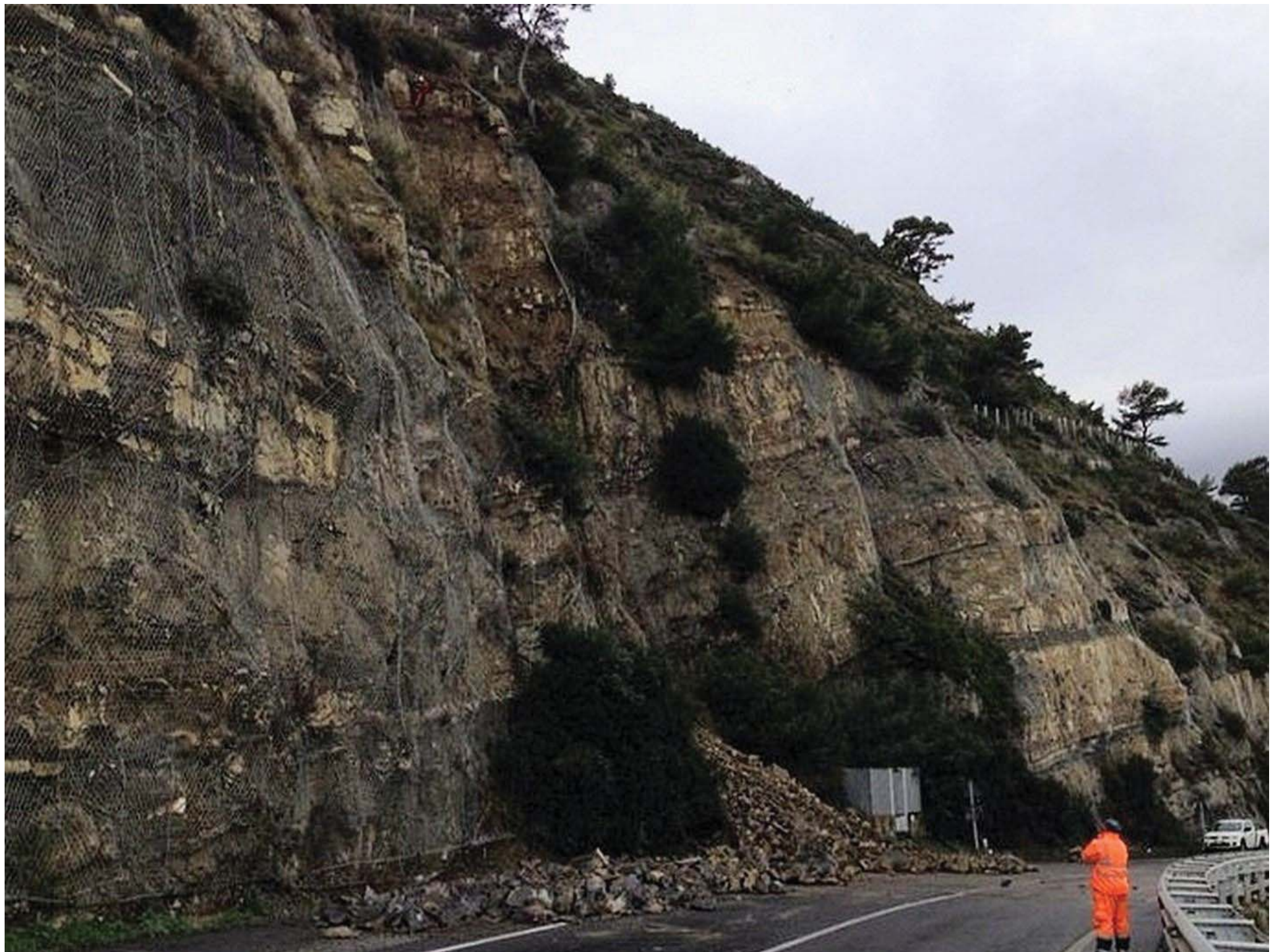


Nicchia e linea indicativa di scoscendimento e propagazione del crollo del 12.03.2018



Segni sulle alberature. Le evidenze sono state utilizzate per la back-analysis dell'evento e avvalorare gli esiti dell'analisi dinamica eseguita.















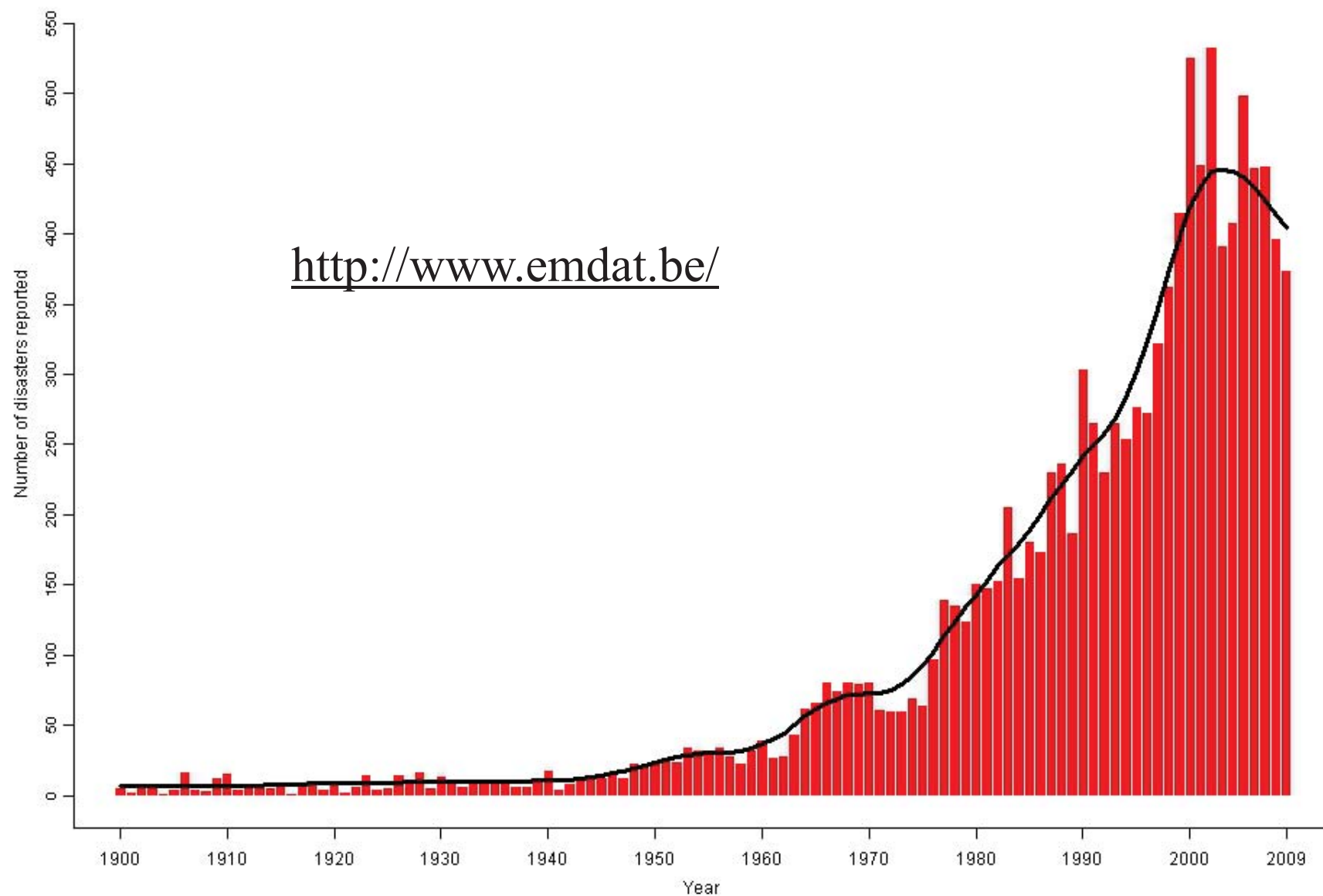








Natural disasters reported 1900 - 2009



Number of people reported affected by natural disasters 1900 - 2009

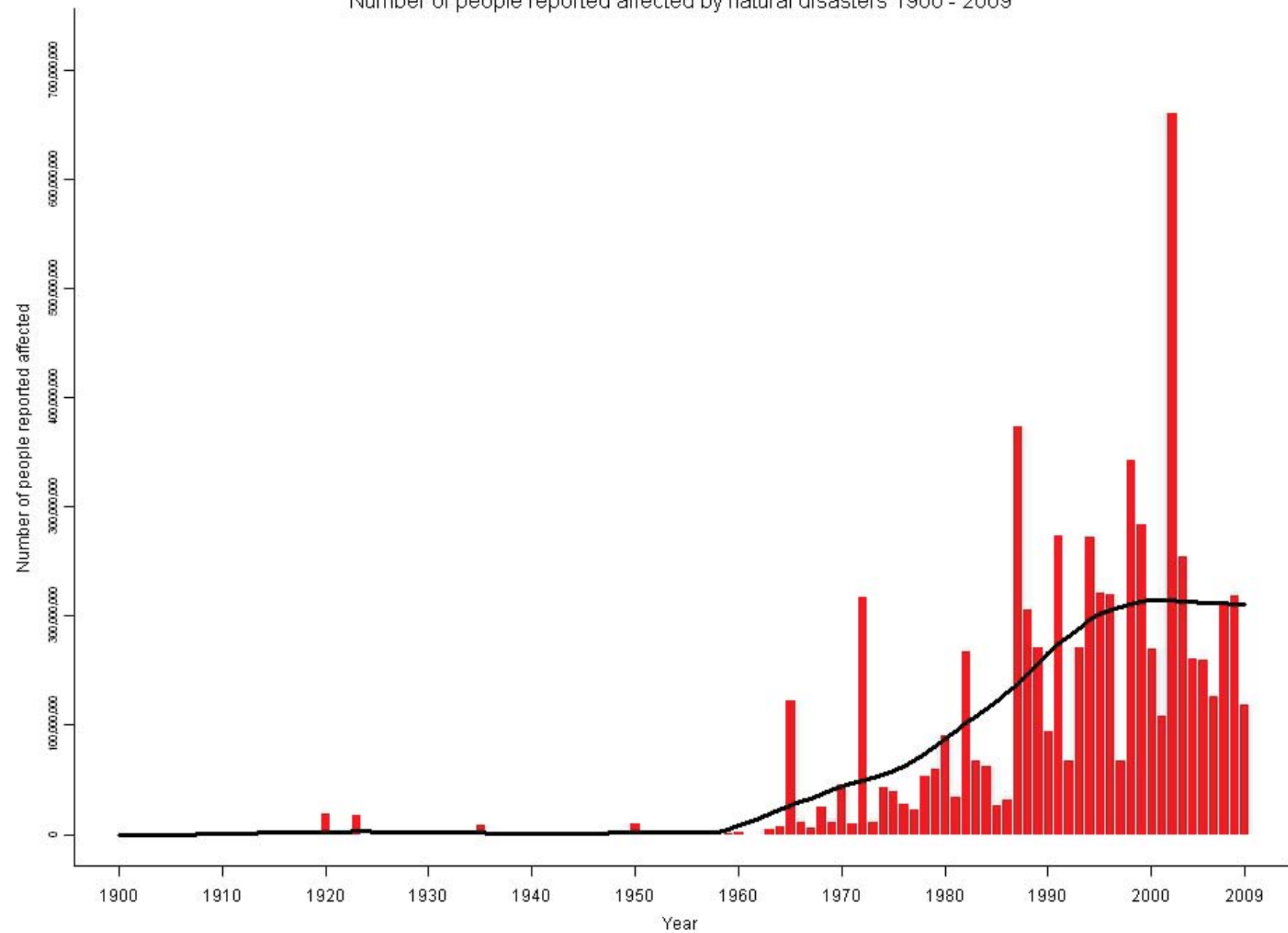




Figura 15.21: Principali eventi di frana avvenuti nel 2014

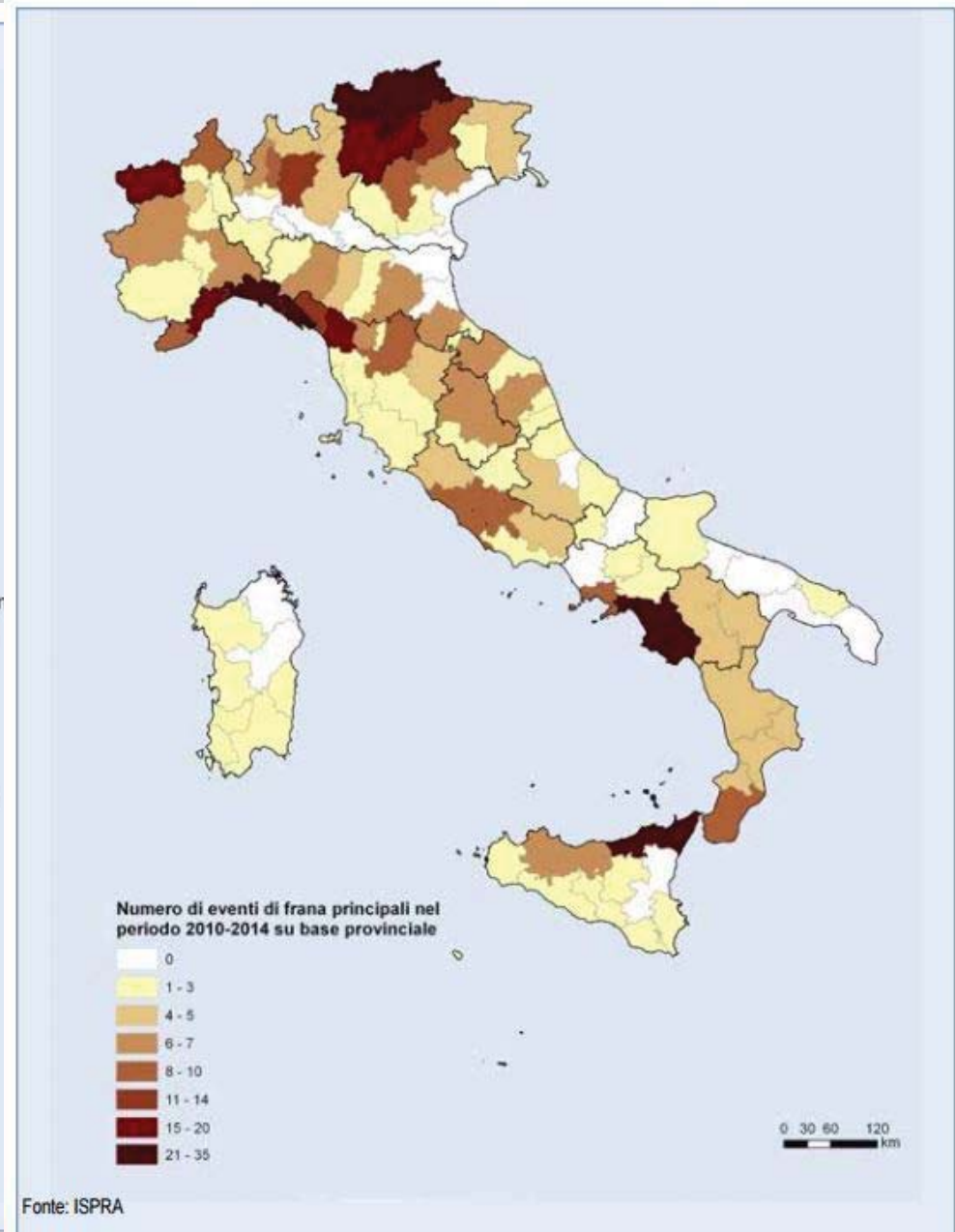
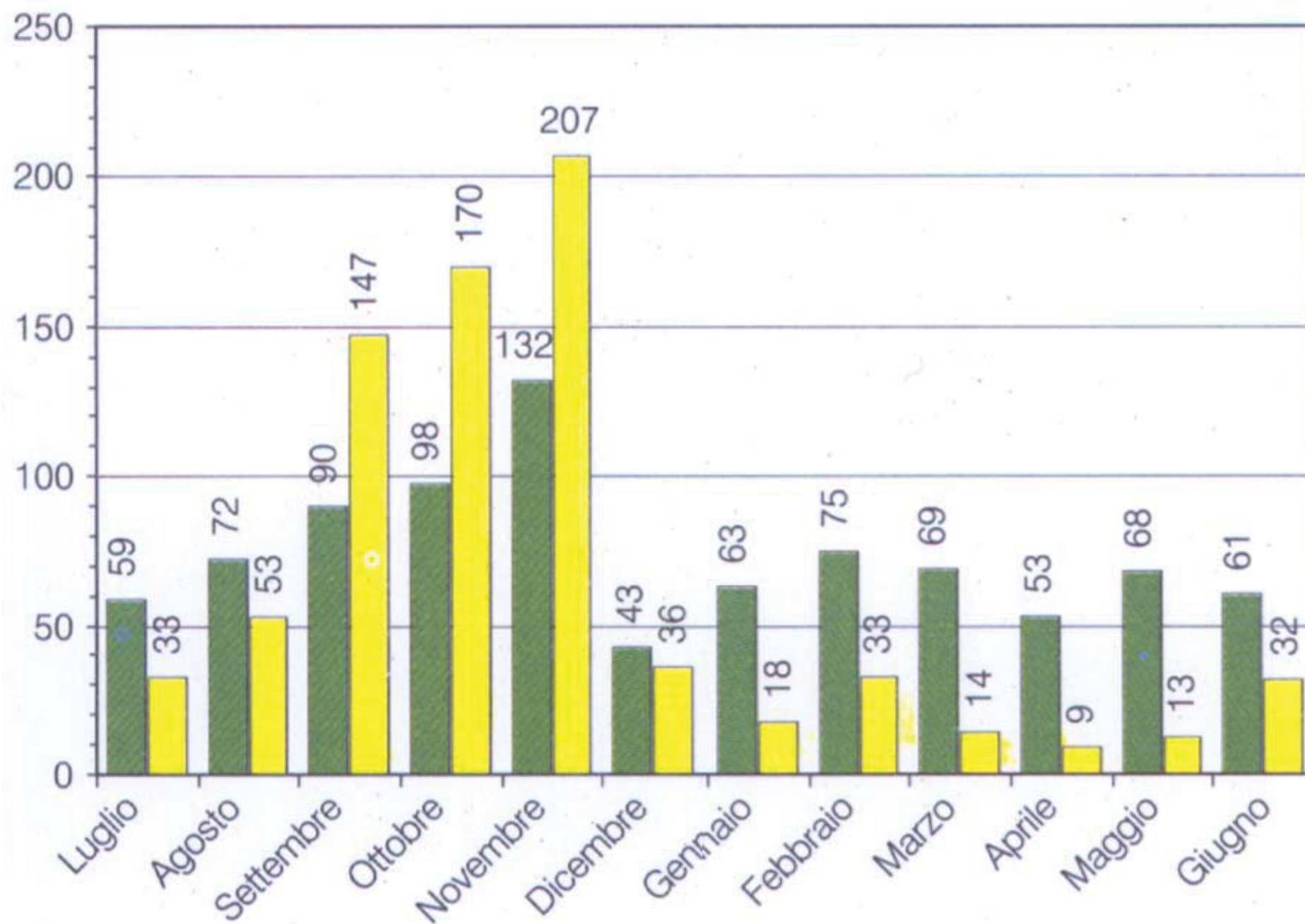
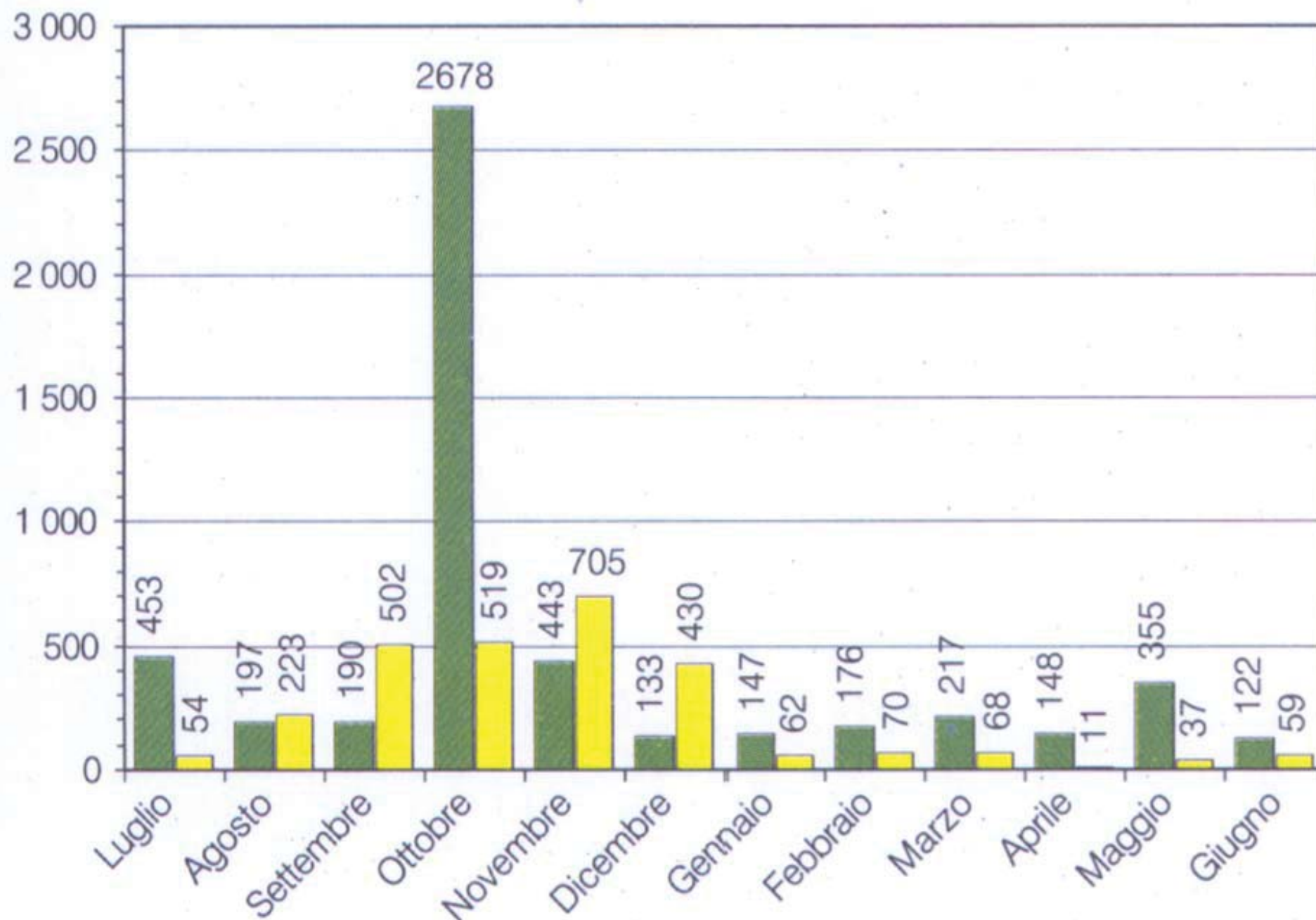


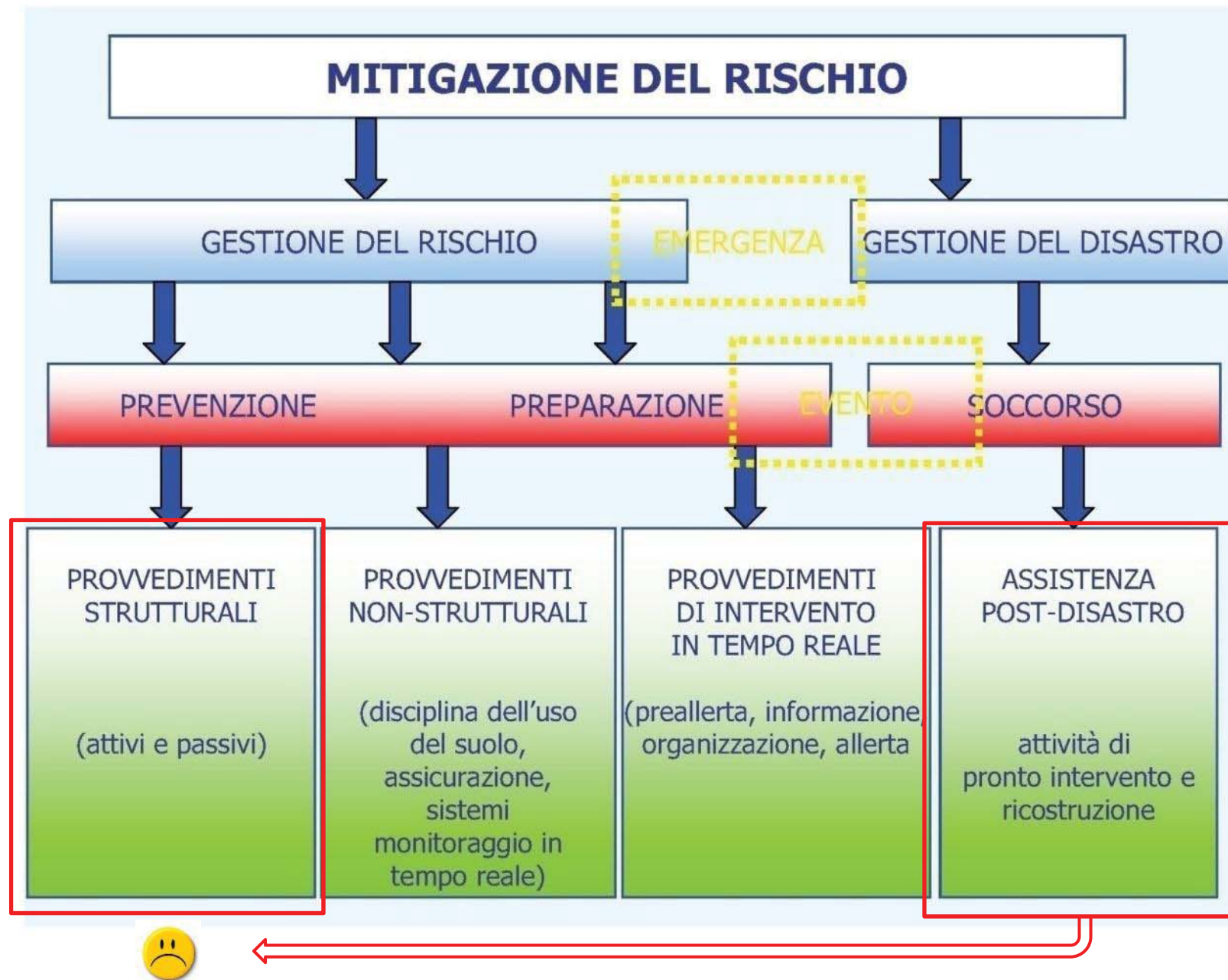
Figura 15.22: Numero di eventi di frana principali nel periodo 2010-2014 su base provinciale

Numero di Eventi • Number of Events



Numero di Vittime • Number of Fatalities





PARTIAMO DA UN ESEMPIO “ESTREMO”

- Progettazione di lavori di consolidamento tra 3300 m e ca. 4100 m s.l.m.
- Unica strada di accesso fino a 1850 m s.l.m.
- Da 1860 m a 3300 m solo sentieristica “turistica”
- Da 3300 m sentieristica “alpinistica”



Mount Kinabalu, Malaysia, 4095 m

















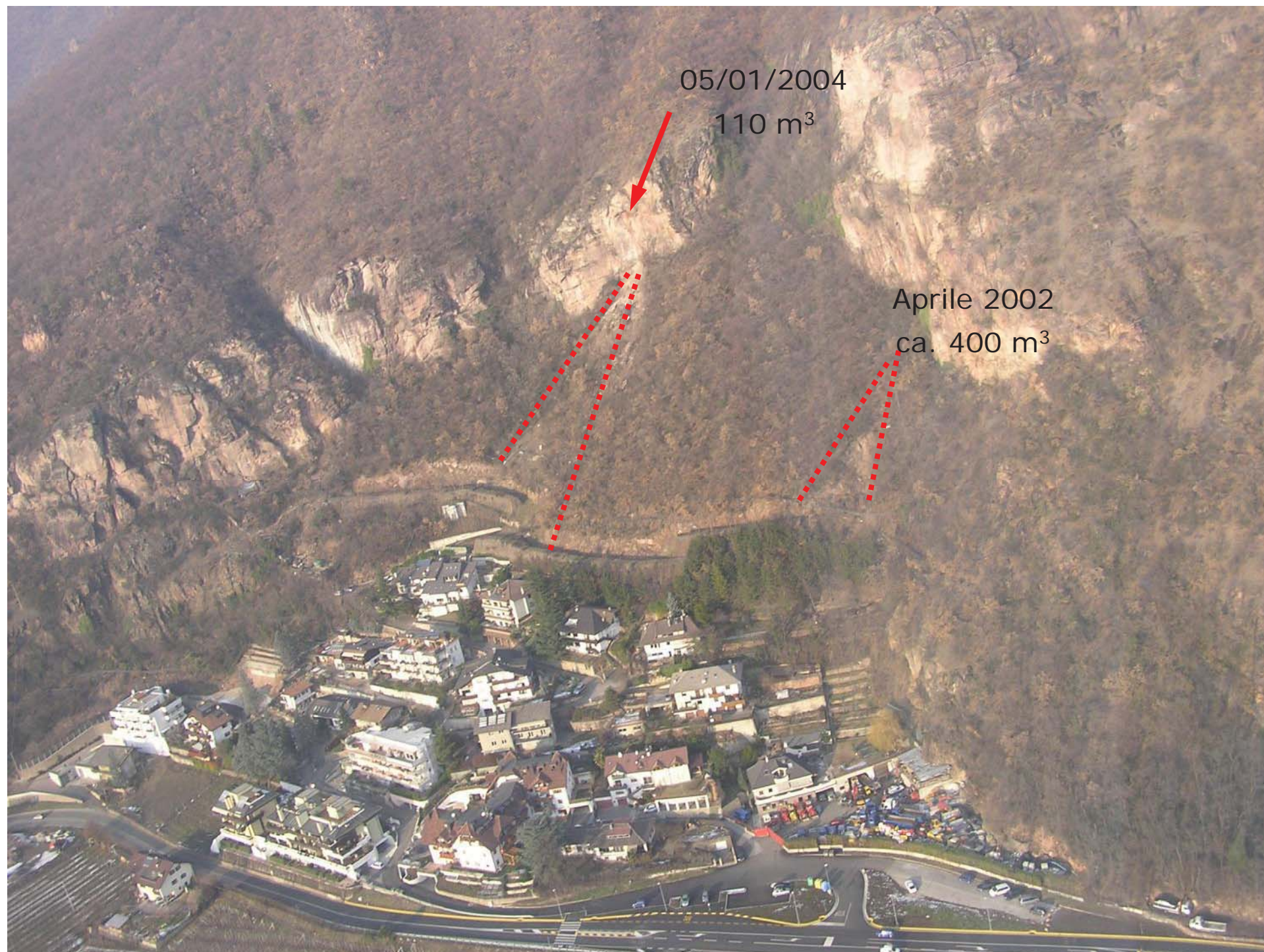








Calzatura
antinfortunistica



05/01/2004

110 m³

Aprile 2002

ca. 400 m³











INTERVENTI PASSIVI: BARRIERE PARAMASSI

PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE



PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE

BARRIERE PARAMASSI: QUADRO NORMATIVO ATTUALE

- D.M. 17.01.2018 Norme Tecniche per le Costruzioni
- Norme UNI «Opere di difesa dalla caduta massi»
 - UNI 11211-parte 1: Termini e definizioni
 - UNI 11211-parte 2: Programma preliminare di intervento
 - UNI 11211-parte 3: Progetto preliminare
 - UNI 11211-parte 4: Progetto definitivo ed esecutivo
- Linea guida europea ETAG 27 «Falling rock protection kits», EOTA 2008

D.M. 17.01.2018 Norme Tecniche per le Costruzioni

⇒ VERIFICHE DELLE STRUTTURE ALLO STATO LIMITE

SLE=Stato Limite di Esercizio

Tutti i requisiti atti a garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio

SLU=Stato Limite Ultimo

Capacità di evitare perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali e parziali che possono compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita dei beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera

PER BARRIERE PARAMASSI:

La barriera paramassi elastoplastica è una struttura lineare costituita da pannelli sorretti da montanti, con eventuali sistemi frenanti, avente la funzione di intercettare i blocchi di roccia e di arrestarli, assorbendone l'energia cinetica prevalentemente grazie alla propria deformabilità.

SEL=Limite Energetico di Servizio

il livello energetico posseduto da un blocco in movimento che la barriera deve arrestare mantenendo la propria funzionalità ; a contenimento delle masse arrestate, deve garantire il mantenimento di una conformazione geometrica (altezza residua e deformata) tale da non ridurre la residua capacità di arrestare blocchi in movimento e non deve presentare varchi nella superficie di intercettazione.

MEL=Limite Energetico Massimo

rappresenta la massima energia che la barriera deve dissipare arrestando un singolo blocco roccioso ; ad arresto avvenuto, raggiunge la massima deformabilità e la massima riduzione di altezza di intercettazione consentiti

Oltre a quelle energetiche, le barriere paramassi sono caratterizzate anche da **altre caratteristiche prestazionali:**

- geometriche e dimensionali (i =interasse; h =altezza geometrica; deformata);
- di trasmissione delle forze di arresto alle fondazioni;

D.M. 17.01.2018 Norme Tecniche per le Costruzioni

VERIFICHE STRUTTURALI ALLO STATO LIMITE

⇒ Confrontare il mondo delle **AZIONI** con quello delle **RESISTENZE**

AZIONI

$$E_d = E \times \gamma$$

RESISTENZE

$$R_d = R / \gamma_M$$

VERIFICA: $R_d \geq E_d$

PER BARRIERE PARAMASSI:

- Preventiva indagine ed analisi geologico-tecnica (geologica, geomorfologica, idrogeologica, sismica e geomeccanica);
 - Individuazione, quantificazione e dimensionamento delle masse e porzioni potenzialmente instabili – studio geomeccanico locale, suddivisione in settori omogenei;
 - Modellazione geotecnica (analisi di stabilità, fattori di sicurezza, crollo e blocco di progetto-V.R.U.);
 - Quantificazione dei processi di scendimento (velocità, tipo di moto, altezze di rimbalzo e di proiezione);
 - Contestualizzazione della barriera all'opera da proteggere
-
- Ubicazione e scelta della tipologia di struttura in relazione alle opere da proteggere e alle risultanze delle indagini, tenendo conto dei vincoli di ingombro e del contesto ambientale.
-
- Studio geotecnico fondazionale;





Se si attraversano strade, devono essere previsti i movieri

Voli al gancio sopra zone abitate sono vietati



















NORMA UNI 11211-Parte 4

⇒ le **AZIONI** devono essere determinate con **analisi dinamiche** dello scoscendimento del masso di progetto, al fine di determinare:

- Traiettorie (sia dal punto di vista planimetrico che altimetrico)
- Velocità
- Energia cinetica

Energia, velocità ed altezza vanno calcolate in corrispondenza del punto in cui si prevede l'impatto con l'opera passiva.

L'analisi è statistica e probabilistica ma deve essere il più possibile aderente alla realtà e alla magnitudo degli eventi potenziali.

Per questo, va adeguatamente TARATA o sulla base di back-analysis di eventi reali o di analisi approfondite

ENERGIA DI PROGETTO

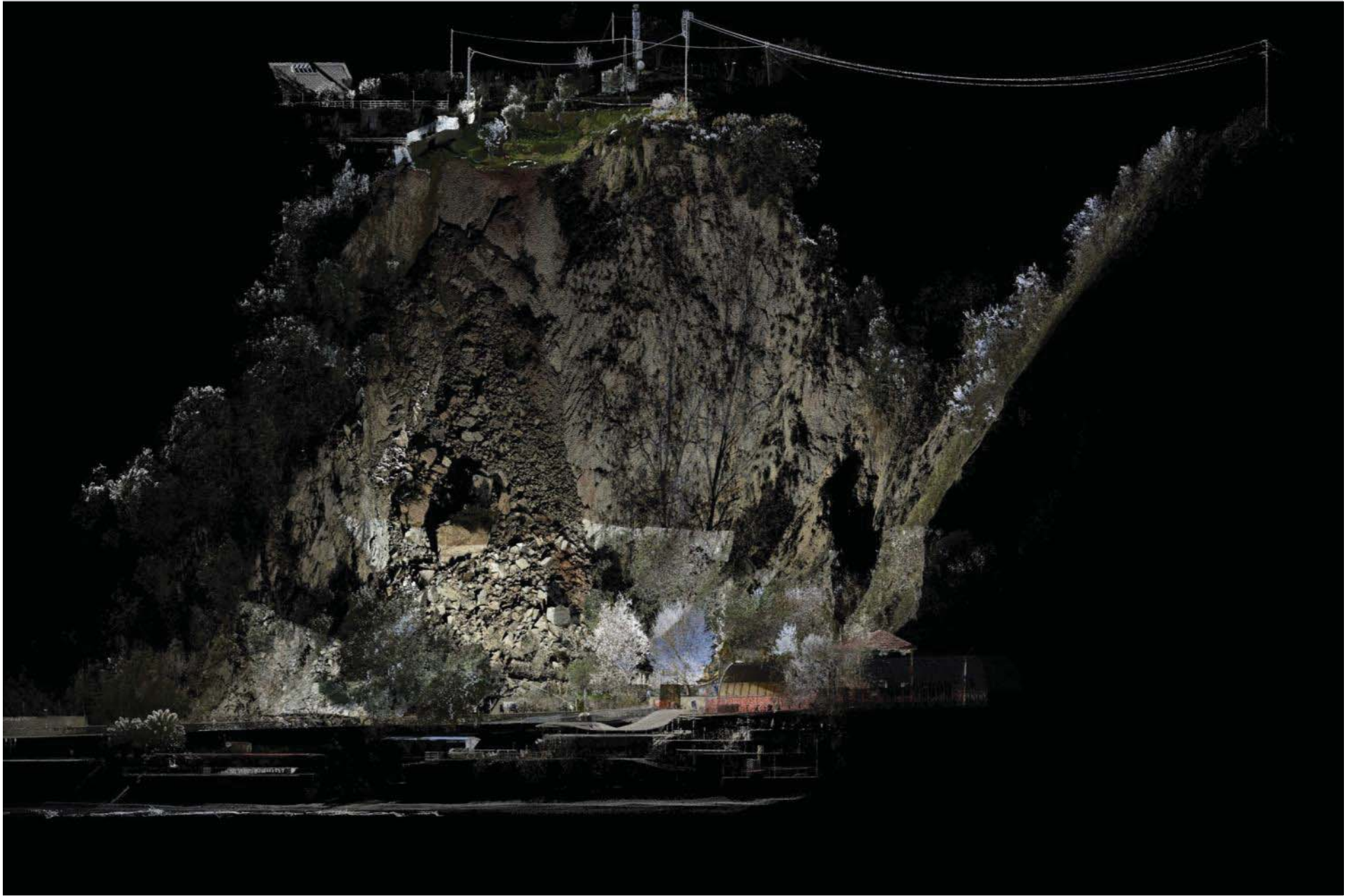
$$E_{sd} = \frac{1}{2} \left[m \cdot \gamma_{VOL} \cdot \gamma_{\gamma} \right] \cdot \left[v \cdot \gamma_{Tr} \cdot \gamma_{Dp} \right]^2 \cdot I$$

In ottemperanza alla normativa UNI EN 12111-4:2012, le energie di progetto vengono calcolate al netto di 4 coefficienti correttivi che amplificano le energie di calcolo.

Variazione parametri			
E_{kd}	<i>Energia 95°percentile</i>	kJ	
γ_{vol}	<i>precisione rilievo VRU</i>		1,02 ÷ 1,1
γ_{γ}	<i>precisione definizione γ</i>		1
γ_{TR}	<i>tipologia di simulazione</i>		1,04 (backanalysis) ÷ 1,07 (bibliografia)
γ_{DP}	<i>precisione rilievo topografico</i>		1,04 ÷ 1,07
I	<i>funzione del rischio</i>		1 (modeste conseguenze)
			1,05 (rilevanti conseguenze economiche, facilmente riparabili. Luoghi raramente frequentati)
			1,1 (rilevanti conseguenze economiche, difficilmente riparabili. Luoghi frequentati)
			1,2 (rilevanti conseguenze economiche, non riparabili)
	<i>coefficiente globale</i>		
E_{sd}	<i>Energia di progetto</i>	kJ	

Rilievo

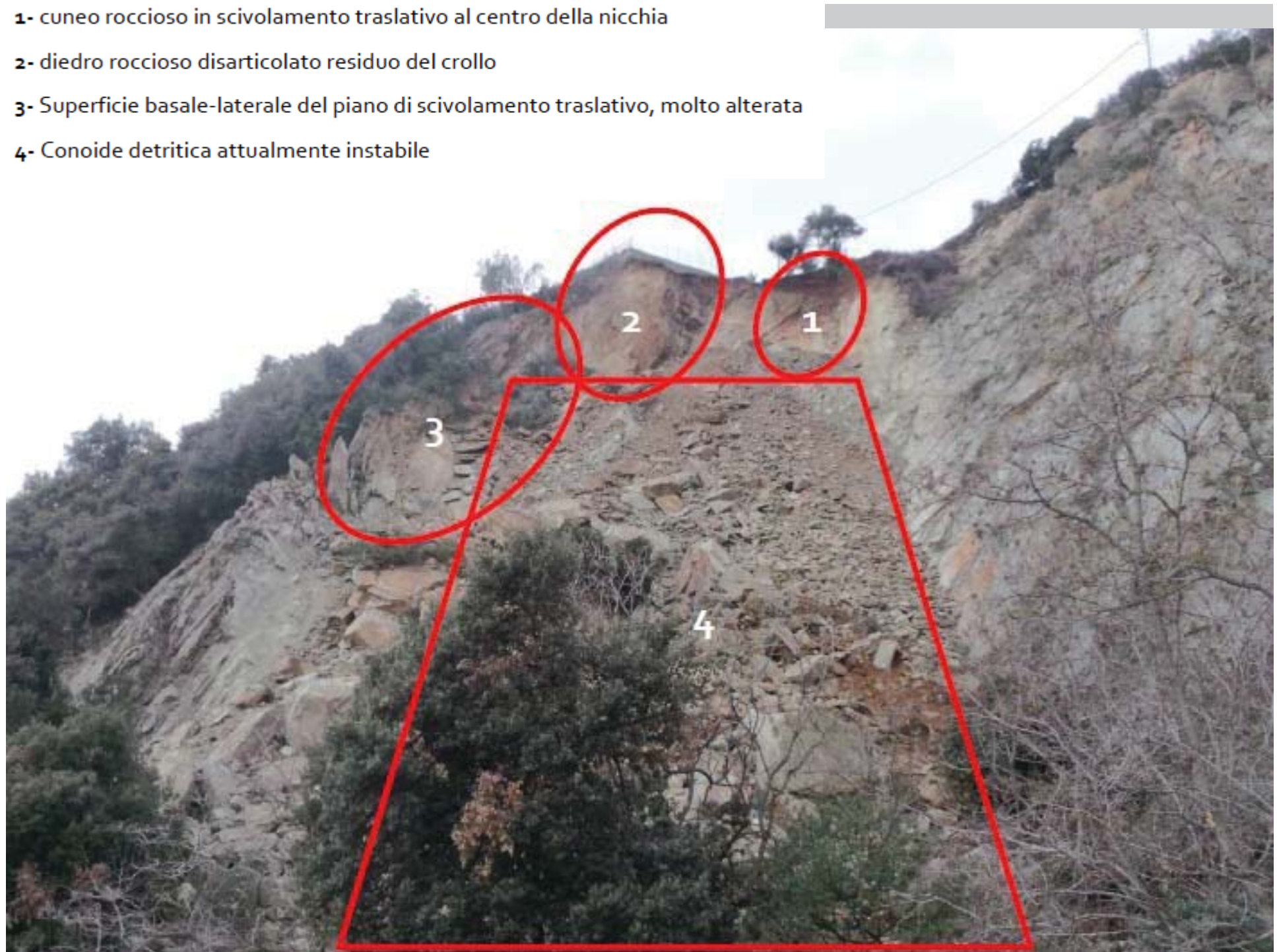






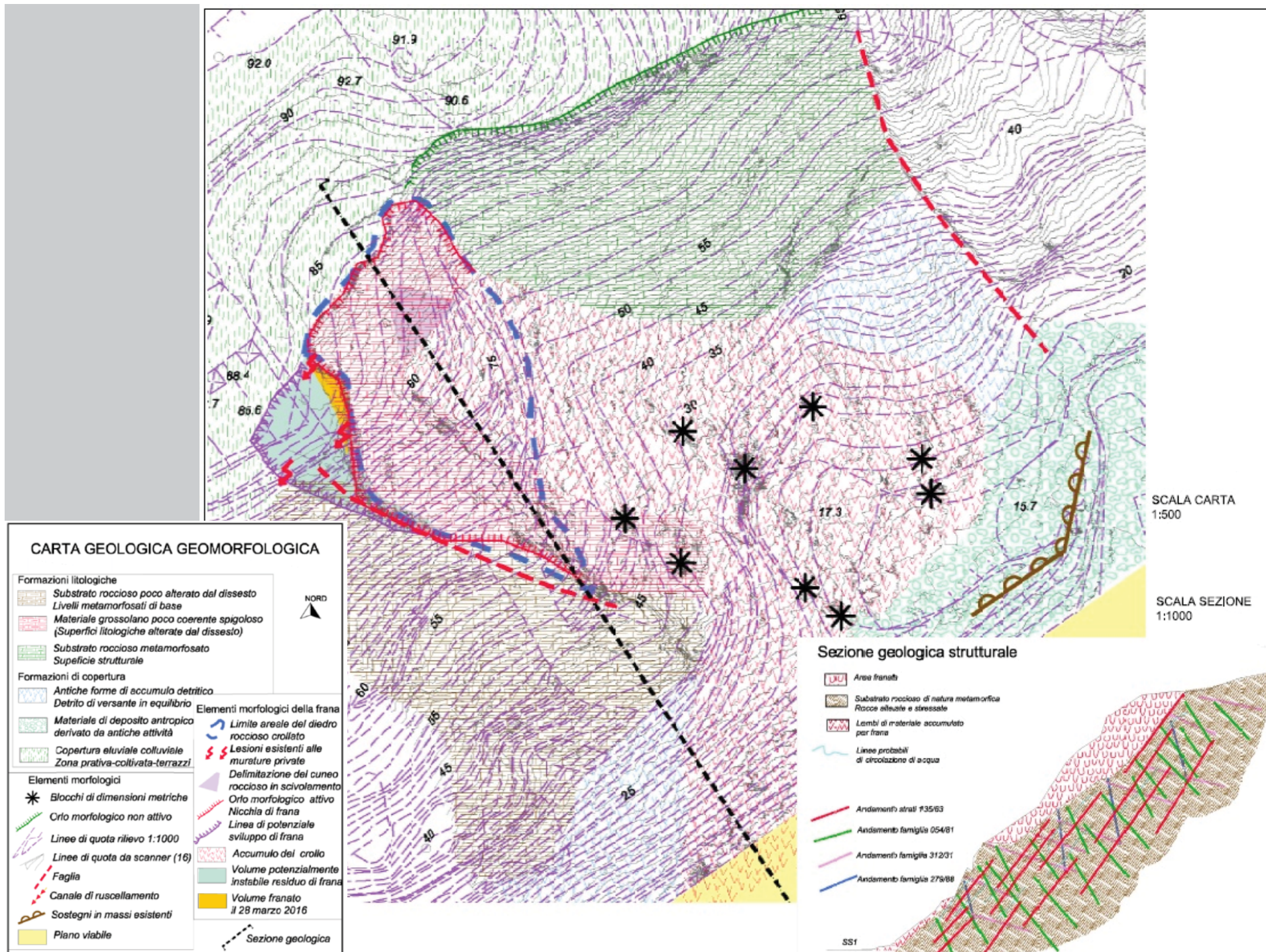


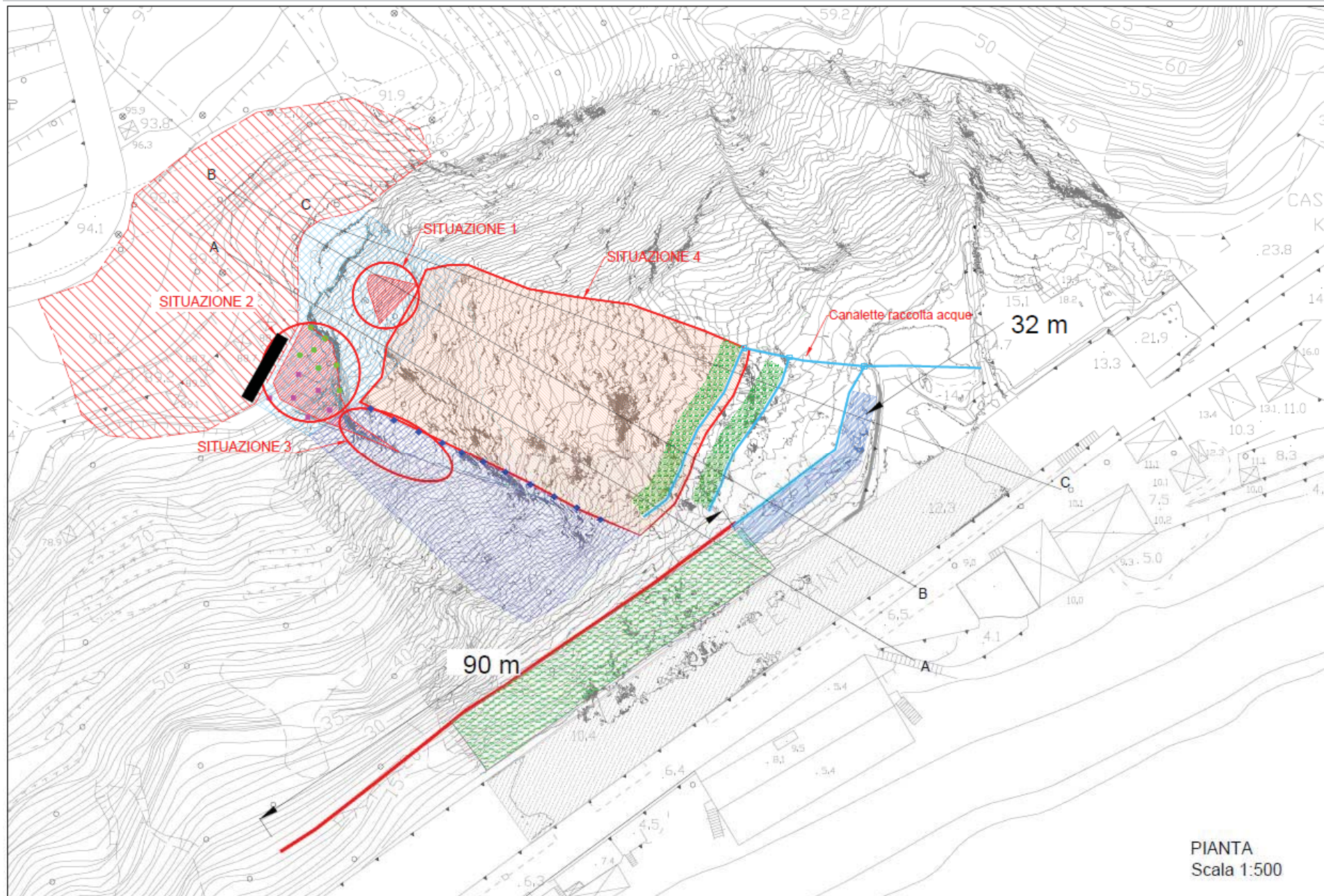
- 1- cuneo roccioso in scivolamento traslativo al centro della nicchia
- 2- diedro roccioso disarticolato residuo del crollo
- 3- Superficie basale-laterale del piano di scivolamento traslativo, molto alterata
- 4- Conoide detritica attualmente instabile



























Blocco di progetto: quale?







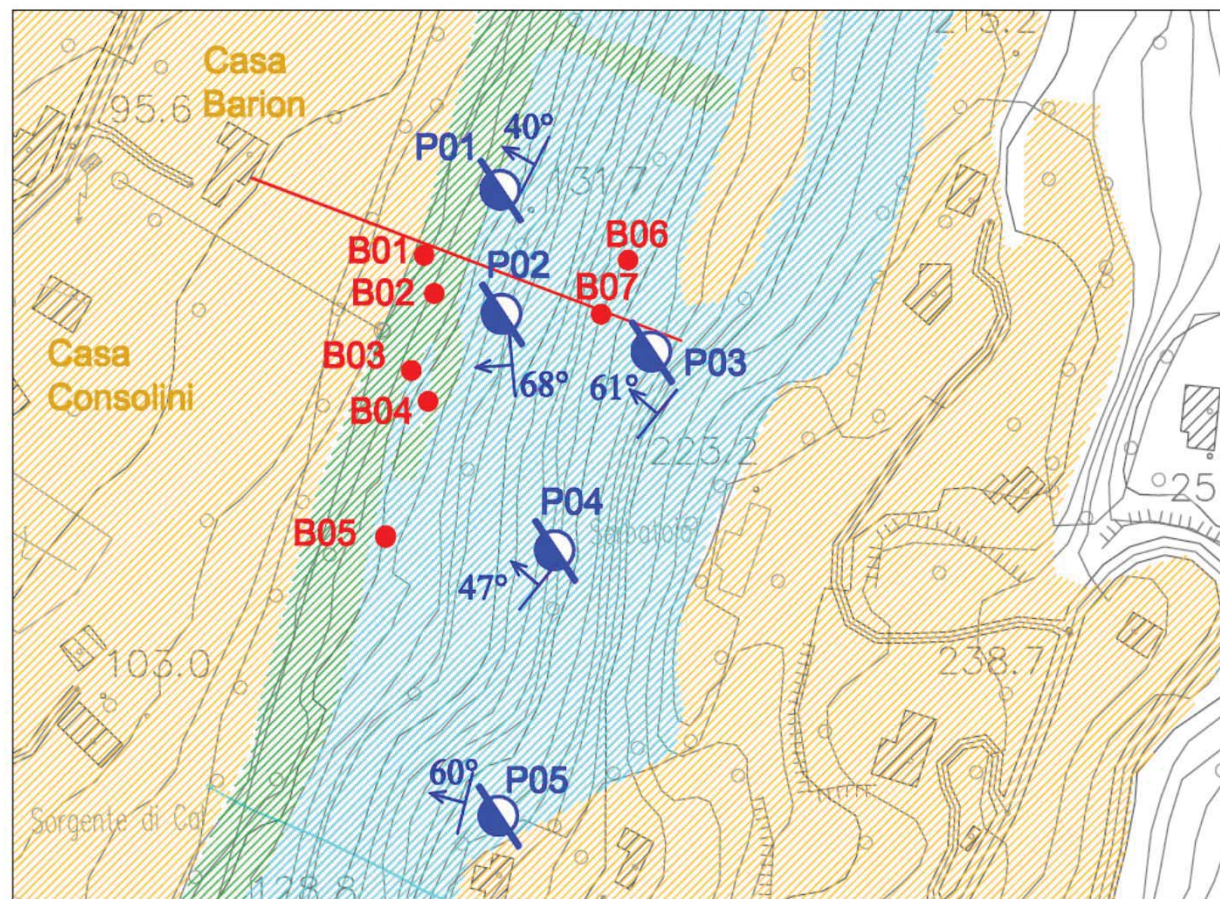
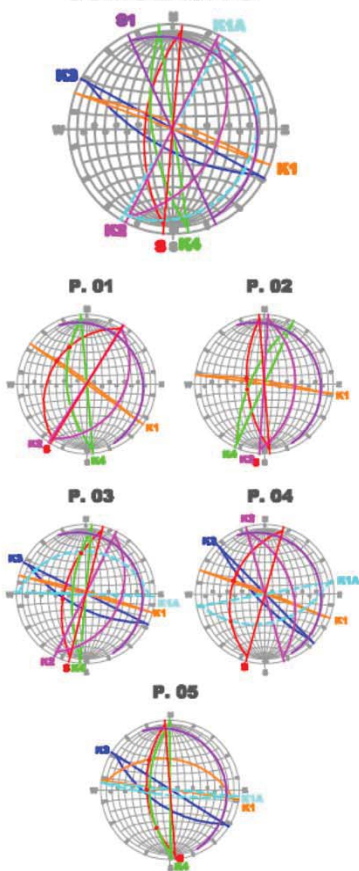






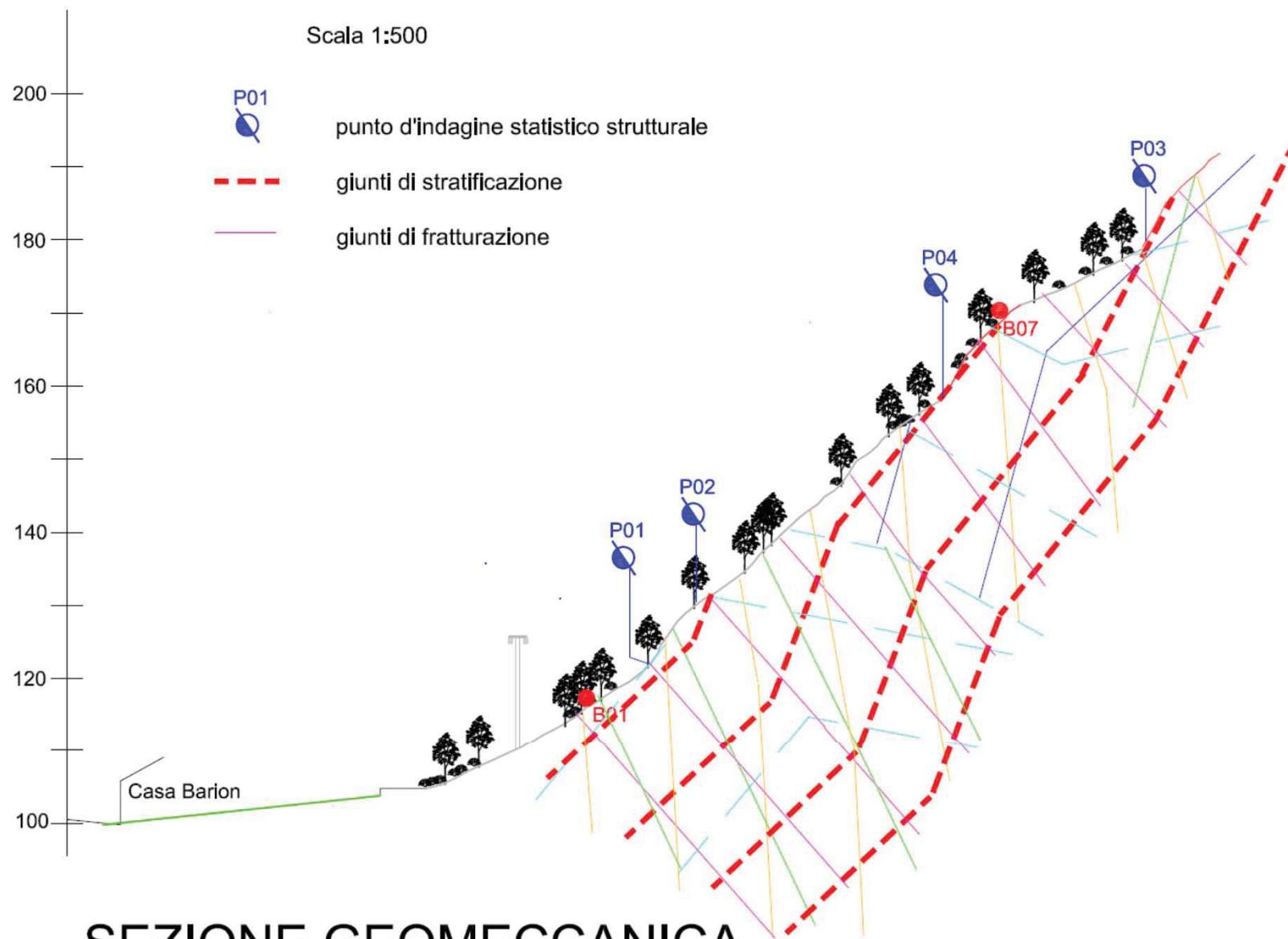


STEREODIAGRAMMA CUMULATIVO



CARTA GEOMECCANICA - SCALA 1:2000



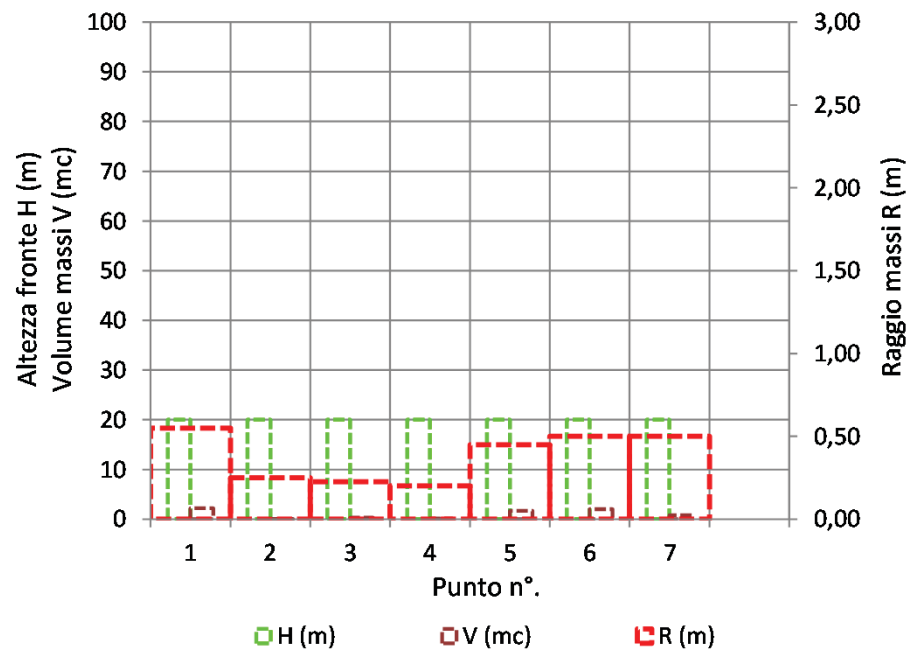


SEZIONE GEOMECCANICA

In base alle massime altezze dei pendii (H), al raggio (R) e/o al volume (V) dei massi caduti in passato, si possono calcolare i massimi avanzamenti teorici percorribili dagli stessi nel caso di:

- movimenti di tipo valanghivo (L_V per valanghe di roccia);
- nel caso di scivolamento traslazionale (L_S)

CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE PENDIO E MASSI .



CARATTERISTICHE MISURATE DELLE TRAIETTORIE.

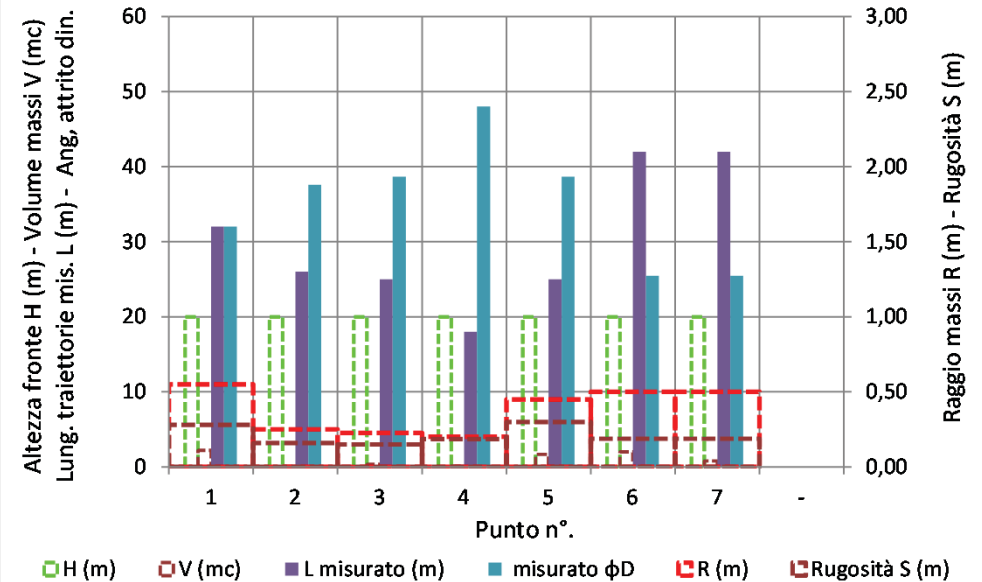


TABELLE G: CADUTE SASSI E MASSI E GRANDI MOVIMENTI DI VERSANTE IN ROCCIA.

G1: VALANGHE IN ROCCIA - MASSIMO AVANZAMENTO TEORICO L_v
 (tarato su frane con volumi approssimativamente maggiori a $1 \cdot 10^5$ mc. R=dimensione media masso. Voci dei dati misurati su fondo blu più scuro).

(tarato su frane con volumi approssimativamente maggiori a $1 \cdot 10^5$ mc. R=dimensione media masso. Voci dei dati misurati su fondo blu più scuro).

[illegible]

G2: SCIVOLAMENTO TRASLAZIONALE - MAX AVANZAMENTO TEORICO L_S
Corominas 1996 (tarato su frane con volumi 10<V<999000 mc)

Corominas 1996 (tarato su frane con volumi $10 < V < 999000 \text{ m}^3$)

G3: VALORI MEDI TRAIETTORIE - TARATURA DATI
(ipotesi di modalità miste di movimento e valori misurati in campagna)

(ipotesi di modalità miste di movimento e valori misurati in campagna)

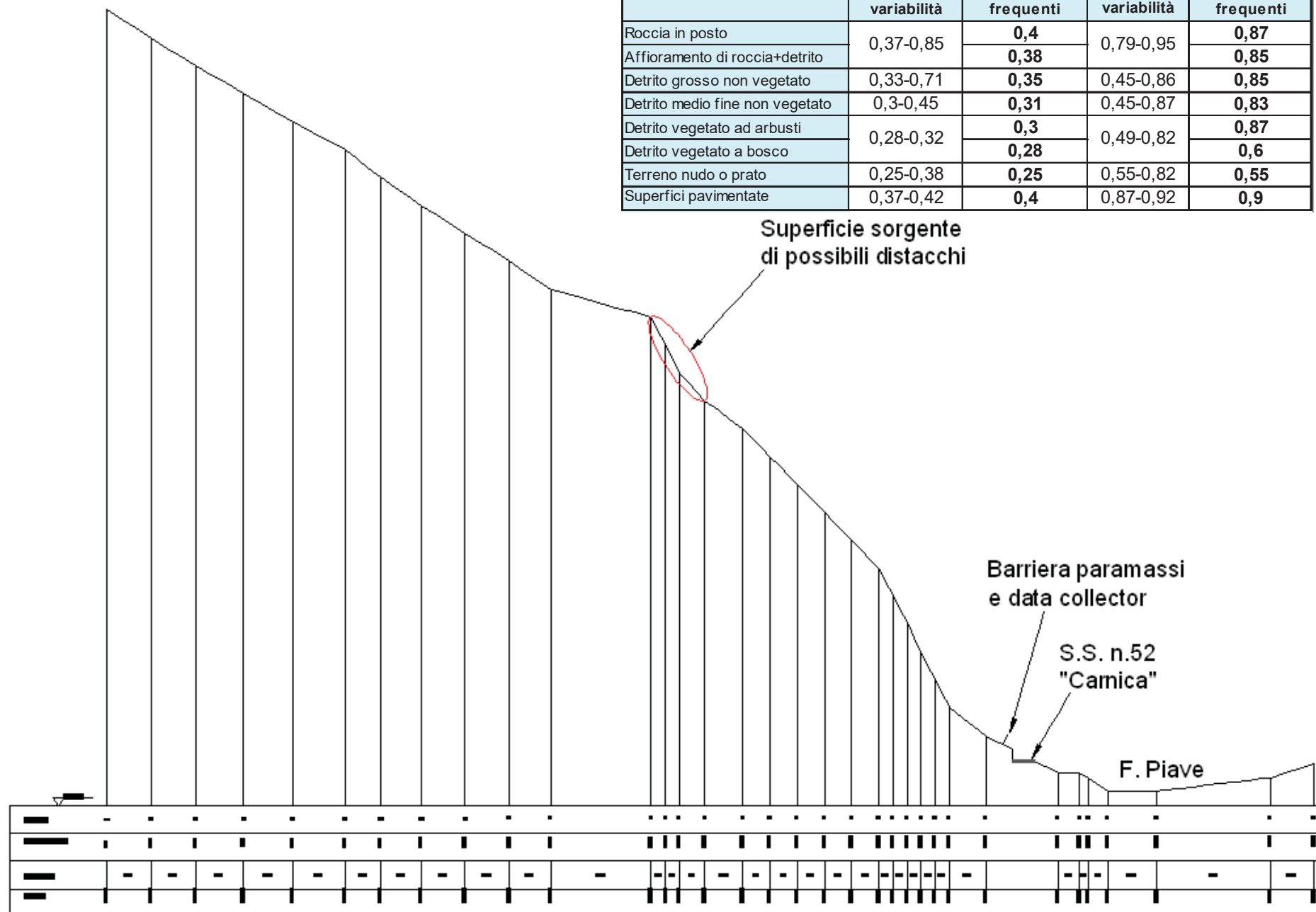
Punto n°.	Note	H (m) (altezza parete)	V (mc) (volume massa)	Lunghezza tragitto "L _s " (m)			Ang. attrito din. teorico (°)	L misurato (m)	Ang. attr. din. misurato (°)		Rugosità S (m) S=R*tgθ _D (m)
				senza ostacoli	con ostacoli				misurato φ _D	ridotto θ _D (+/-5)	
1	dt grossolano vegetato a bosco	20	2,20	39	36	22	43	32	32	27	0,3
2		20	0,08	30	30	17	49	26	38	33	0,2
3		20	0,32	33	32	19	46	25	39	34	0,1
4		20	0,12	31	30	18	48	18	48	43	0,2
5	Affioramento + eluvium + bosco	20	1,68	38	35	21	43	25	39	34	0,3
6		20	2,00	38	36	22	43	42	25	20	0,2
7		20	0,80	36	34	20	45	42	25	20	0,2
-											
									31	27	0,18

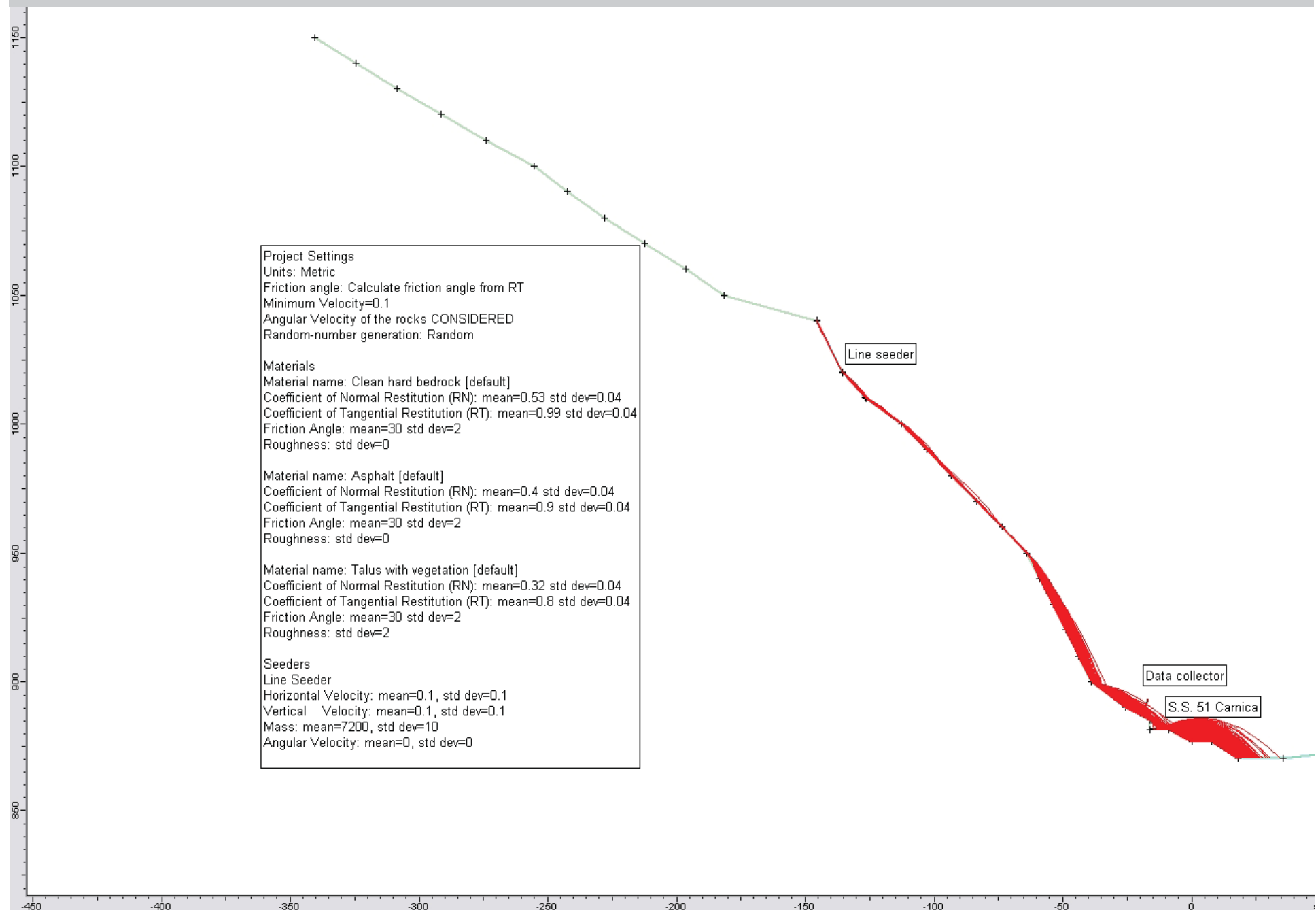
TABELLA H: MOVIMENTI DI VERSANTE IN ROCCIA SU MASSI DI GRANDI DIMENSIONI

Punto n°.	Note	H (m)	V (mc)	Valanghe in roccia: lunghezza tragitto "L _v " (m)					Scivol. traslazionale.: lungh. tragitto "L _s " (m)		Angolo. attrito din. teorico (°)
		(altezza parete)	(volume massa)	Scheidegger (1973)	Tianchi (1983)	Corominas (1994)	L _v medio	ang. attrito din. teorico (°)	senza ostacoli	con ostacoli	
1	dt grossolano vegetato a bosco	20	2,20	5	5	13	8	69	39	36	29
2		20	0,08	3	3	9	5	76	30	30	34
3		20	0,32	4	4	11	6	73	33	32	32
4		20	0,12	3	3	10	5	75	31	30	33
5	Affioramento + eluvium + bosco	20	1,68	5	5	12	7	70	38	35	30
6		20	2,00	5	5	13	8	69	38	36	29
7		20	0,80	5	4	12	7	71	36	34	31
											31

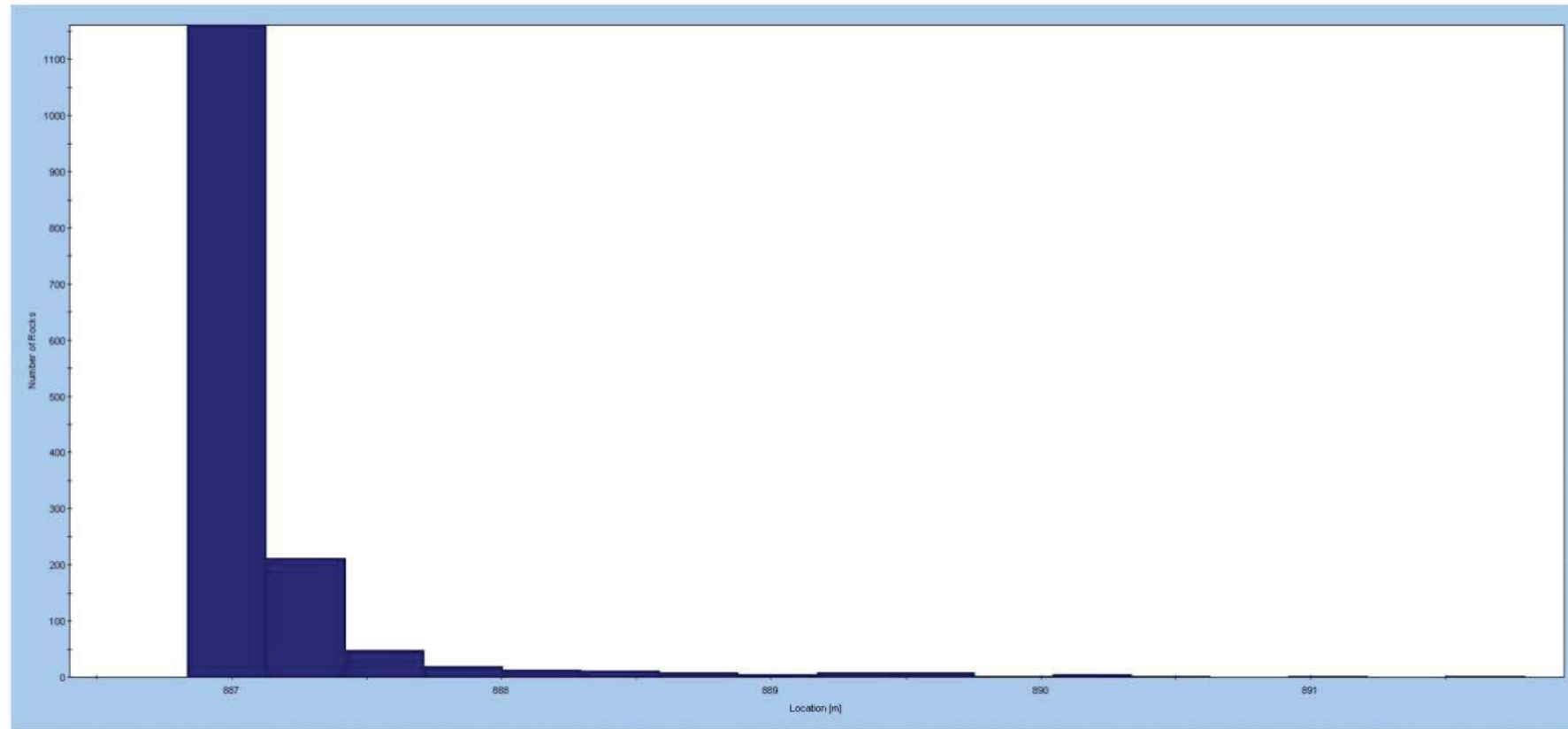
VALORI MEDI COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE DA BIBLIOGRAFIA.

Morfologia	Valori di R_N		Valori di R_T	
	variabilità	frequenti	variabilità	frequenti
Roccia in posto	0,37-0,85	0,4	0,79-0,95	0,87
Affioramento di roccia+detrito		0,38		0,85
Detrito grosso non vegetato	0,33-0,71	0,35	0,45-0,86	0,85
Detrito medio fine non vegetato	0,3-0,45	0,31	0,45-0,87	0,83
Detrito vegetato ad arbusti	0,28-0,32	0,3	0,49-0,82	0,87
Detrito vegetato a bosco		0,28		0,6
Terreno nudo o prato	0,25-0,38	0,25	0,55-0,82	0,55
Superfici pavimentate	0,37-0,42	0,4	0,87-0,92	0,9

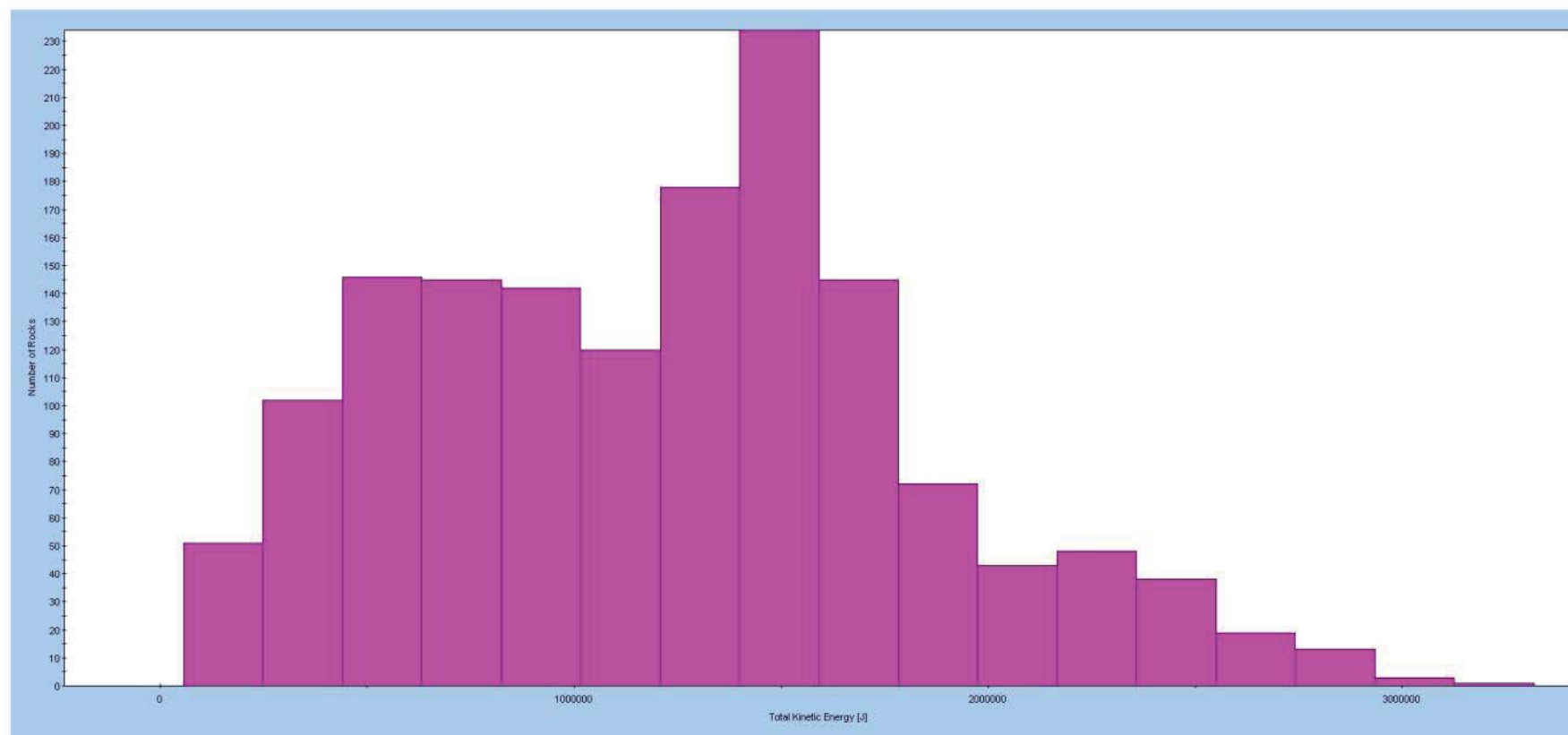




Y-Impact Location on Collector001



Total Kinetic Energy on Collector001



ALTEZZA DI PROGETTO

$$h_{sd} = h_d + f_{min}$$

ALTEZZA

h_d	<i>Altezza 95°percentile</i>	2,5 m	
V.R.U.	<i>volume roccioso unitario</i>	5 m ³	
r	<i>raggio equivalente</i>	1,06 m	
f_{min}	<i>franco minimo fissato da norma</i>	0,5 m	
H_{tot}	<i>Altezza di progetto</i>	4,06 m	

DISTANZA ARRESTO DI PROGETTO

$$d_A = d_{barriera} \times \gamma_D$$

ETAG 027: Linee guida per barriere paramassi



European Organisation for Technical Approvals
Europäische Organisation für Technische Zulassungen
Organisation Européenne pour l'Agrément Technique

Established pursuant to Annex II of the Council Directive 89/106 of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of Member States relating to construction products (Construction Products Directive)

ETAG 027

GUIDELINE FOR
EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL
of
FALLING ROCK PROTECTION KITS

Edition September 2012
Amended April 2013

Established and published in accordance with Article 11 of the Construction Products Directive as a basis for the preparation and issue of European Technical Approvals in accordance with Article 9.1 of the Construction Products Directive

European Technical Approvals are issued by Approval Bodies authorised and notified in accordance with Article 10 of the Construction Products Directive. These bodies are organized in EOTA.

The European Technical Approval, according to the Construction Products Directive, is a favourable technical assessment of the fitness for use of a construction product and the technical specification of the assessed product, serving as basis for the CE marking of this product when and where a harmonised standard according to the Directive is not or not yet available.

Due to technical innovation and the progress of the state of the art, Guidelines for technical approval might not reflect the latest developments and experiences gained in approval procedures. The reader of this Guideline is therefore advised to check with an EOTA member whether there are further provisions which have to be taken into account in the use of the Guideline.

Copyright © 2013 EOTA

This edition replaces edition February 2008 of ETAG 27

EOTA

Kunstlaan 40 Avenue des Arts

B - 1040 BRUSSELS

2008



2013



ETAG 027

«Guidelines for European Technical Approval»
Guida per il Benestare Tecnico Europeo di
sistemi di protezione paramassi

Linea guida europea ETAG 27 «Falling rock protection kits», EOTA 2008
(aggiornamento 2013)

le **RESISTENZE** delle barriere paramassi elastoplastiche sono determinate con crash test in campo reale, le cui modalità di esecuzione e verifica per la certificazione sono descritte nella Linea Guida.

Vengono misurati i parametri che devono essere utilizzati nel confronto con le azioni, per la verifica della progettazione:

⇒ **SEL** 1° lancio → blocco fermato, $h_{res} \geq 70\% h_N$, niente rotture
2° lancio → blocco fermato

MISURE: Energia, altezze, allungamento massimo
e sollecitazioni sulle fondazioni

NO manutenzione tra primo e secondo lancio

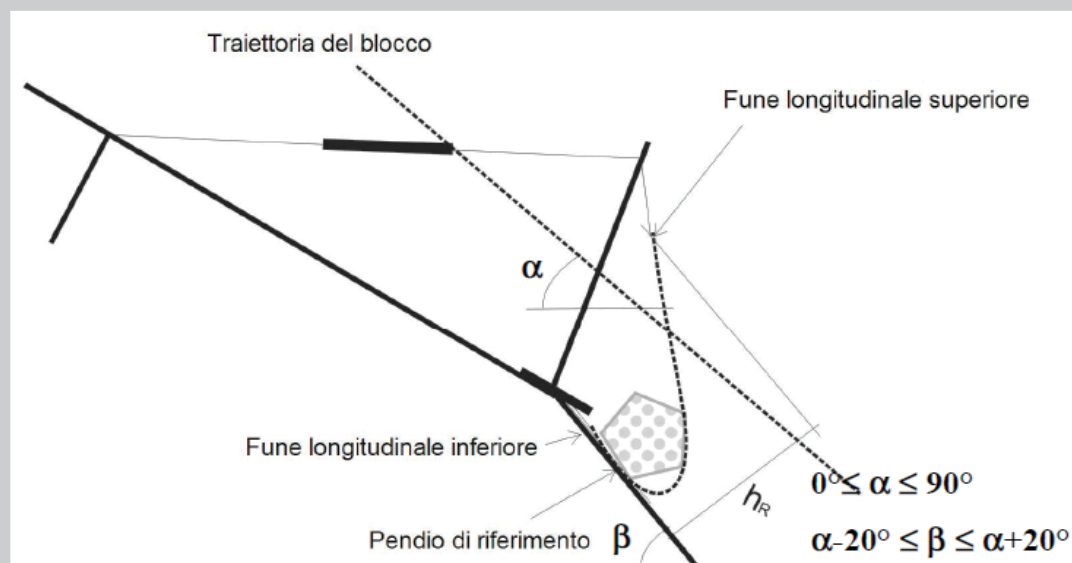
⇒ **MEL** = 3 x **SEL** lancio → blocco fermato

MISURE: Energia, altezze, allungamento massimo
e sollecitazioni sulle fondazioni

ETAG 027: Linee guida per barriere paramassi

COME DISTINGUERE LE BARRIERE PARAMASSI?

Livello di Energia di una barriera paramassi: energia cinetica di un blocco omogeneo e regolare impattante la barriera, secondo determinate condizioni



CLASSIFICAZIONE
ENERGETICA DELLA
BARRIERA PARAMASSI
[kJ]

Due differenti livelli di energia:

SEL (Service Energy Level – Livello di energia di servizio)

MEL (Maximum Energy Level – Livello massimo di energia)

$$\underline{MEL \geq 3 \times SEL}$$

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

Categoria	Range di altezza residua (MEL)
A	$hR \geq 50\% hN$
B	$30\% hN \leq hR \leq 50\% hN$
C	$hR \leq 30\% hN$

Altezza residua: distanza minima tra la fune longitudinale inferiore e quella superiore, misurata perpendicolarmente al pendio di riferimento, dopo la prova.

BARRIERE PARAMASSI

DOCUMENTAZIONE ACCOMPAGNATORIA PER D.L.

PRIMA DEL MONTAGGIO

1. Relazione di calcolo della barriera;
2. Disegni esecutivi;
3. Relazione di calcolo delle fondazioni;
4. Manuale (o piano) di manutenzione;
5. Manuale (o piano) di montaggio;
6. DDT fornitura barriera;
7. Certificazioni varie dei materiali utilizzati;
8. Certificato di prova in conformità a norma ETAG-Certificato di marcatura CE

DOPO IL MONTAGGIO

1. Dichiarazione di corretta installazione, che rimette il fornitore;
2. Dichiarazione dell'Appaltatore;
3. Prove collaudo ancoraggi;
4. Aggiornamento Piano di Manutenzione
5. Disegni di contabilità

BARRIERE PARAMASSI

ALCUNI ESEMPI

500 kJ



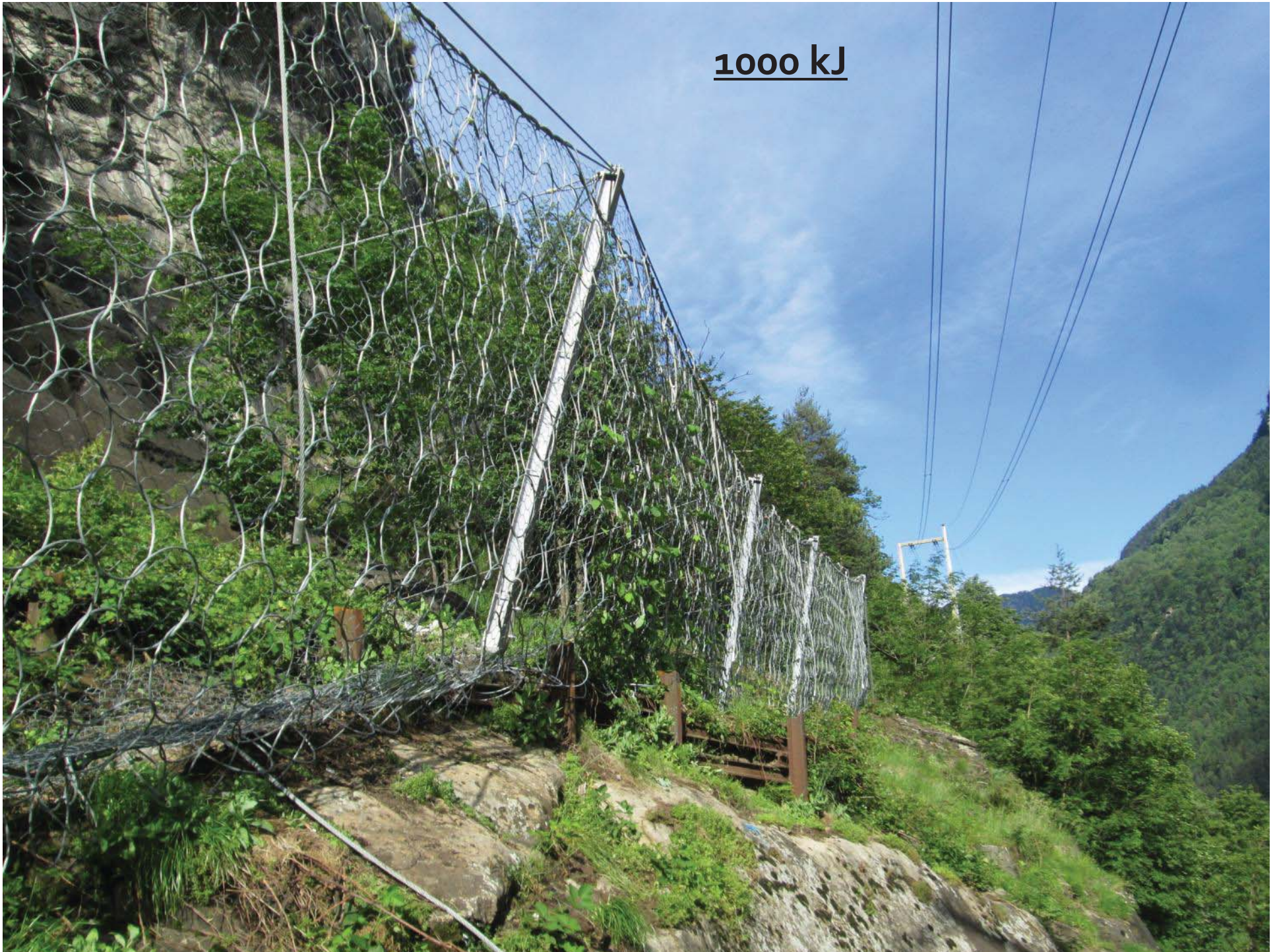
500 kJ



1000 kJ



1000 kJ



2000 kJ



VALLONE SAN RAFFAELE-SALA CONSILINA (SA)
Controllo Barriere Paramassi Deformabili 3000 kJ
Controllo Barriere Paramassi Rigide



VALLONE SAN RAFFAELE-SALA CONSILINA (SA)
Controllo Barriere Paramassi Deformabili 3000 kJ
Controllo Barriere Paramassi Rigide



VALLONE SAN RAFFAELE-SALA CONSILINA (SA)
Controllo Barriere Paramassi Deformabili 3000 kJ
Controllo Barriere Paramassi Rigide



VALLONE SAN RAFFAELE-SALA CONSILINA (SA)

Controllo Colate Detritiche

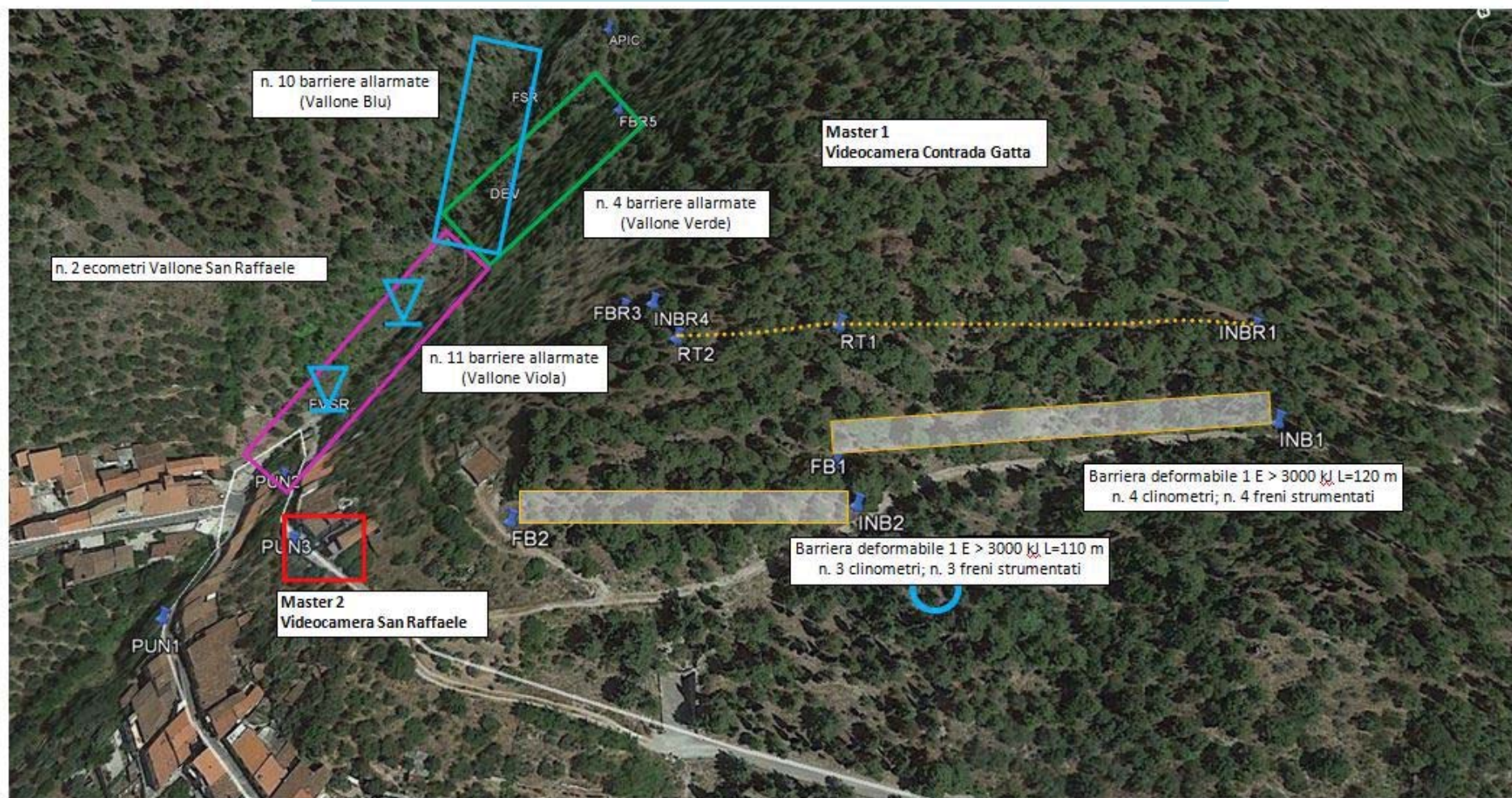


VALLONE SAN RAFFAELE-SALA CONSILINA (SA)

Controllo Colate Detritiche

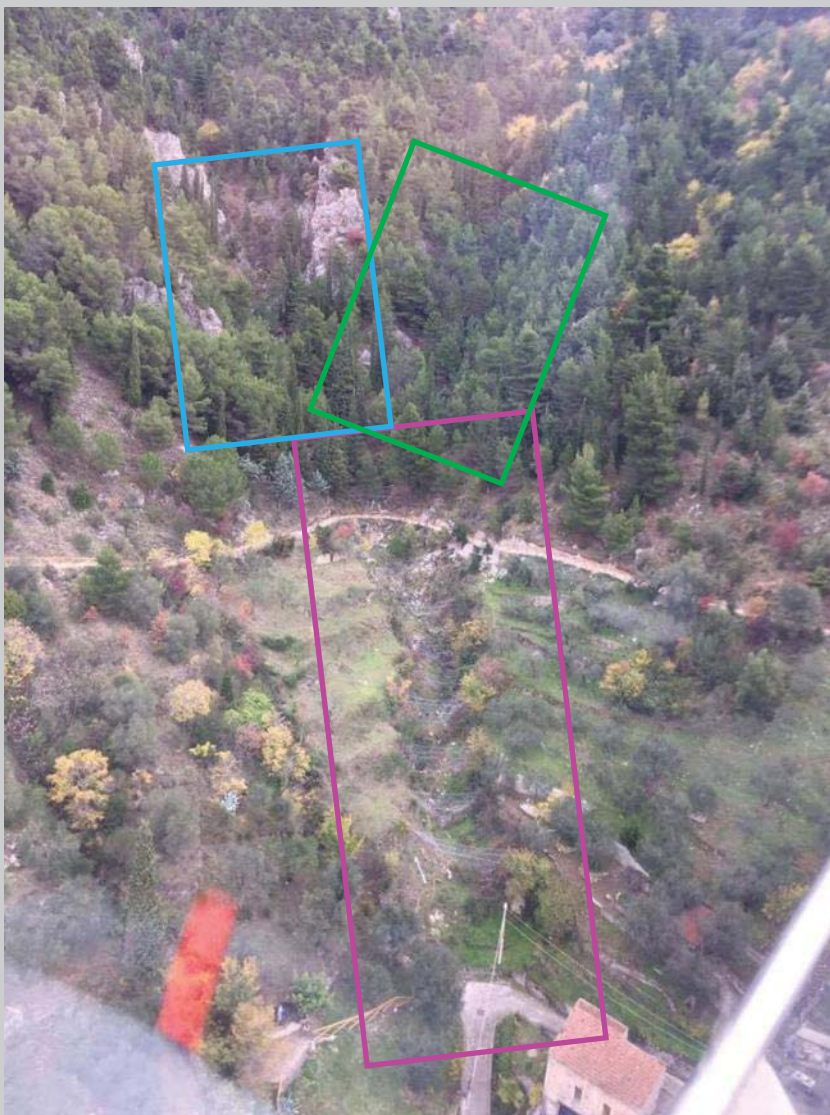





VALLONE SAN RAFFAELE

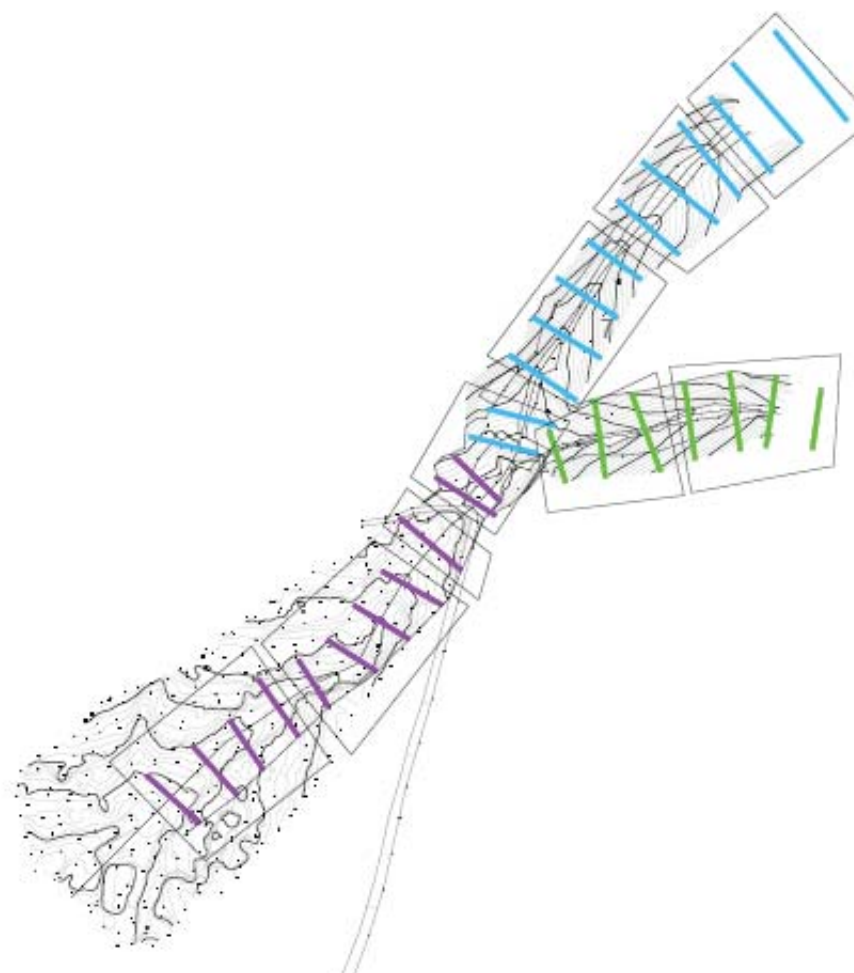


- Master, voce B.4; Telecamera
- ▽ Controllo di flusso Vallone San Raffaele
- Vallone Viola, n. 11 barriere allarmate (totalità); Vallone Blu, n. 11 barriere allarmate; Vallone Verde, n. 8 barriere allarmate;
- Barriere deformabili (n. 7 clinometri + n. 7 freni strumentati)
- n. 8 trasduttori per cavo di guardia

VALLONE SAN RAFFAELE: Monitoraggio colate detritiche (Controllo barriere frangicolata)



-  Vallone Viola, n. 11 barriere allarmate
-  Vallone Blu, n. 11 barriere allarmate;
-  Vallone Verde, n. 8 barriere allarmate;



VALLONE SAN RAFFAELE: Monitoraggio colate detritiche (Controllo barriere frangicolata)



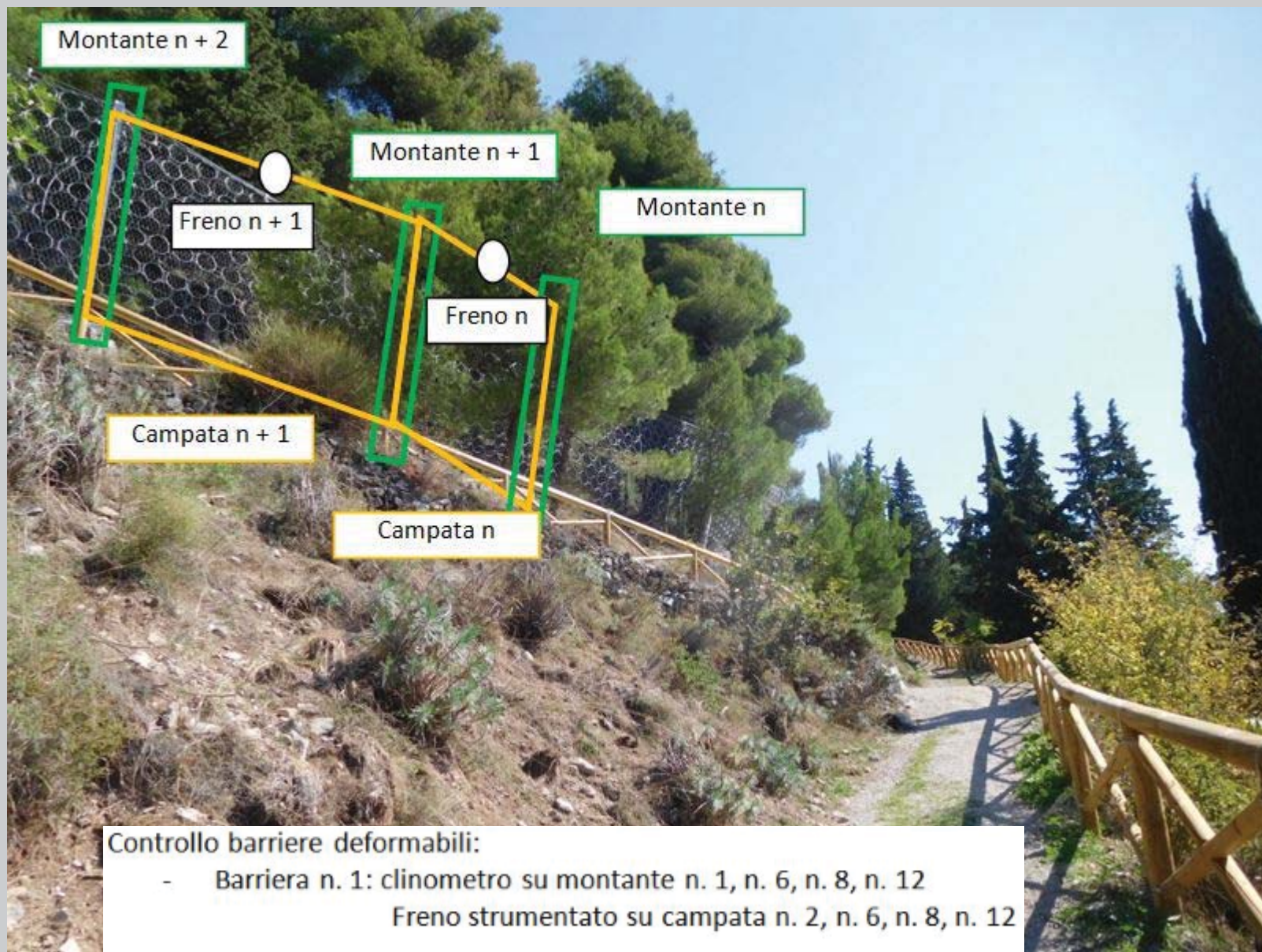
VALLONE SAN RAFFAELE: Monitoraggio colate detritiche
(Controllo flusso con ecometri)



VALLONE SAN RAFFAELE: Monitoraggio colate detritiche
(Controllo flusso con ecometri)



VALLONE SAN RAFFAELE: Controllo barriere paramassi elastiche



Controllo barriere deformabili:

- Barriera n. 1: clinometro su montante n. 1, n. 6, n. 8, n. 12
Freno strumentato su campata n. 2, n. 6, n. 8, n. 12
- Barriera n. 2: clinometro su montante n. 4, n. 6, n. 12
Freno strumentato su campata n. 3, n. 6, n. 11

VALLONE SAN RAFFAELE: Controllo barriere paramassi rigide





Monitoraggio Sala Consilina

Monitoraggio online

[Home](#) [Idrometri](#) [Fessurimetri](#) [Barriere](#) [Pluviometri e stazioni](#)

Dashboard

Stato sistema



03/25/2018 06:33:29 pm

ONLINE

Precipitazioni



1 ora: 4.4 [mm]
12 ore: 6.4 [mm]
48 ore: 6.4 [mm]
7 giorni: 6.4 [mm]

Allarmi

nessun allarme

ACCESSO

Logout













5000 kJ



5000 kJ



5000 kJ





Tipologie di frana

LE COLATE DETRITICHE

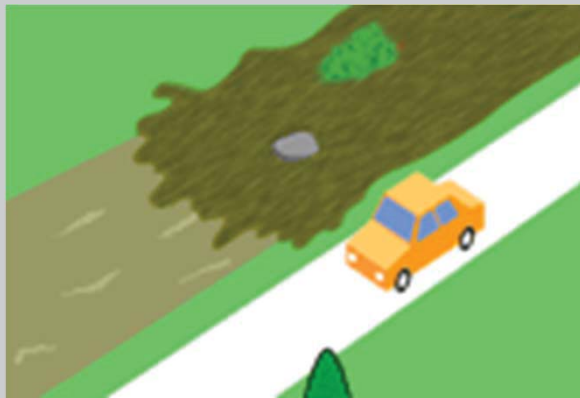
I *debris flow* sono dei movimenti rapidi di massa, gravitativi, con un comportamento reologico non newtoniano, ovvero con caratteristiche intermedie tra le frane e le inondazioni. Il materiale è costituito da miscele granulari, acqua e aria.

Secondo Costa (1984) I debris flow includono:

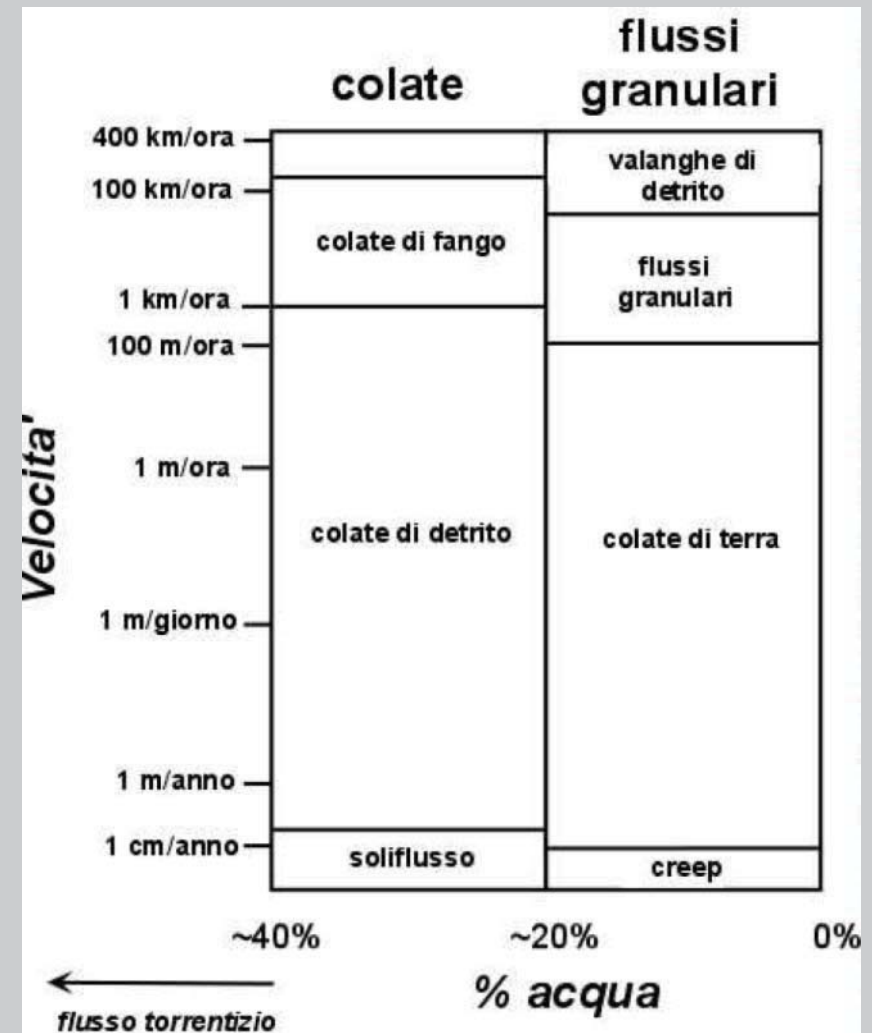
- Mudflows: costituiti da silt, sabbia, argilla
- Lahars: debris flow di origine vulcanica
- Flussi granulari con materiale bagnato e silt
- Flussi granulari rapidi con materiale bagnato e silt

LE COLATE DETRITICHE

velocità variabili da pochi cm/s a 25m/s (Sassa, 1987)

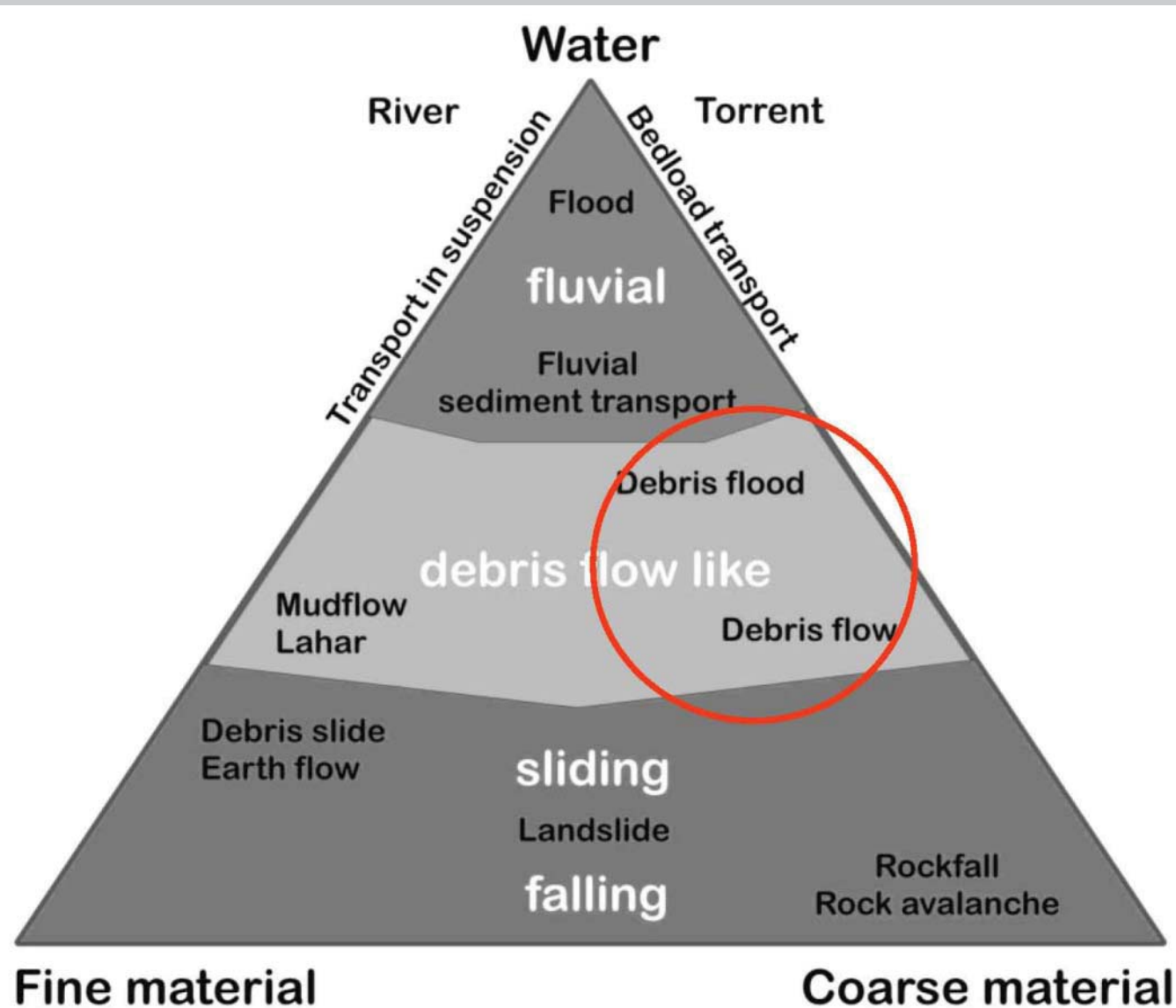


Indicazione
schematica delle
possibili velocità in
vari tipi di colata
sedimentaria



LE COLATE DETRITICHE

Rischio da Debris Flow, Phillips & Davies 1991









USGS Photo by Lyn Topinka, August 12, 1985





















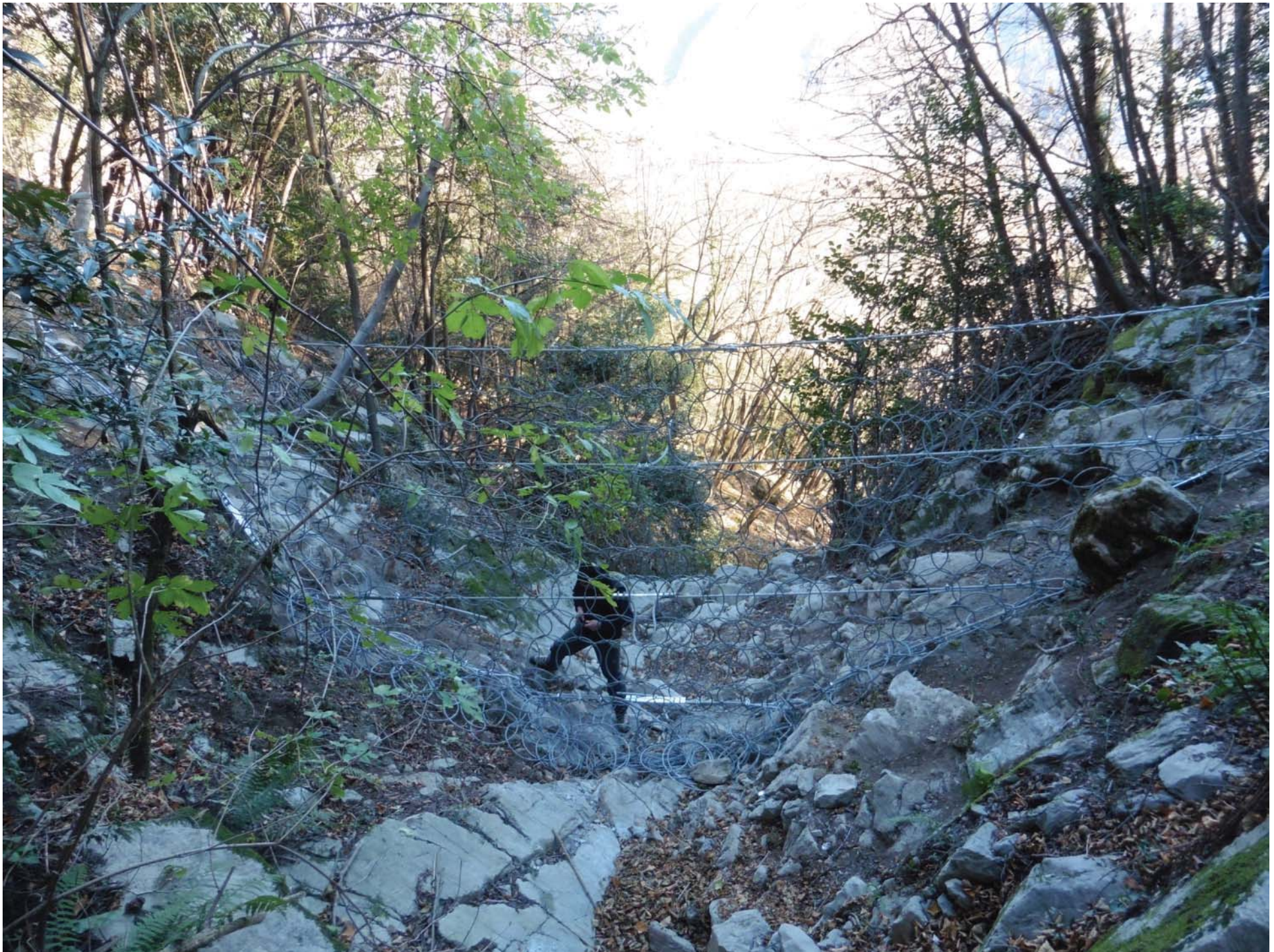






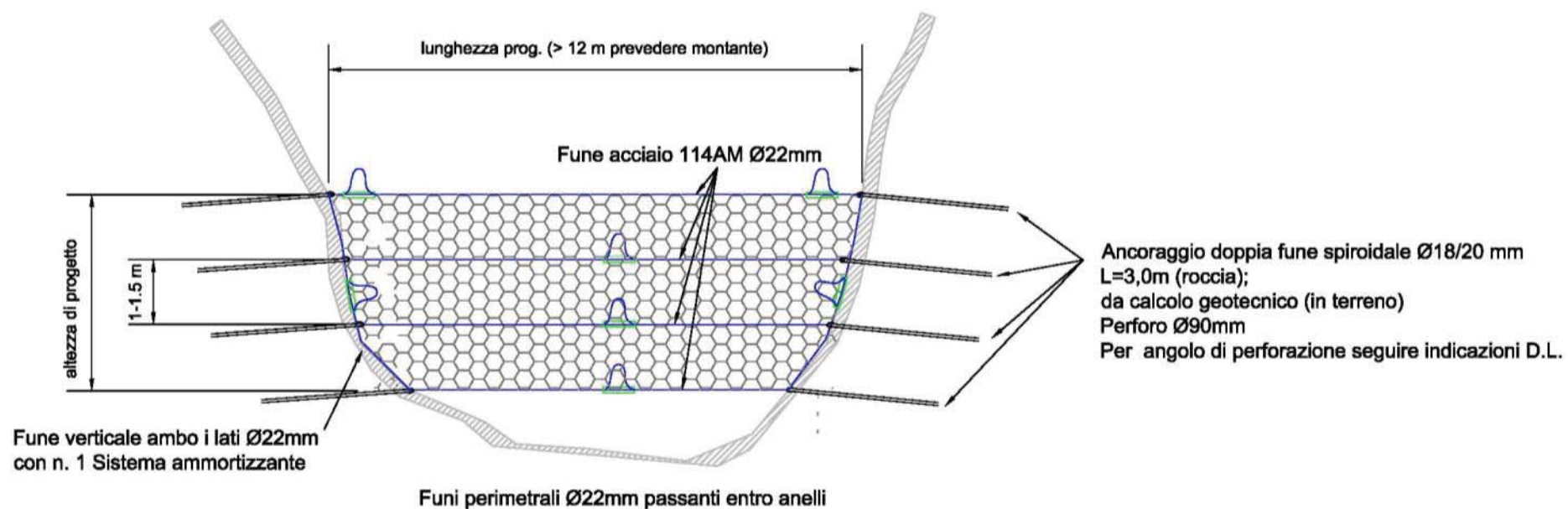








BARRIERA DEBRIS FLOW TIPO B



D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni e Circolare
C.S.LL.PP. del 02.02.2009 n. 617 , vigenti dal 01.07.2009
VERIFICHE STRUTTURALI ALLO STATO LIMITE

⇒ Confrontare il mondo delle **AZIONI** con quello delle **RESISTENZE**

AZIONI

$$E_d = E \times \gamma$$

RESISTENZE

$$R_d = R / \gamma_M$$

VERIFICA:

$$R_d \geq E_d$$

La barriera da debris-flow si può definire come opera passiva “elastoplastica”, ovvero una struttura puntuale (di lunghezza contenuta solitamente minore di 12-15 m, o raramente più lunga in caso di canali o alvei ad ampia sezione), in genere di forma trapezoidale, costituita da pannelli di rete ad elevata resistenza e funi ancorati ai lati dei solchi torrentizi (in roccia o materiali sciolti), con sistemi frenanti o di dissipazione aventi la funzione di intercettare il flusso della colata limitando l’apporto solido a valle, assorbendo l’elevata pressione di impatto prevalentemente grazie alla deformabilità della struttura (insieme di reti, funi e sistemi ammortizzanti) e alla capacità di ritenuta degli ancoraggi laterali.

Dopo l’evento rimane un carico statico elevato sulla struttura, cui gli elementi devono resistere.

Infine, la struttura deve essere facilmente liberata dal materiale detritico, una volta terminata la fase parossistica della colata.

Le colate hanno quasi sempre un comportamento «a n pulsazioni», e di questo bisogna tenere conto nella progettazione.

La progettazione di strutture di protezione richiede di predire la **pressione di impatto** e la **magnitudo** (stima del volume mobilizzabile) con elevata affidabilità;

Le quantità di materiale che la barriera deve essere in grado di arrestare è altamente mutevole a seconda delle variabili:

- morfologiche (ampiezza del bacino a monte),
- sedimentologiche (caratteristiche del materiale oggetto del trasporto solido),
- reologiche (da cui dipende il comportamento meccanico e cinematico della massa detritica)
- Topografiche,
- idrologiche

⇒ LA MODELLAZIONE IDRAULICA E LA CONOSCENZA DEL SITO E DEI FENOMENI CHE POSSONO AVVENIRE SONO FONDAMENTALI

La **magnitudo** V è fondamentale per calcolare la portata di picco attesa, Q_p ;

Mizuyama et al., $Q_p = 0,0188 V^{0.78}$

Rickenmann., $Q_p = 0,135 V^{0.78}$

La **velocità** nel fronte del flusso di colata viene calcolata, solitamente:

Manning-Strickler., $v = (1/n_d) h^{0.67} I^{0.5}$

n_d coefficiente di resistenza al moto, $0.1 \div 0.18$

h è l'altezza del flusso in m

I è inclinazione del letto del canale in cui avviene il moto della colata

Rickenmann., $v = 2.1 Q_p^{0.34} I^{0.2}$

I modelli disponibili ed utilizzati per la **forza di impatto** sono numerosi (solitamente si fa riferimento a tre gruppi di equazioni: idrostatiche, idrodinamiche e a modelli misti).

Equazioni idrostatiche $F_{peak} = k \cdot \rho_m \cdot g \cdot h_f \cdot A$

k coefficiente empirico, 2.5÷11 (Lichtenhahn, 1973; Armanini, 1997; Scotton e Deganutti, 1997)

ρ_m è la densità media della colata in kg/m³,

g è l'accelerazione di gravità in m/s²,

h_f è l'altezza del flusso in m

A è l'area d'impatto in m²

Equazioni idrodinamiche $F_{peak} = \alpha \cdot \rho_m \cdot v^2 \cdot A$

v è la velocità di flusso m/s

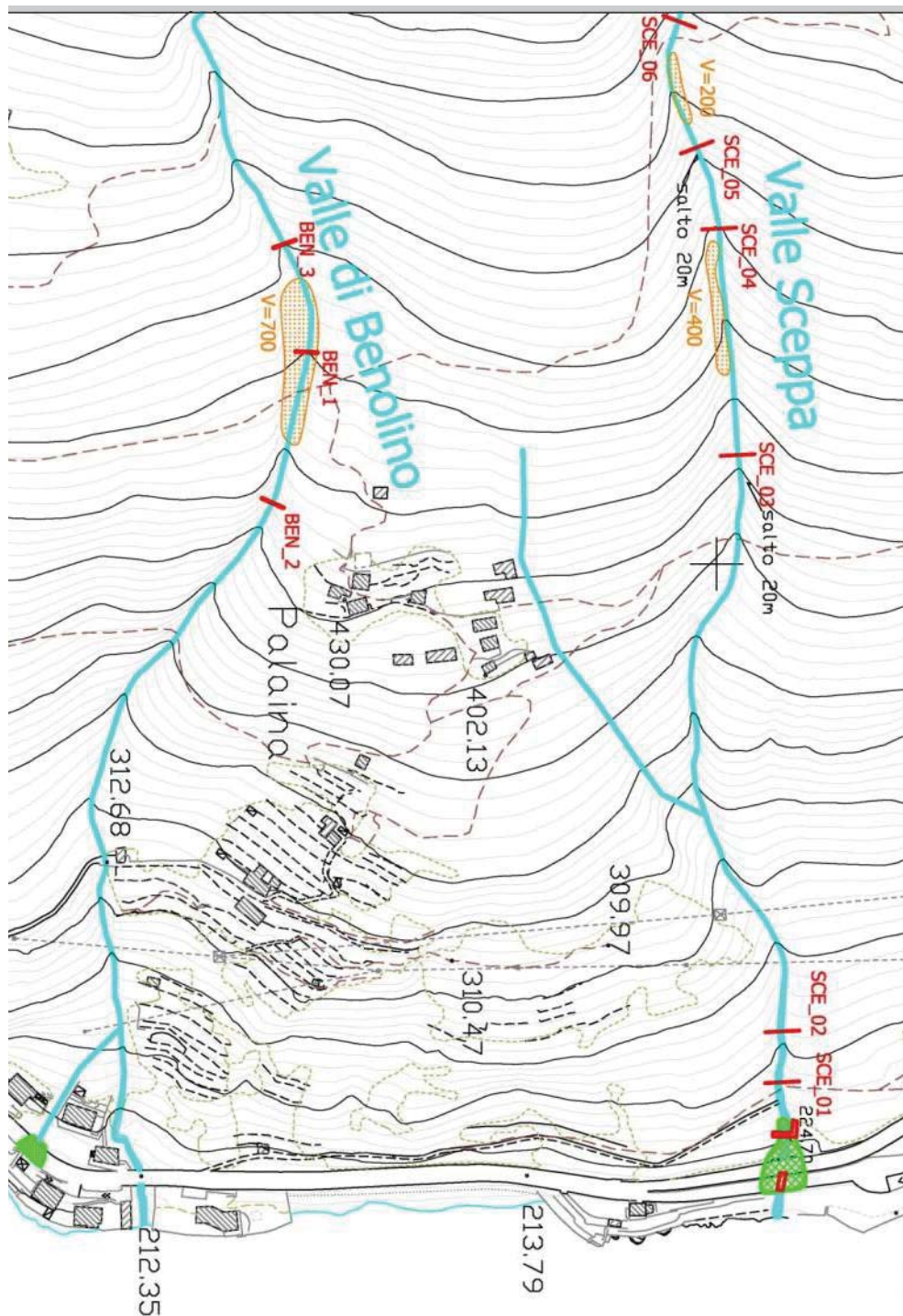
$\alpha \rightarrow$ dipende dalla tipologia di flusso, dalla formazione di getti verticali a tergo della barriera e dalle caratteristiche della barriera

(Hungry, 1,5; Daido, 5÷12; Zhang, 3÷5; Canelli et al., 1.5÷5)

Equazioni miste $F_{peak} = \frac{1}{2} \cdot \rho_m \cdot g \cdot h_f \cdot A + \rho_m \cdot v^2 \cdot A$

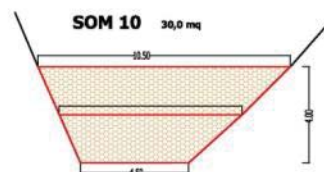
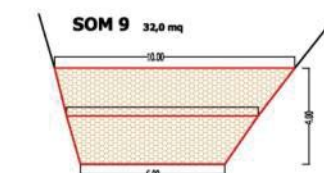
Una volta ricavate magnitudo e pressioni di impatto, si devono posizionare le barriere da debris flow lungo il canale di flusso in maniera tale che possano «incamerare» a tergo le pulsazioni di colata, ovvero bisogna che le posizioni delle barriere (singole o su più quote), siano tali da consentire un adeguato riempimento a tergo, oltre che ovviamente le manutenzioni in caso di evento.

Per quanto riguarda le **resistenze**, queste sono condizionate anche dalla forma della singola barriera, che è vincolata alla larghezza del canale di flusso nella posizione di installazione.

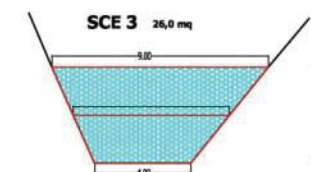
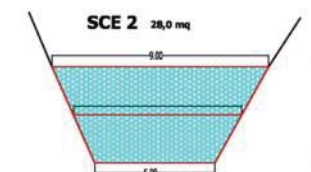
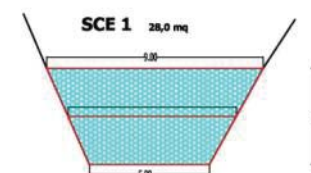


SEZIONI SCHEMATICHE DELLE BARRIERE (Scala 1:200)

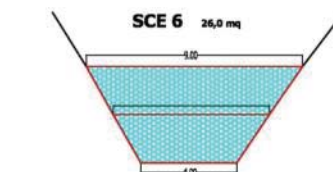
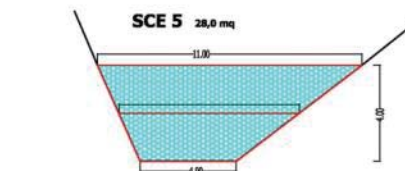
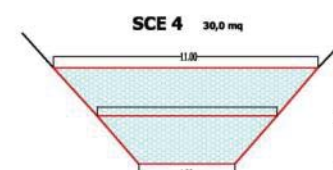
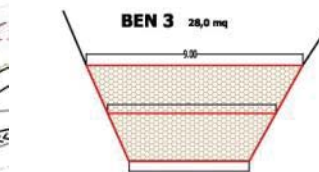
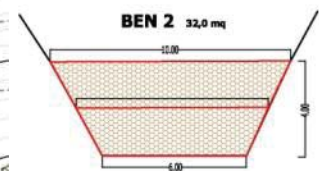
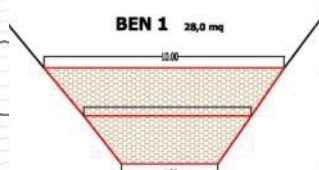
VALLE SOMAINA



VALLE SCEPPA



VALLE BENOLINO



CARATTERISTICHE BARRIERA

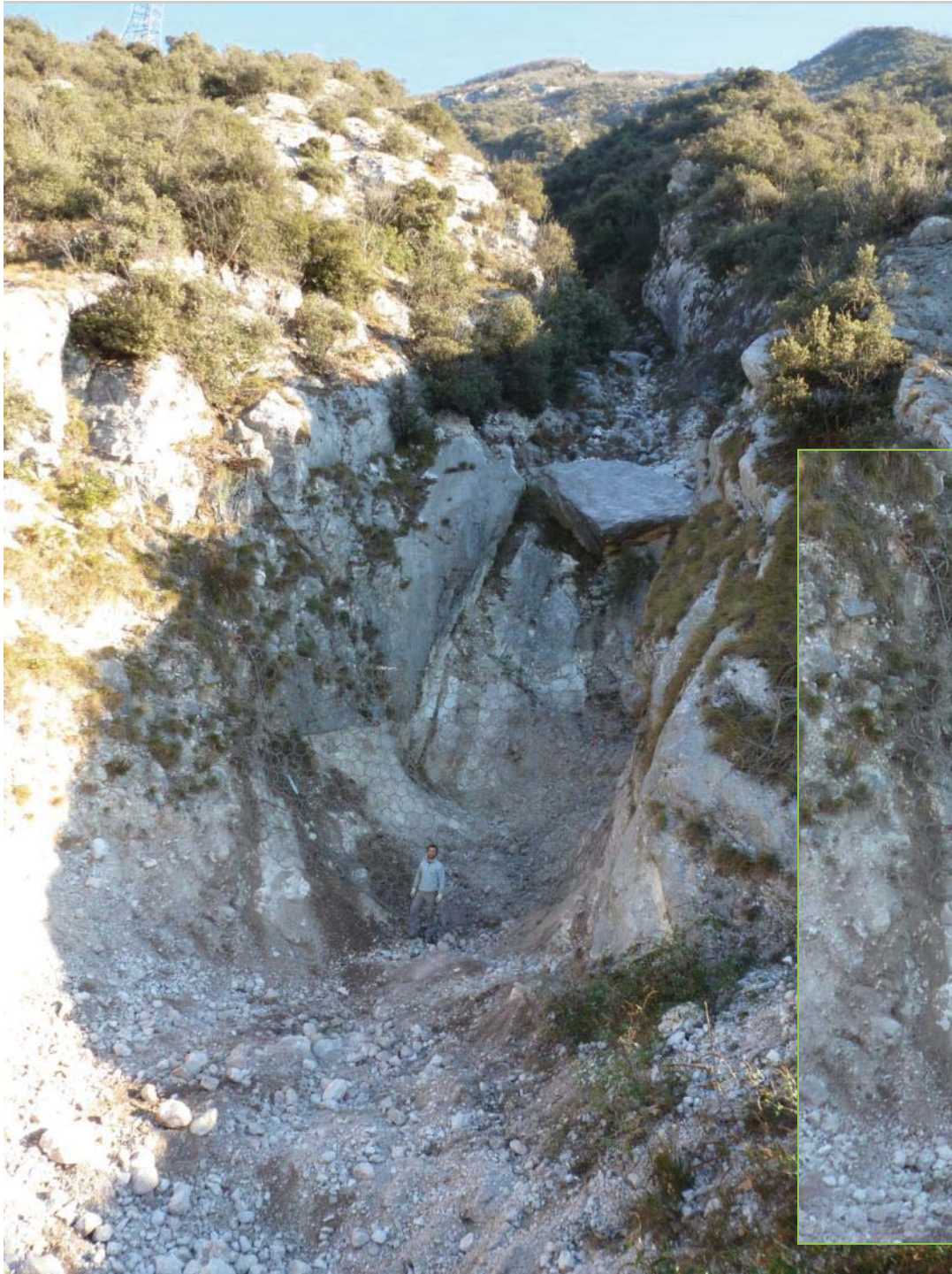
Altezza	h	4,5				m
		----dalla fune più alta alla fune più bassa (da sinistra a destra)----->				
numero funi totale		4				
numero funi per larghezza	#	1	1	1	1	
Larghezza	L	13	9,33	5,67	2	m
interasse verticale funi	i	1,5	1,5	1,5	1,5	m
numero ancoraggi	anc.	8				
ALTEZZA DEL FLUSSO DI COLATA	h_{fl}	2				m

CARATTERISTICHE MATERIALI

		Funi				
diametro		22	22	22	22	mm
carico rottura	$S'_{r,f}$	310,1	310,1	310,1	310,1	kN
		Rete				
carico rottura da prove conformità		120	120	120	120	kN
n. elementi per 1 metro		2	2	2	2	
carico rottura per metro di profondità		225	225	225	225	KN/m





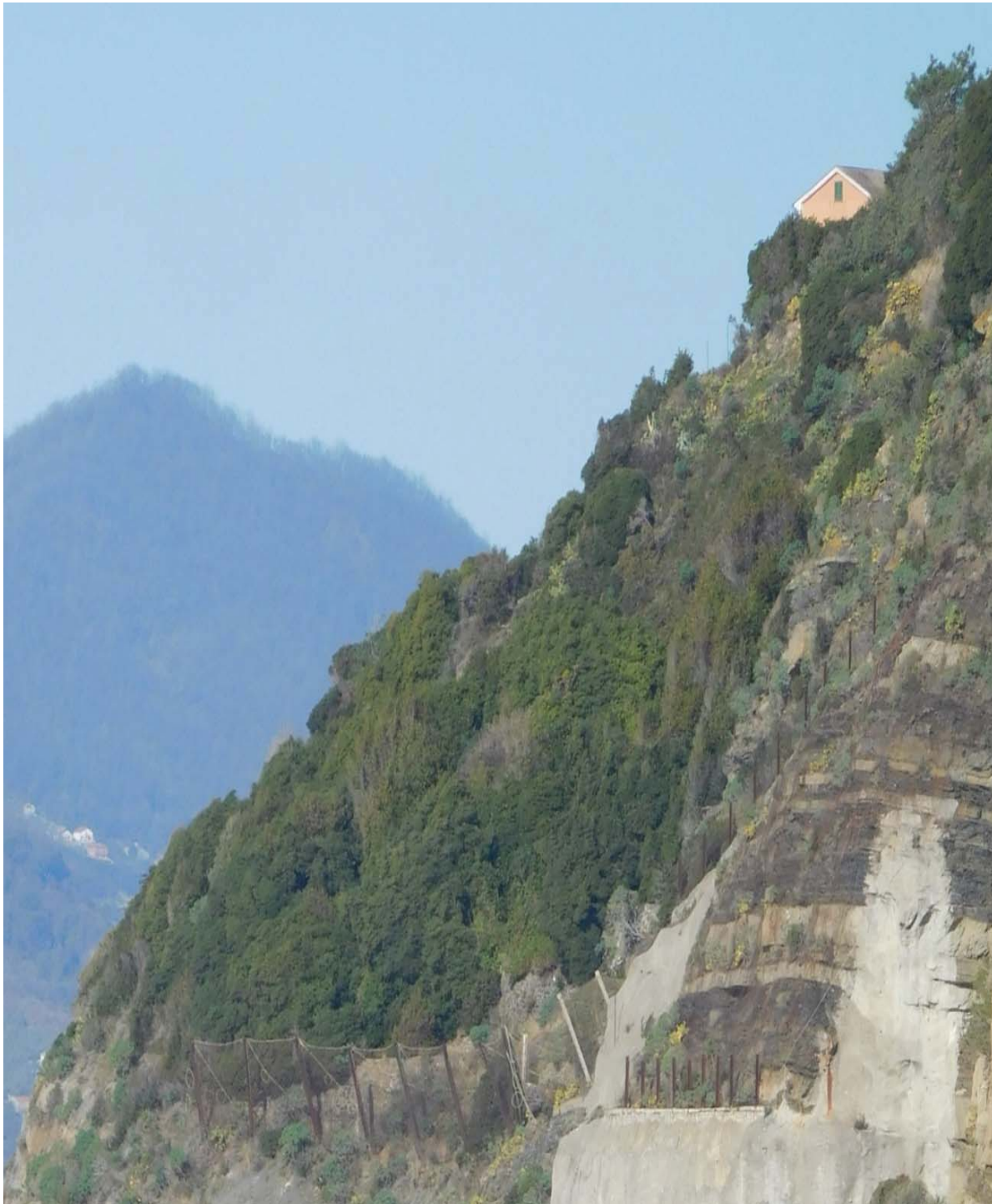






CAVI DI LAVAGNA (GE),
04.01.2018











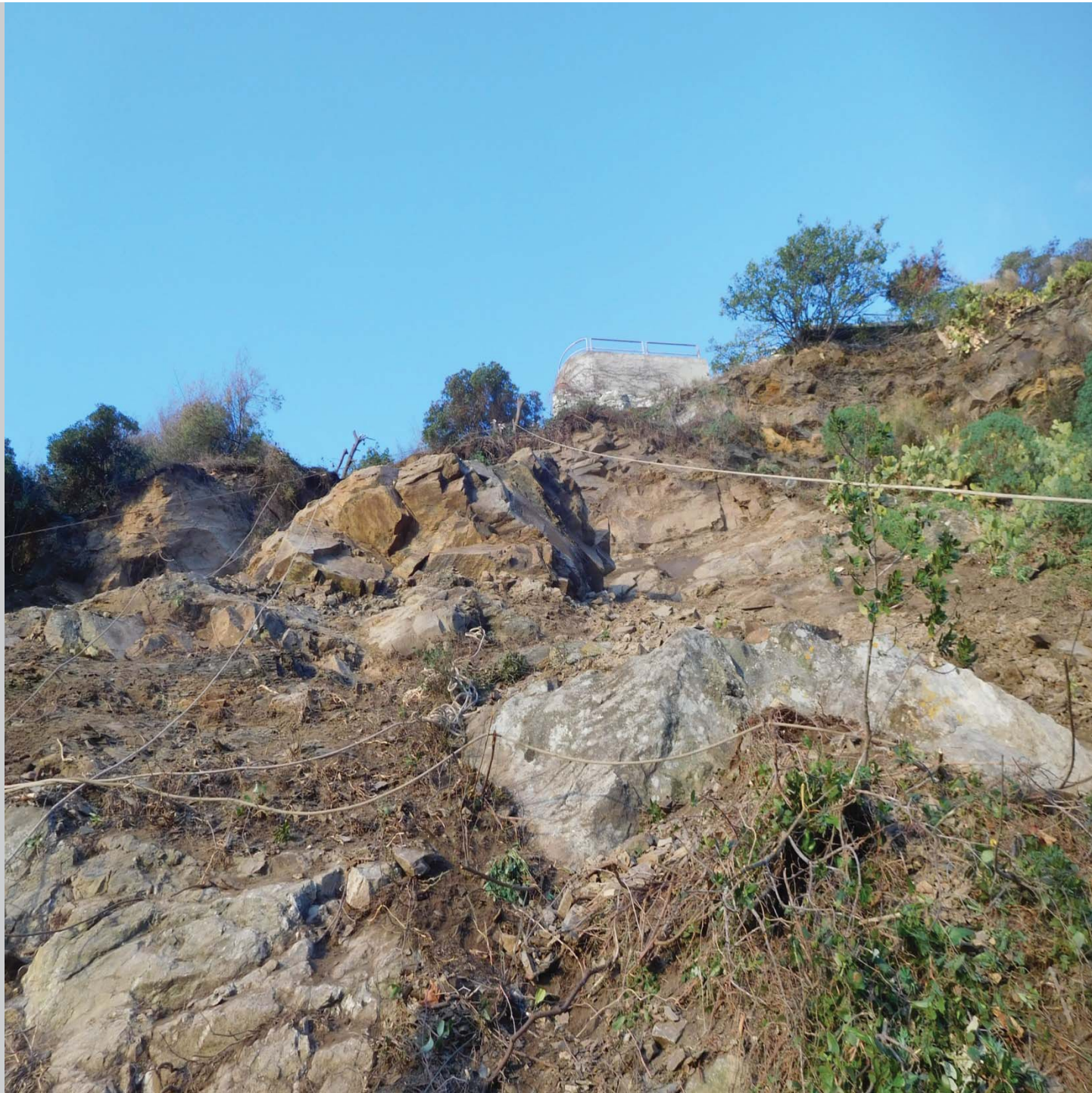






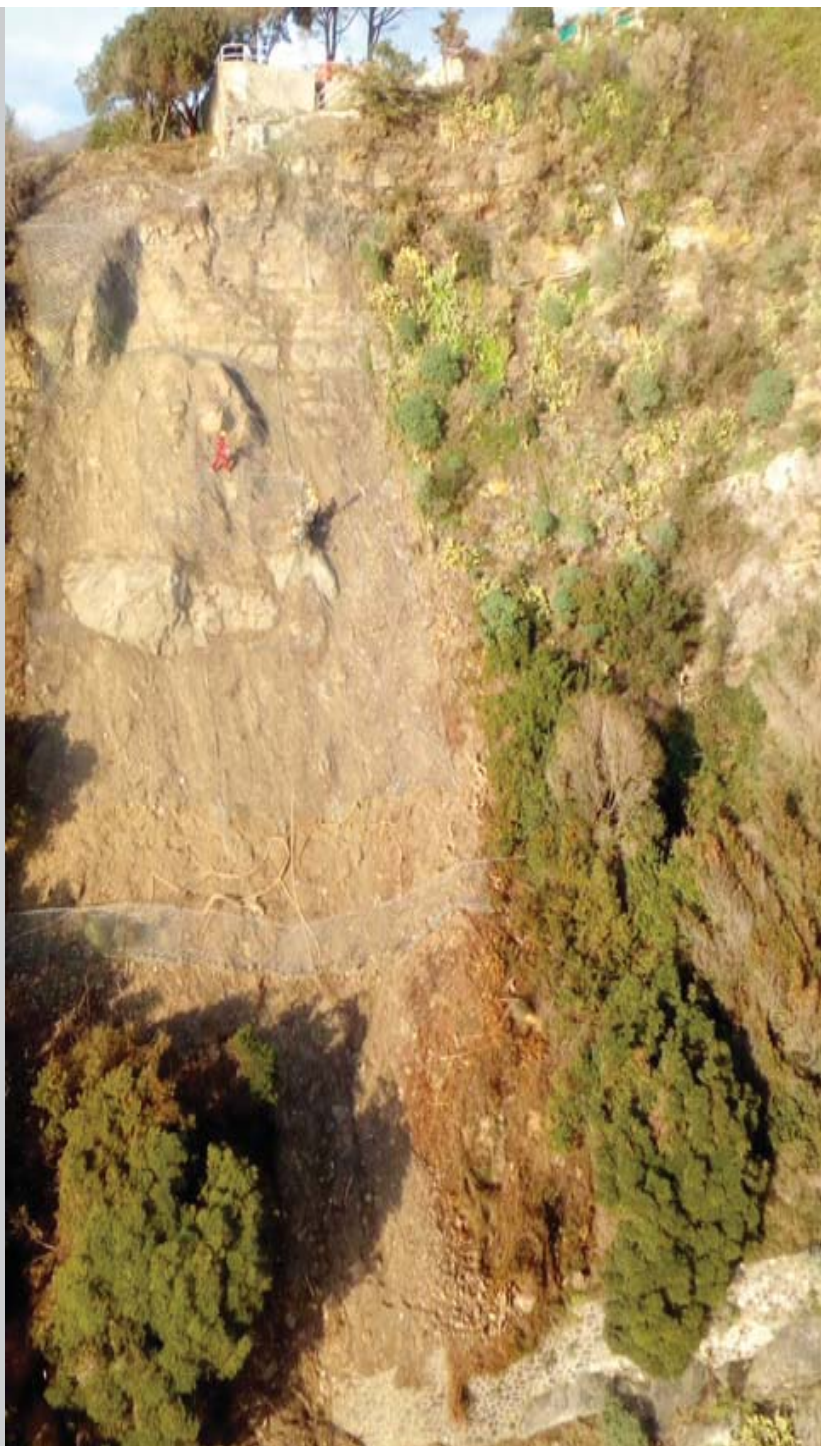


















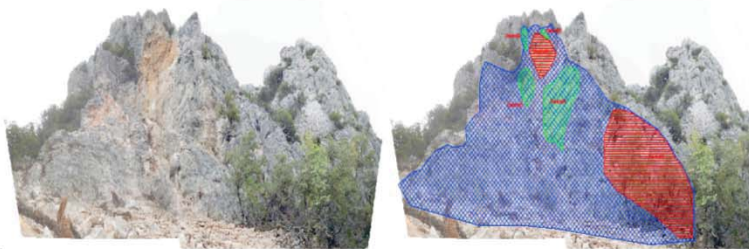








DORGALI (NU),
15.10.2016



Area con consolidamenti puntuali con chiodature in barra d'acciaio S835/1030 tipo Dywidag L=9-12m Ø=26,5mm
 - diedro02 n.15 barre L=12m - S=220mq
 - diedro06 n.8 barre L=9m - S=120mq
 Rafforzamento corticale realizzato mediante rete metallica a doppia torsione, sormontata da pannelli di rete in fune, rinforzato con funi orizzontali passanti entro la testa delle barre di consolidamento puntuali.

Rafforzamento corticale realizzato mediante rete metallica a doppia torsione, sormontata da pannelli di rete in fune, rinforzato con funi incrociate passanti entro la testa degli ancoraggi in barra d'acciaio S500/550 tipo Gevi o in fune d'acciaio Ø20mm, L=3 m disposti in maglia 3x3m - S=1770mq

Preveniva demolizione e dragaggio dei blocchi rocciosi
 - diedro01=40mc (dragaggio con leve e leverini)
 - diedro02=10mc (dragaggio con leve e leverini)
 - diedro03=20mc (dragaggio con leve e leverini)
 - diedro04=150mc (demolizione e dragaggio con microcariche esplosive)

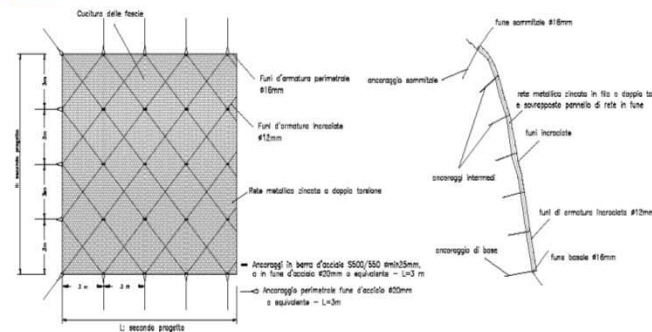
Accordo Soggettivo - Barre tipo Gevi equivalenti			
$\frac{f_y}{\gamma_s}$	resistenza caratteristica di rottura	[MPa]	
$\frac{f_{yk}}{\gamma_s}$	resistenza caratteristica di snervamento	[MPa]	
$\frac{E_s}{\gamma_s}$	modulo elastico	[GPa]	

Accordo Soggettivo - Barre tipo Dywidag equivalenti			
$\frac{f_y}{\gamma_s}$	resistenza caratteristica di rottura	[MPa]	
$\frac{f_{yk}}{\gamma_s}$	resistenza caratteristica di snervamento	[MPa]	
$\frac{E_s}{\gamma_s}$	modulo elastico	[GPa]	

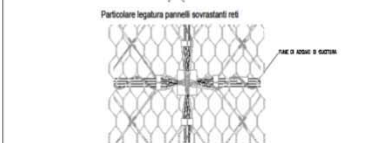
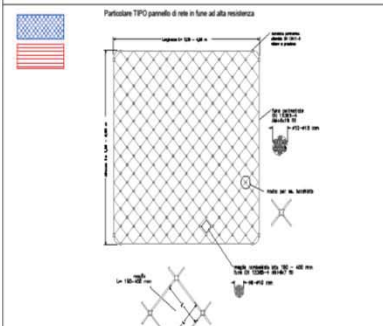
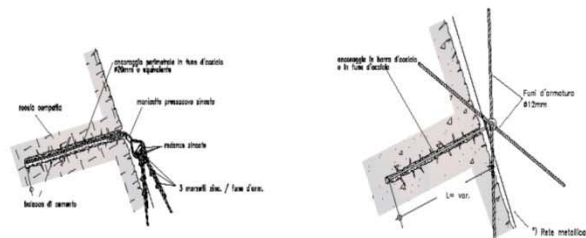
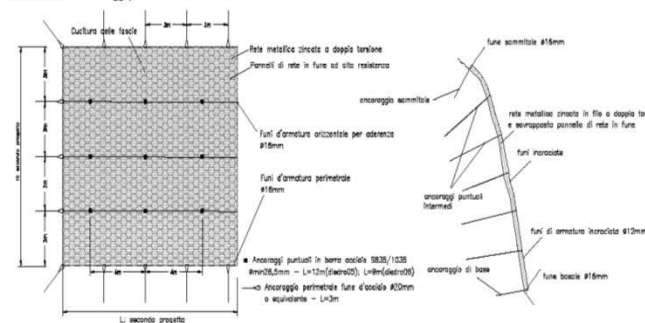
Barre acciaio tipo Gevi			
Barre acciaio		Caratteristiche di calcolo	
Barre	Spessore	Area	Caratteristiche
Ø26,5	2,65	440	
Ø20	2,00	314	
Ø16	1,60	201	
Ø12	1,20	110	
Ø10	1,00	78,5	

Barre acciaio tipo Dywidag			
Barre acciaio		Caratteristiche di calcolo	
Barre	Spessore	Area	Caratteristiche
Ø26,5	2,65	440	
Ø20	2,00	314	
Ø16	1,60	201	
Ø12	1,20	110	
Ø10	1,00	78,5	

Rafforzamento corticale in rete a doppia torsione, pannelli di rete in fune e funi incrociate



Rafforzamento corticale in rete a doppia torsione, pannelli di rete in fune e funi orizzontali, con ancoraggi puntuali in barre d'acciaio S835/1030



Ancoraggio di consolidamento puntuale in barra continua tipo Dywidag (S835/1030 1/1mm) - disegno tipo

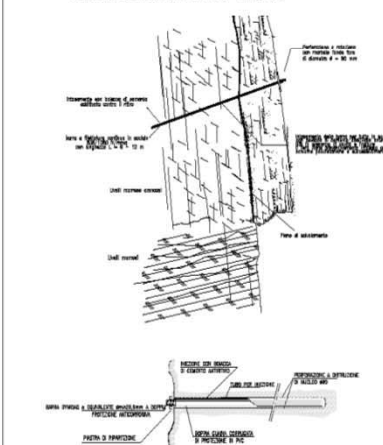


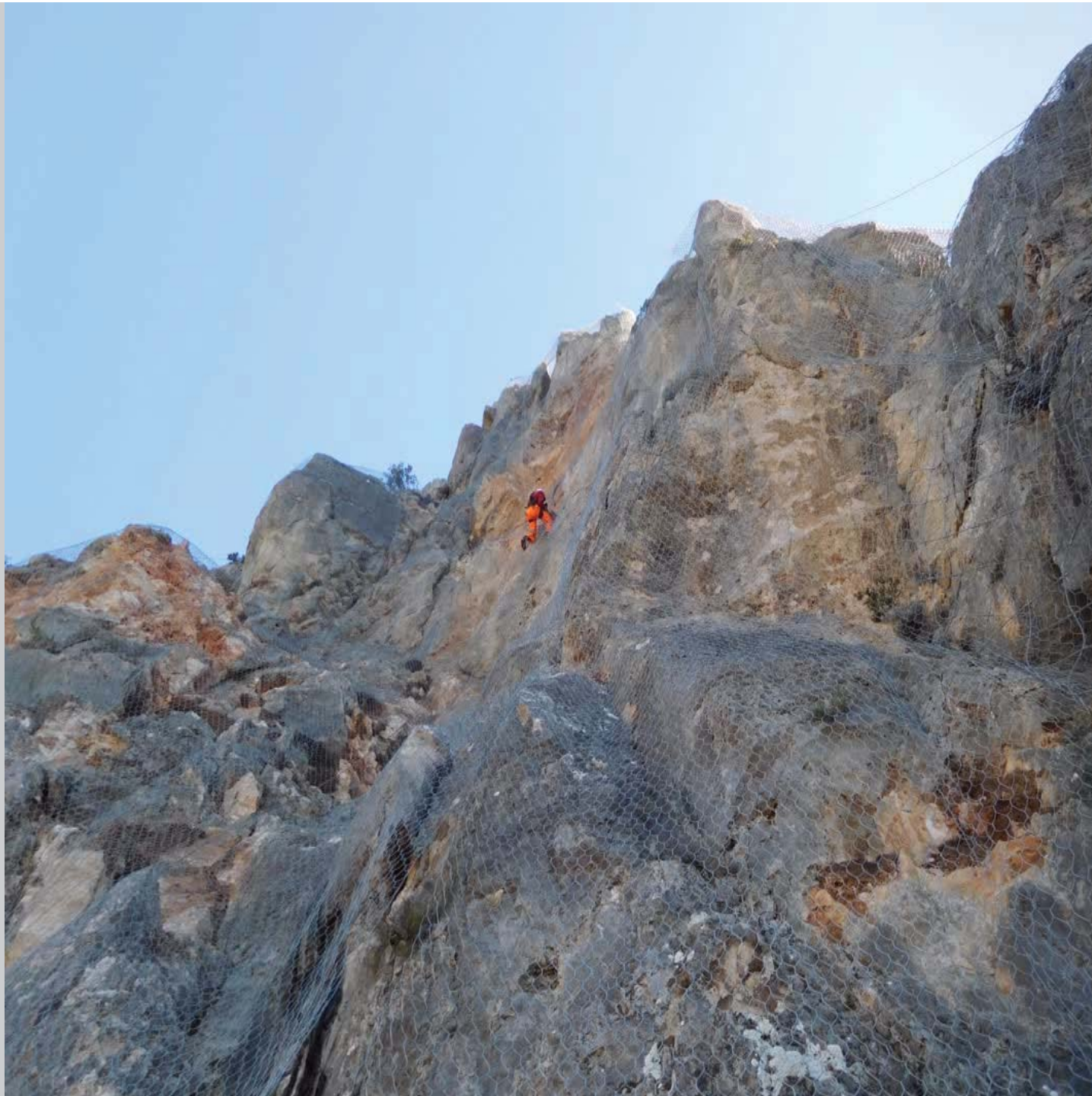
TAVOLA DI PROGETTO: INTERVENTI GEOTECNICI SULLE PARETI

LAVORAZIONI PREVISTE:

- operazioni di demolizione e dragaggio;
- stesura di rete a doppia torsione per rafforzamento corticale sulle pareti;
- stesura di pannelli di rete in fune ancorati al contorno;
- realizzazione di perforazioni in parete con perforatore portatile aut. martello fondo foro con maglia 3x3 per ancoraggi rafforzamenti corticali;
- stesura di funi di rinforzo Ø 12 mm incrociate e orizzontali Ø 16 mm (per diedro05 e diedro06);
- realizzazione di chiodature profonde in barre di acciaio ad alta resistenza tipo dywidag previa perforazione con martello fondo foro;















Fine intervento, grazie per l'attenzione

Dott. Ing. Osvaldo Cargnel, cell. 3357723987, mail gcargnel@hotmail.com