



*Università degli Studi di Bari Aldo Moro*  
*Dipartimento di Scienze*  
*della Terra e Geoambientali*

*International Association For*  
*Engineering Geology*  
*ITALIAN NATIONAL GROUP*



# **L'USO DI DRONE E LASER SCANNER IN APPLICAZIONI AMBIENTALI E GEOLOGICO-INGEGNERISTICHE"**

*Università degli Studi di Bari Aldo Moro – Aula Magna Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali*

*GIORNATA STUDIO 25/10/2019*

**Ricostruzione del modello litologico in aree complesse attraverso il rilievo laser scanner e la tomografia elettrica 3D: l'esempio del consolidamento della cavità della Galena a Gragnano**

**MARCO PAGANO & MARIA GRAZIA SOLDVIERI**

*IdroGeo Srl, Vico Equense (NA), Italy*

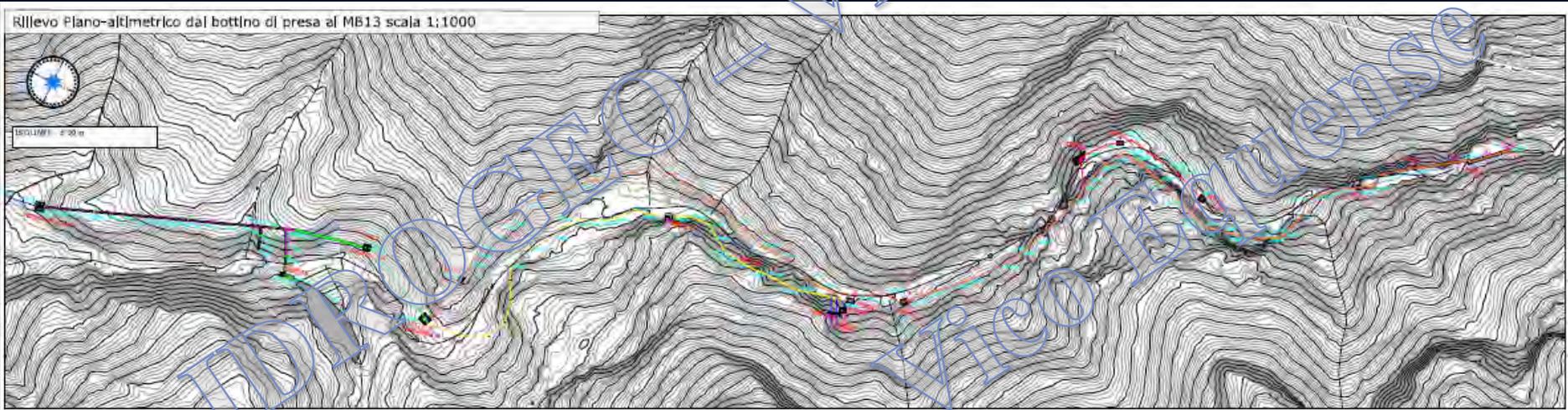
***Studio di Fattibilità comprensivo di rilievi ed indagini, finalizzato alla scelta delle opere da eseguirsi per il superamento della criticità rinvenuta nella galleria della Galena in Gragnano***

***Punti salienti delle attività:***

- 1. DESCRIZIONE DELLA PROBLEMATICATA***
- 2. ACQUISIZIONE DATI: LASER SCANNER E TOMOGRAFIA ELETTRICA***
- 3. ANALISI ED ELABORAZIONI***
- 4. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE CON DIAGNOSI DELLA PROBLEMATICATA E  
DEFINIZIONE DELL'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO***



La Sorgente Galena fa parte di un più ampio gruppo sorgivo (15 sorgenti) ubicate nel Vallone Botto dell'Acqua, nel territorio comunale di Gragnano.

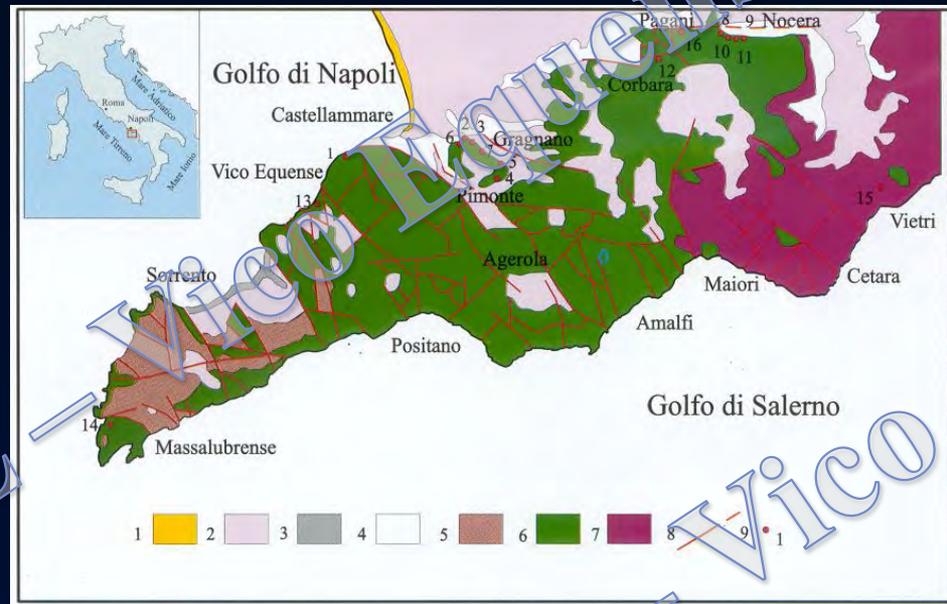


- n.7 bottini di presa, n.6 manufatti di deviazione di presa più il manufatto Cloratore;
- n. 5 manufatti con mansioni di bottini di presa e opere di deviazione e n. 4 condotte di adduzione che collegano i manufatti;
- il sistema di gallerie di collegamento tra il "Bottino di Presa" e la sorgente "Galena".
- La cavità nella quale insiste la Sorgente Galena.

LINEA	BOTTINO	Q [l/s]
Orange	MB13	2.66
	MBT07	20
Red	MB10	3.71
	MBT08	0.61
Yellow	MB03	3.58
	MB04	
	MB05	
	MB06	
Light Blue	MBT15	0.81
	"GALENA"	19.75

il gruppo sorgivo pure essendo di portata estremamente limitata è di vitale importanza in quanto fornisce acqua potabile a due frazioni del comune di Gragnano, che non sono servite dalla rete di distribuzione principale.

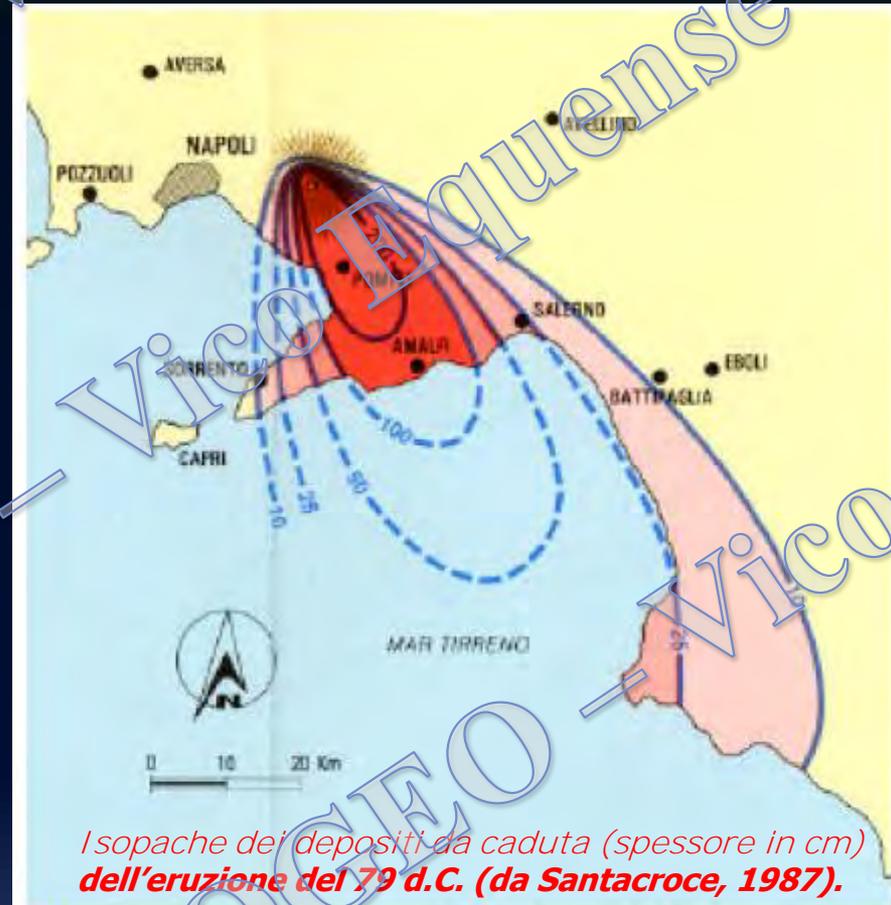
Da un punto di vista geologico, il territorio di interesse ricade nella porzione nord-orientale della Penisola Sorrentina-Monti Lattari, costituita da rocce calcaree e calcareo-dolomitiche d'età mesozoica in tipica facies di retroscogliera (Civita et alii 1975; Bonardi et alii, 1988). Localmente, in particolare nel settore occidentale della Penisola, sui depositi carbonatici si rinvengono terreni miocenici (trasgressivi) del flysch marnoso-arenaceo. L'attuale assetto morfostrutturale di tutta la Penisola è stato raggiunto durante il Pleistocene Medio per l'azione di diverse fasi tettoniche da collegarsi, in parte, a movimenti compressivi mio-pliocenici (sovrascorrimenti e faglie trascorrenti) ed, in parte, ad una tettonica distensiva plio-quadernaria caratterizzata da faglie con rigetti prevalentemente verticali.



**Legenda:** (1) deposito spiaggia (Olocene); (2) depositi piroclastici sciolti (Pleistocene Sup.-Olocene); (3) Tufo Grigio Campano (Pleistocene Sup.); (4) depositi detritico-alluvionale (Pleistocene); (5) depositi in facies di flysch (Miocene); (6) calcari, calcari dolomitici e dolomie mesozoiche; (8) faglia

Schema geologico dei Monti Lattari (Di Crescenzo & Santo, 1999)

La parte del versante esposta a Nord, sono estesamente ricoperti da depositi vulcanoclastici emessi durante le fasi del complesso vulcanico del Somma-Vesuvio. L'episodio eruttivo meglio rappresentato in Penisola Sorrentina è quello del 79 d.C., responsabile del seppellimento di Pompei, Oplonti ed Ercolano. Nel settore settentrionale dei Lattari i prodotti di questo evento raggiungono spessori dell'ordine di alcuni metri



I depositi connessi a questa eruzione si rinvengono in facies sia primaria sia secondaria e sono costituiti, nella parte superiore, da un'alternanza di livelli centimetrici di pomice, litici e frammenti calcarei metamorfosati e livelli di cineriti pisolitiche (sabbia fine limosa). A letto di tale alternanza, il deposito è caratterizzato da un livello ( $S_{max} \cong 1.00$  m) di pomice grigie a spigoli da vivi a smussati che poggia su uno strato di pomice bianche a spigoli vivi dello spessore medio di circa un metro.

Nella zona di interesse i depositi vulcanoclastici presenti sono costituiti da una alternanza di depositi da caduta in giacitura primaria (fall pomice) intercalati a materiali rimaneggiati sin-eruttivi (lahar).



Depositi piroclastici in giacitura primaria da fall out, costituiti da orizzonti di spessore per lo più metrico di lapillo pomiceo. Le pomici di dimensioni centimetriche presentano colore bianco e grigio, sono ben vescicolate e porfiriche in sanidino, pirosseni e mica. Gli orizzonti pomicei, a granulometria grossolana (ghiaia, ghiaia sabbiosa) sono sovente intercalati da livelli cineritici di colore marrone – grigiastro a granulometria francamente sabbiosa (sabbia fine a sabbia limosa). Il deposito si presenta organizzato in straterelli e livelli centimetrici, con struttura stratificata leggermente ondulata, immergenti verso NE con circa  $30^\circ$  di inclinazione



Deposito piroclastico in giacitura primaria (fall pomiceo dell'eruzione del 79 d.C.), messo a giorno a seguito della caduta della volta di blocchi di lahar.



Depositi piroclastici dell'Eruzione del 79 d.C. in facies rimaneggiata (lahar) all'interno della sorgente Galena.

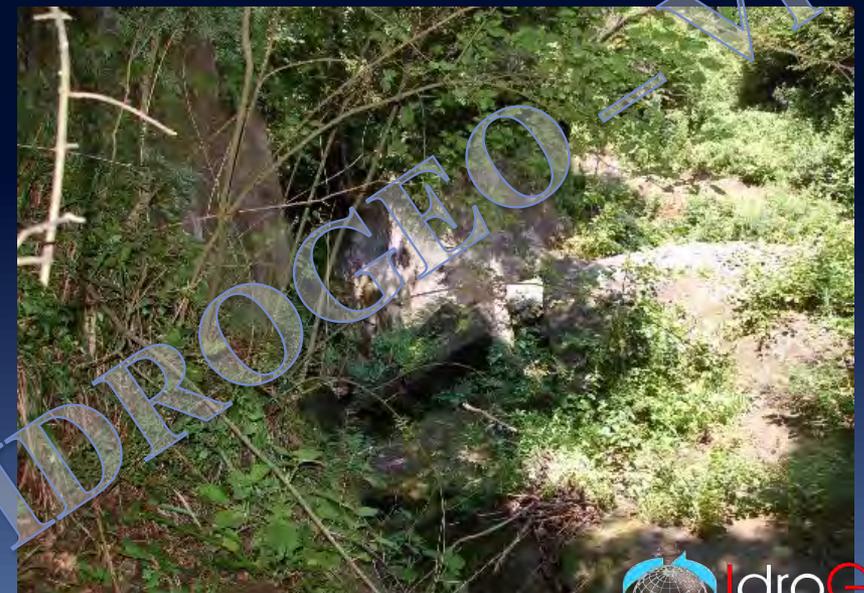


Depositi piroclastici dell'Eruzione del 79 d.C. all'interno della sorgente Galena – Contatto tra gli orizzonti in facies rimaneggiata (lahar) in basso e i livelli di pomice in giacitura primaria ad di sopra.



Affioramento di Depositi piroclastici dell'Eruzione del 79 d.C. in facies rimaneggiata (lahar) all'esterno della sorgente Galena

Un *lahar* è costituito da miscele di acqua, ceneri e blocchi che si formano, per esempio, in seguito a piogge copiose che interessano aree coperte da piroclastiti non consolidate. L'acqua si mescola alle ceneri e produce un fluido dotato di elevata mobilità e velocità. I *lahar* sono tra i fenomeni più distruttivi del vulcanismo e si possono verificare anche molto tempo dopo un'eruzione vulcanica





L'area risulta esposta al rischio frane. In particolare alcuni delle scarpate in materiale carbonatico ed alluvionale insistono sui manufatti esponendo gli stessi alla caduta massi. Inoltre i cigli dei sentieri sono in arretramento retrogressivo tale situazione rende l'intera area instabile oltre al fatto che il trasporto del materiale in questa area è consentito solo mediante muli da soma o manualmente.

### Laser Scanner Leica RTC360



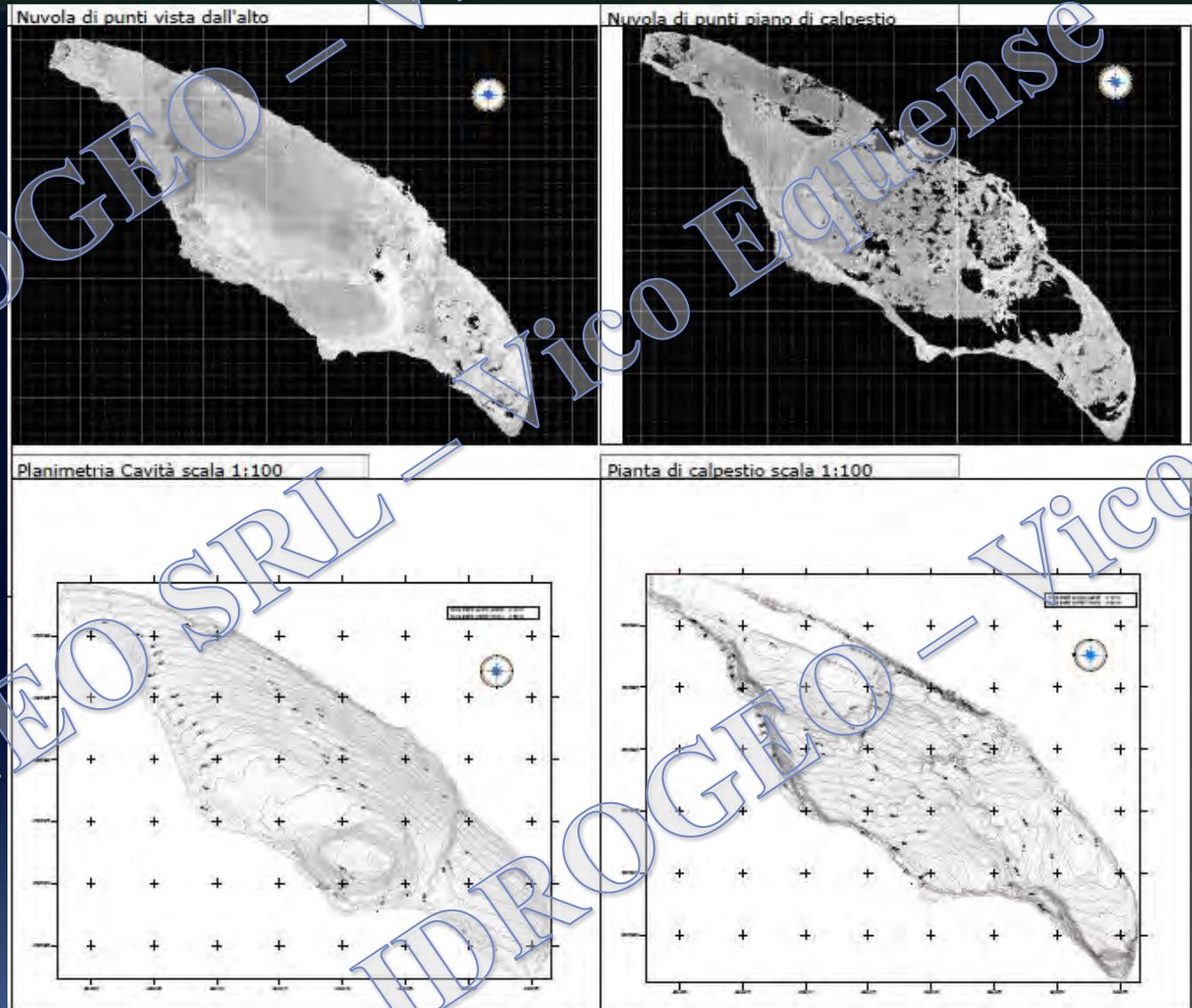
- Laser di Classe 1 con HDR integrato e VIS integrato
- Tecnologia a tempo di volo ad alta velocità;
- Velocità di acquisizione: fino a 2.000.000 punti/sec;
- Massima portata: 150 metri;
- Risoluzione: 3/6/12 mm a 10 metri;
- Accuratezza: 1,9 mm a 10 metri;  
2,9 mm a 20 metri;  
5,3 mm a 40 metri;
- Allineamento automatico della nuvola di punti basato sul rilevamento in tempo reale del movimento dello scanner.

### Laser Scanner Riegl VZ-400



- Laser di Classe 1 con fotocamera ad alta risoluzione;
- Tecnologia a tempo di volo - TOF;
- Velocità di acquisizione: 122.000 punti/sec in modalità High Speed a 300 kHz;
- Massima portata: 350 m in High Speed e 600 m in Long Range;
- Risoluzione angolare: migliore di 0,0005°
- Accuratezza: 3 mm a 100 metri;
- First & Last Impulse per il filtraggio automatico della vegetazione.

La tecnica di rilievo con Laser Scanner Terrestre (LTS) ha consentito di rilevare il modello numerico reale delle morfologie investigate, sotto forma di milioni di punti definiti in un unico sistema di riferimento. La nuvola di punti georiferita, è totalmente misurabile e gestibile nello spazio, potendo, in tal modo, costituire un dettagliato data-base di supporto all'analisi morfologica.

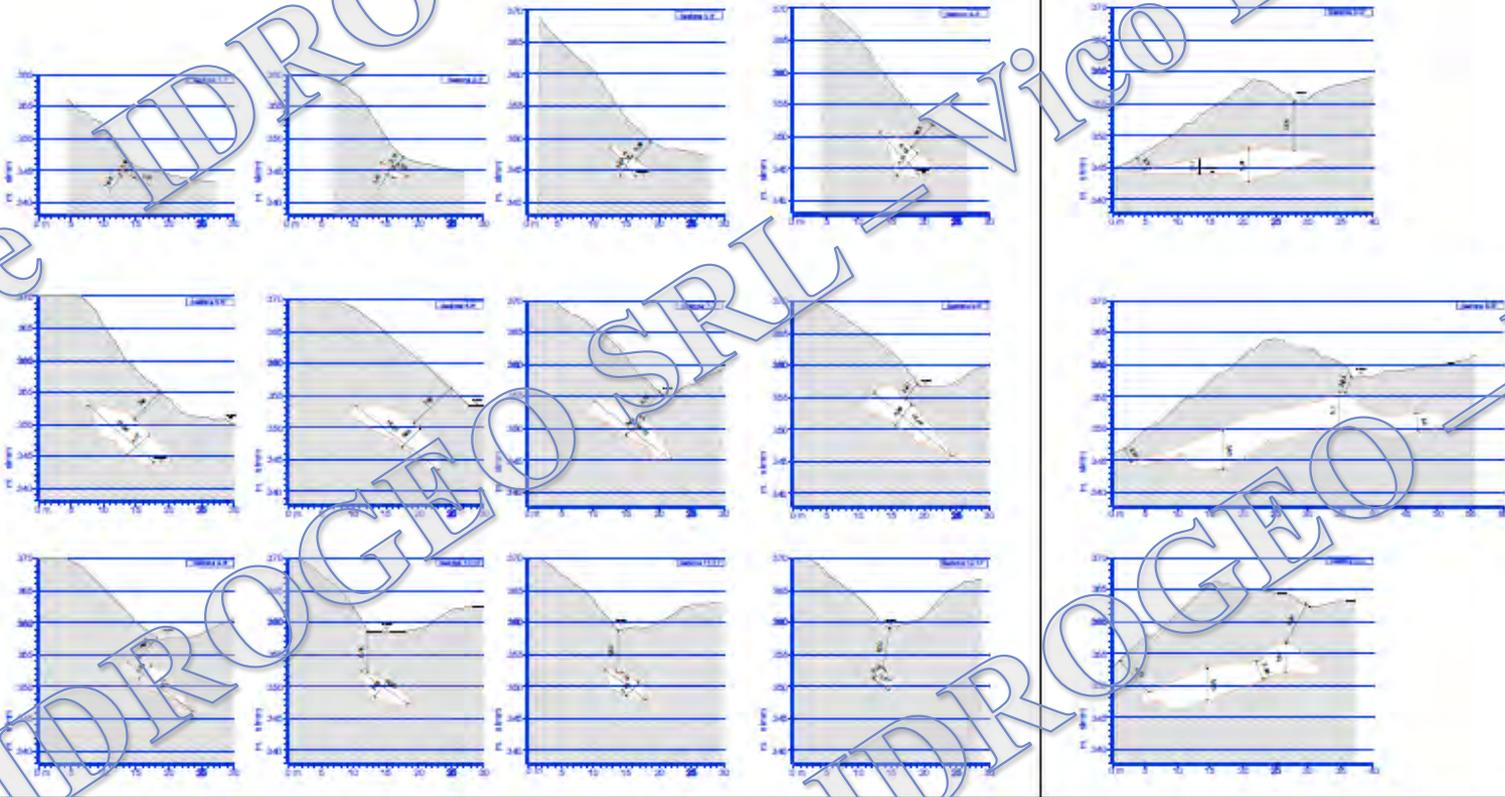


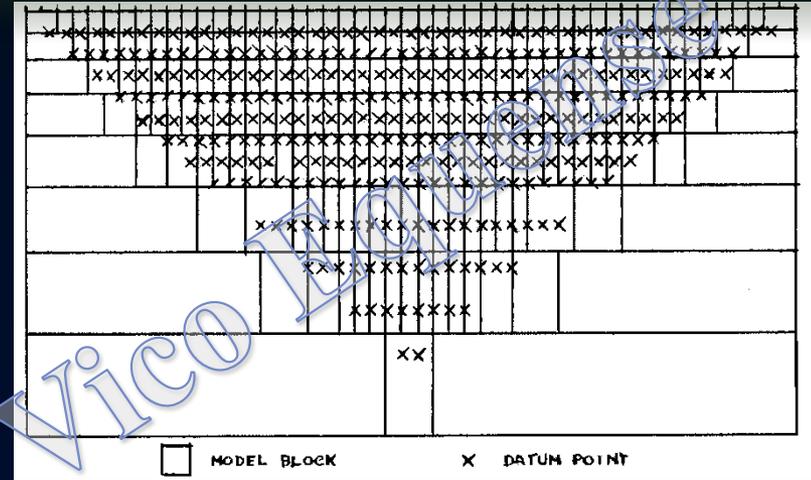
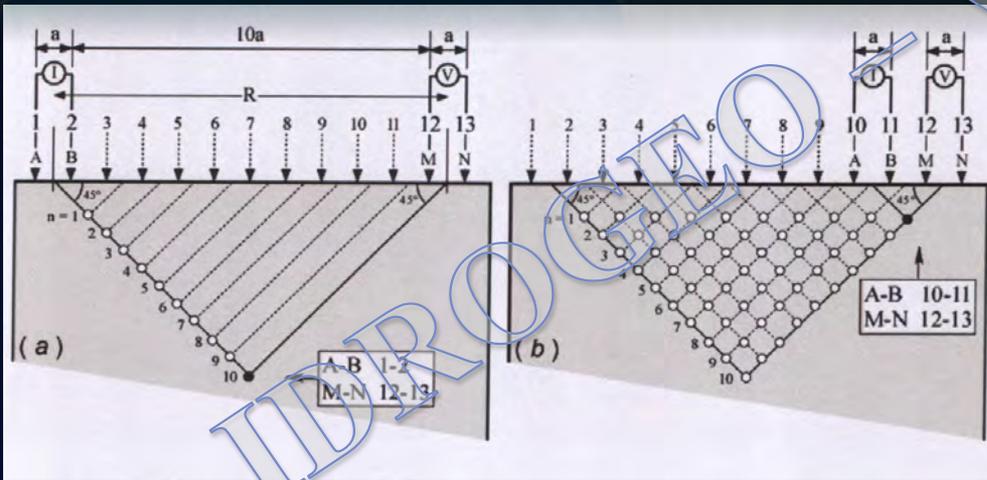
Profili Verticali Trasversali scala 1:200

Profili Verticali Longitudinali scala 1:200

Cavità

— Profilo topografico DTM Lidar della Regione Campidana (scala originale 1:1000), acquisito in un'area fitamente vegetata e pertanto da confermare con specifici rilievi topografici da eseguire in seguito al suo decespugliamento.

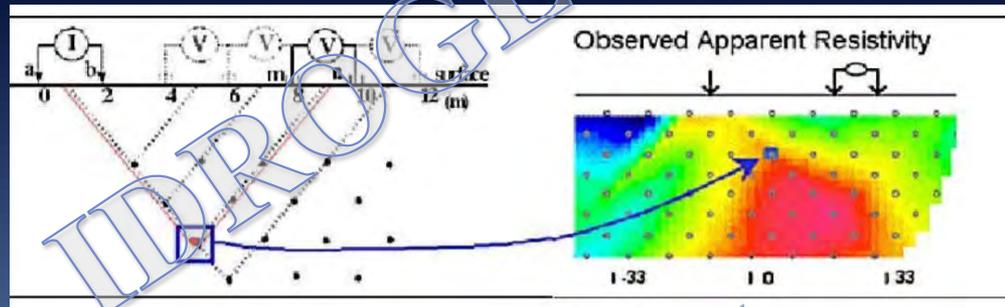
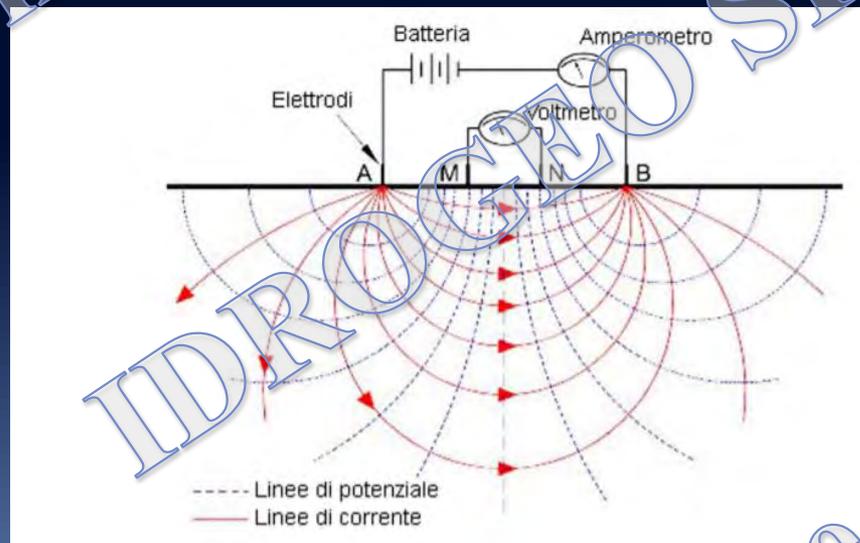


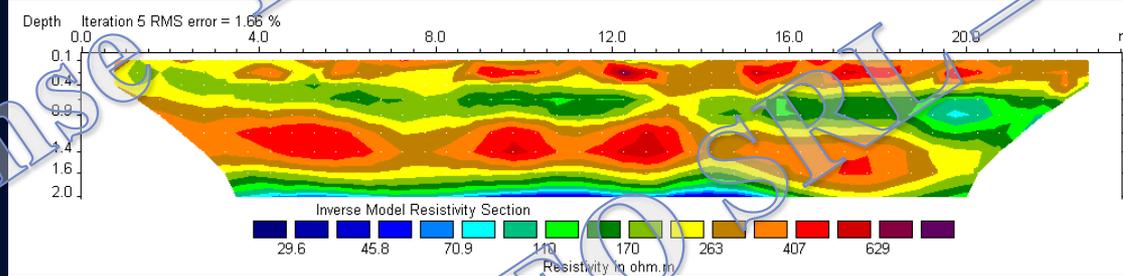
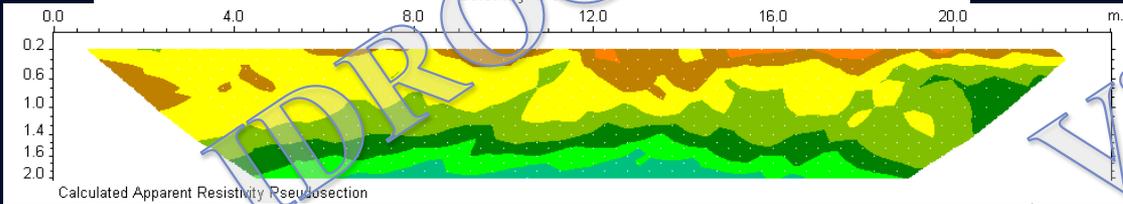
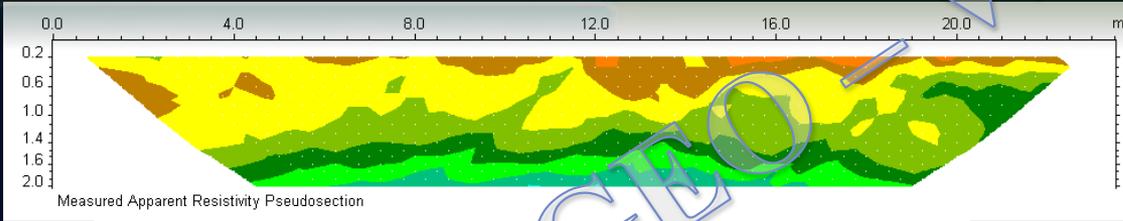


$$\rho = 2\pi k \frac{V}{I}$$

J matrice Jacobiana delle derivate parziali,  
 $\lambda$  è il fattore di smorzamento (damping factor),  
 g è il vettore di discrepanza che contiene la differenza  
 logaritmica tra  $\rho_a$  misurato e  $\rho_a$  calcolato;  
 p è il vettore di correzione dei parametri del modello  
 C flatness filter il cui effetto è quello di forzare il liscio  
 dei parametri del modello in alcuni valori costanti

$$(J_t^T J_t + \lambda C^T C) p_t = J_t^T g_t$$





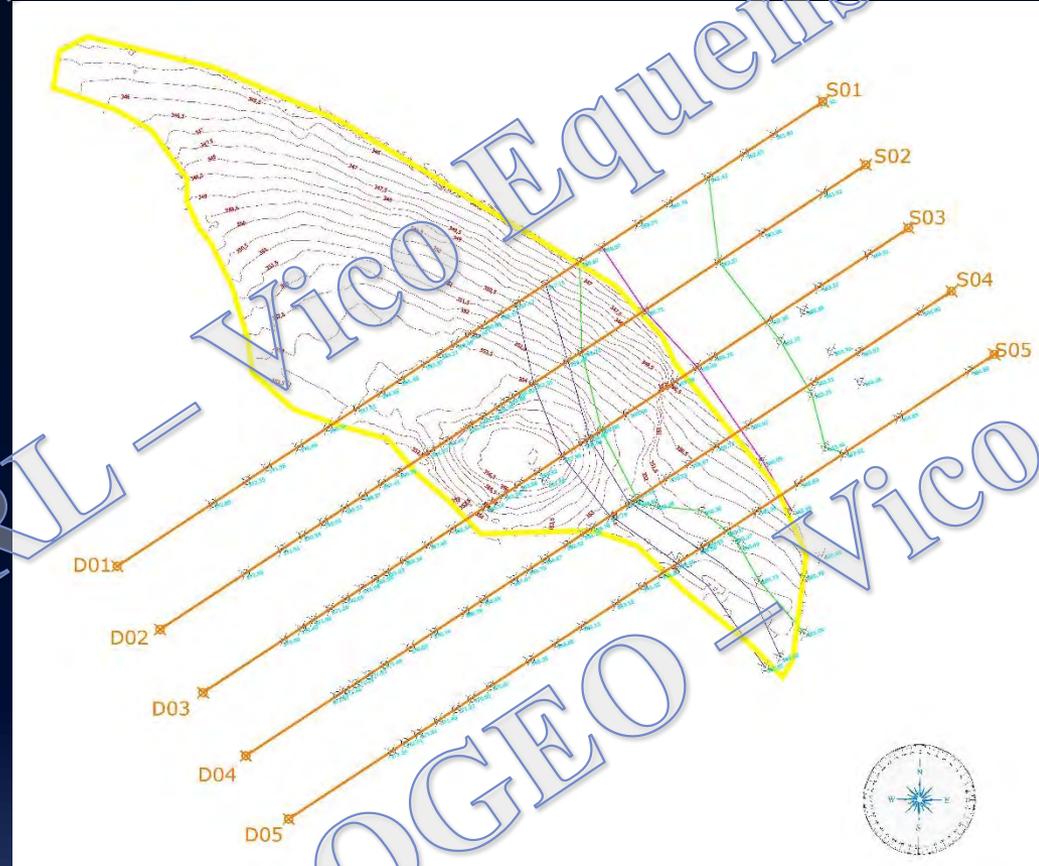
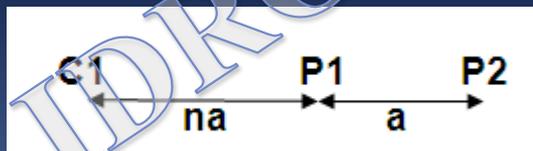
Argilla	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>2</sup>
Marne	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>2</sup>
Suolo copertura	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>2</sup>
Suolo argilloso	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>2</sup>
Suolo sabbioso	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>
Sabbie sciolte	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>
Sabbie e Ghiaie	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>
Gessi	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>2</sup>
Calcarei marnosi	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>2</sup>
Calcarei	10 <sup>1</sup> - 10 <sup>2</sup>
Conglomerati	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>
Arenarie	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>
Dolomie	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>
Rocce ignee	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>
Rocce cristalline	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>

LITOTIPO	$\rho$ ( $\Omega$ m)	$\rho$ (%)
Acqua	10+100	
Acqua di mare	2+10	
Arenarie	200+5000	7+30
Argille	1+50	40+70
Calcarei	300+10000	2+30
Detriti alluvionali	50+1000	15+60
Dolomie	500+10000	2+20
Sabbie e Ghiaie	70+700	30+60
Graniti	1000+20000	0.2+0.8
Marne	100+500	8+15
Piroclastiti	50+600	15+60
Rocce ignee	100+10000	30+10
Suolo di copertura	10+200	60+90
Tufi	150+900	10+40

Tomografia	Numero di elettrodi	Passo di campionamento	Lunghezza dello Stendimento
Tomo 1	31	1.5 m	45 m
Tomo 2	31	1.5 m	45 m
Tomo 3	31	1.5 m	45 m
Tomo 4	31	1.5 m	45 m
Tomo 5	31	1.5 m	45 m

*Parametri di acquisizione*

**Dispositivo di acquisizione**

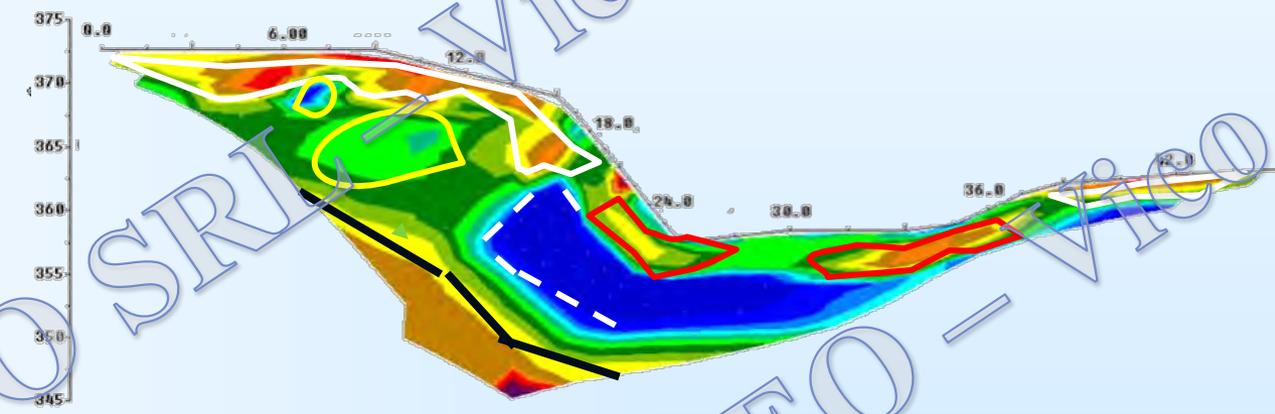
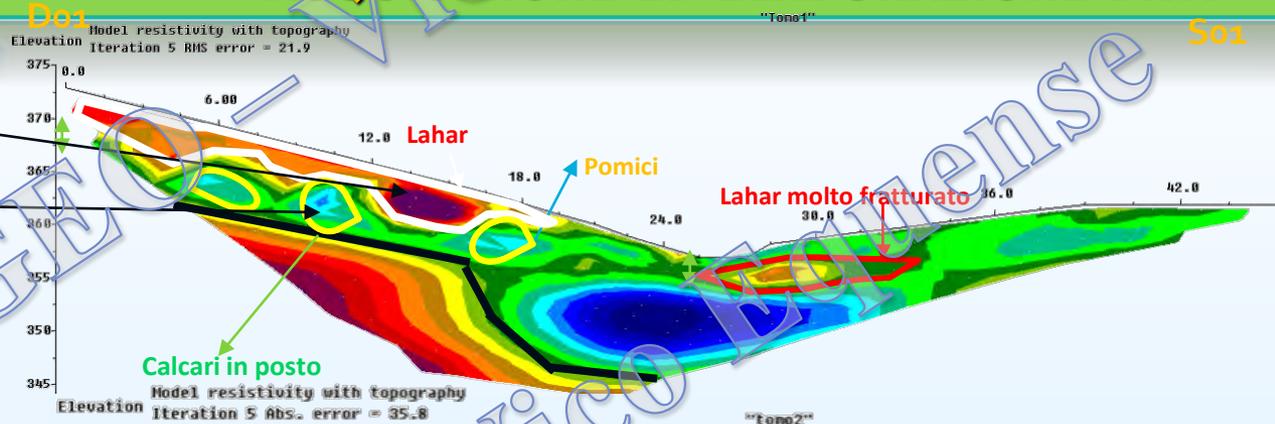
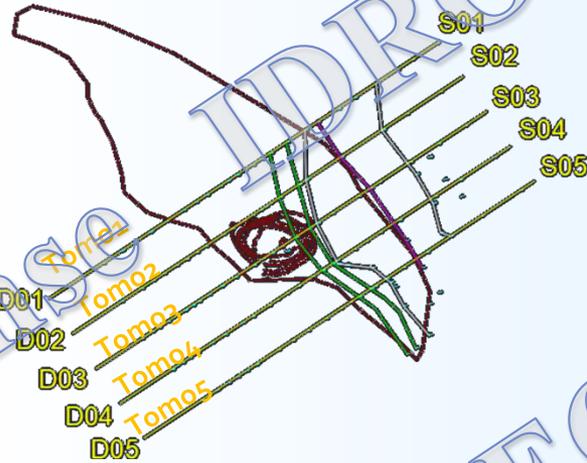


*Ubicazione indagini*



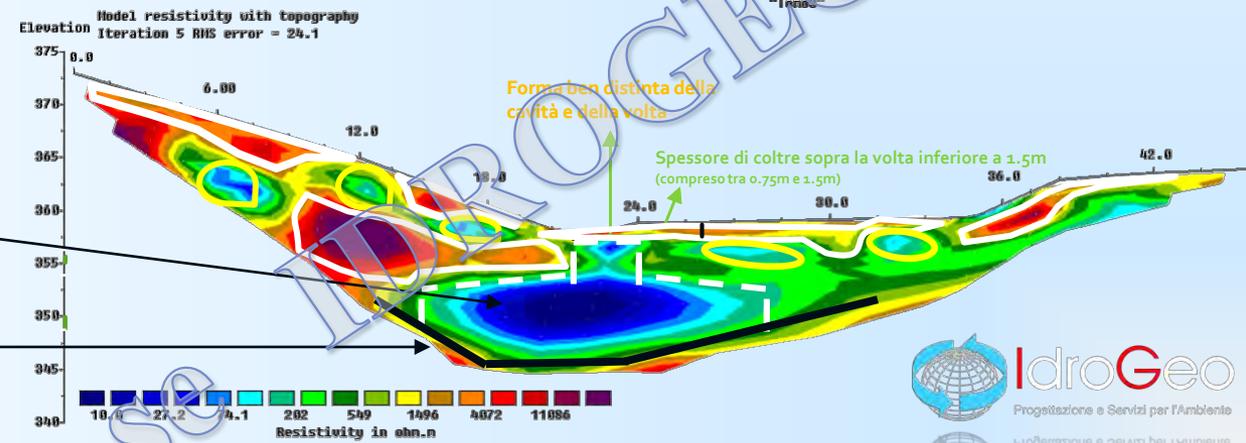
Anomalia lahar

Anomalia pomici



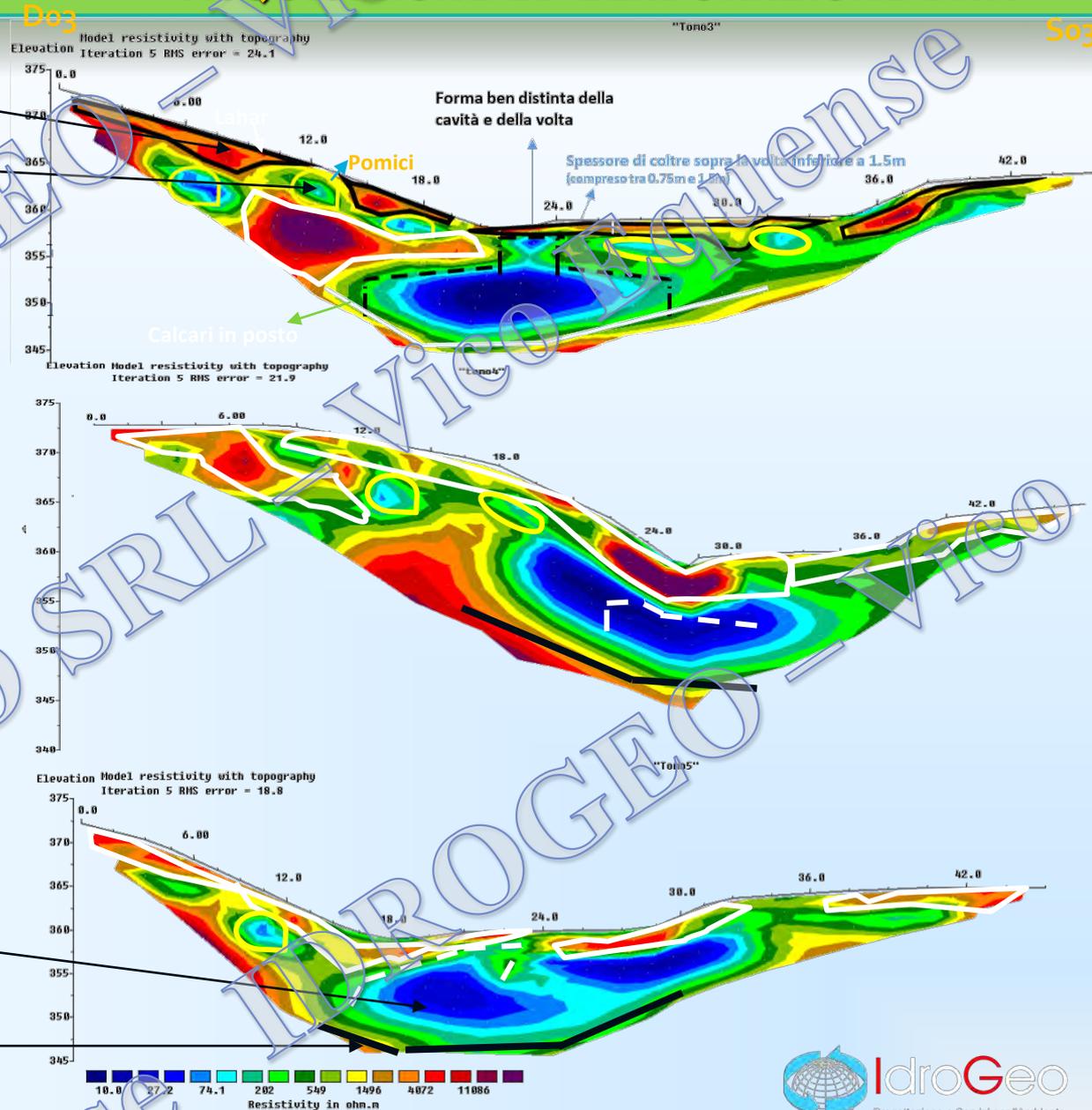
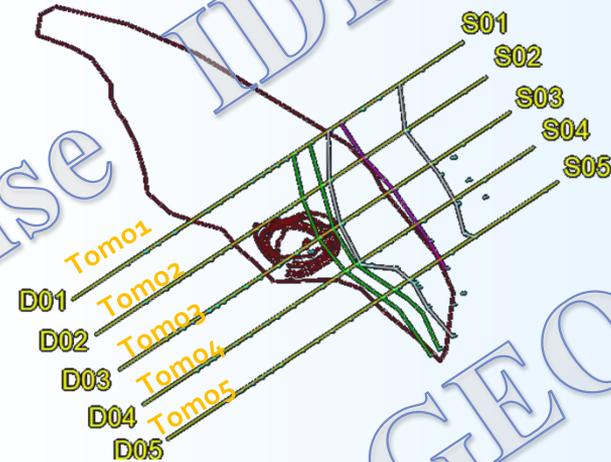
Anomalia cavità

Anomalia calcari



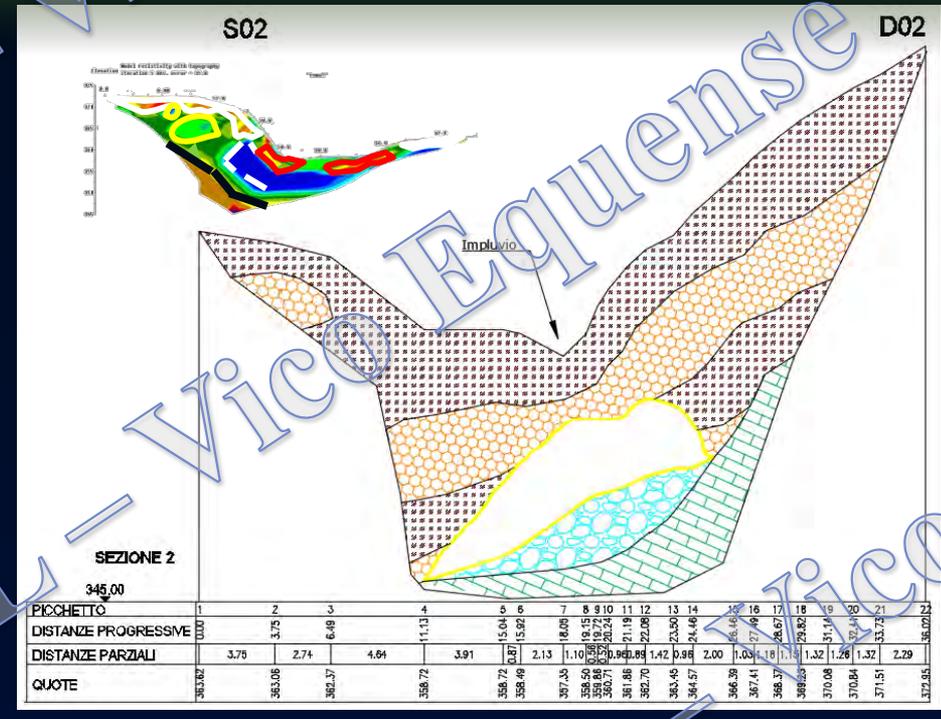
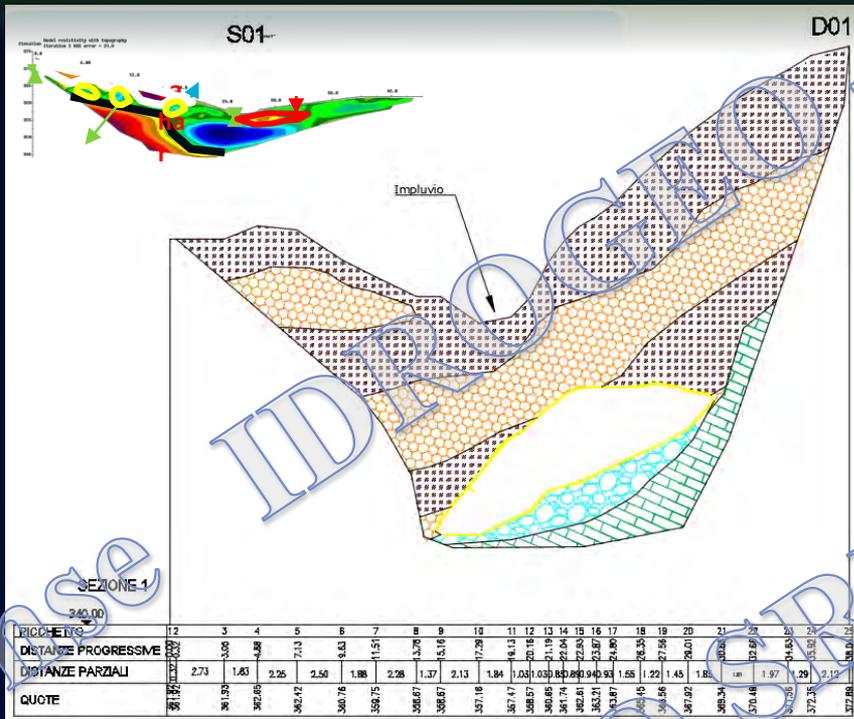
Anomalia lahar

Anomalia pomici



Anomalia cavità

Anomalia calcari



Deposito di frana costituito da grandi blocchi di debris flow litificati (lahar), talora immersi in materiale ghiaioso-sabbioso di origine piroclastica (Olocene)



Depositi alluvionali sciolti, costituiti da clasti carbonatici eterometrici a spigoli da arrotondati a sub-arrotondati, con talora intercalati orizzonti sabbioso-ghiaiosi debolmente limosi (Olocene)

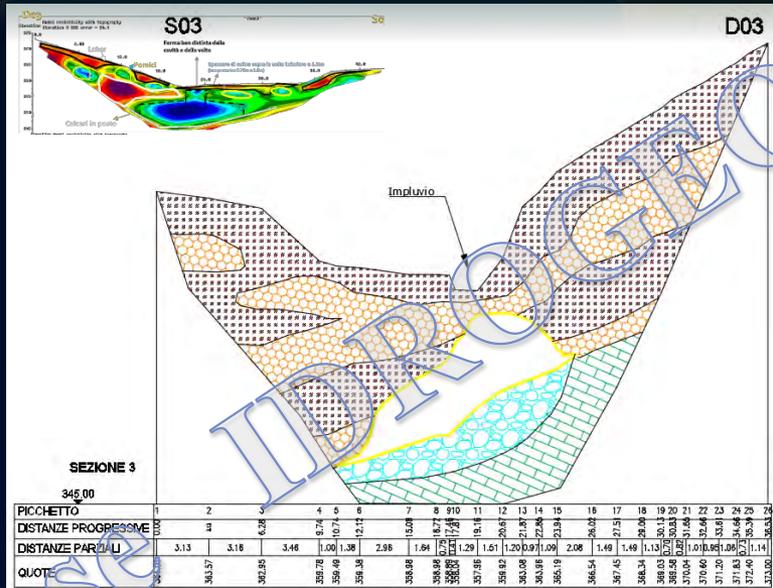


Depositi piroclastici connessi all'eruzione pliniana del Somma-Vesuvio (79 d.C.), costituiti da una alternanza di depositi da caduta in giacitura primaria (fall pomice e cineritici) intercalati a materiali rimaneggiati sin-eruttivi (lahar). Al top si rinvencono depositi piroclastici indifferenziati (S=1-2m) discontinui e pedogenizzati negli orizzonti più superficiali. I depositi in giacitura primaria (a) sono costituiti da un'alternanza di livelli, da centimetrici a decimetrici, di pomice (ghiaia, ghiaia sabbiosa) e ceneri (sabbia fine a sabbia limosa), a struttura da laminata o leggermente ondulata con giacitura prevalente 30/30. A letto di tale alternanza, il deposito è caratterizzato da un livello di pomice grigie a spigoli da vivi a smussati, che poggia su uno strato di pomice bianche a spigoli vivi.

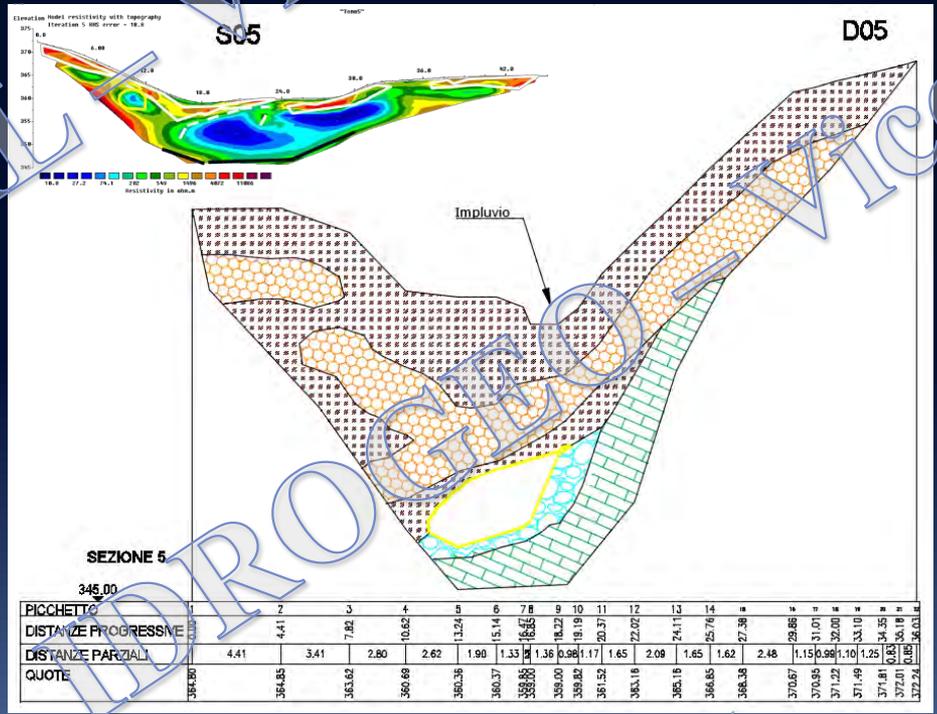
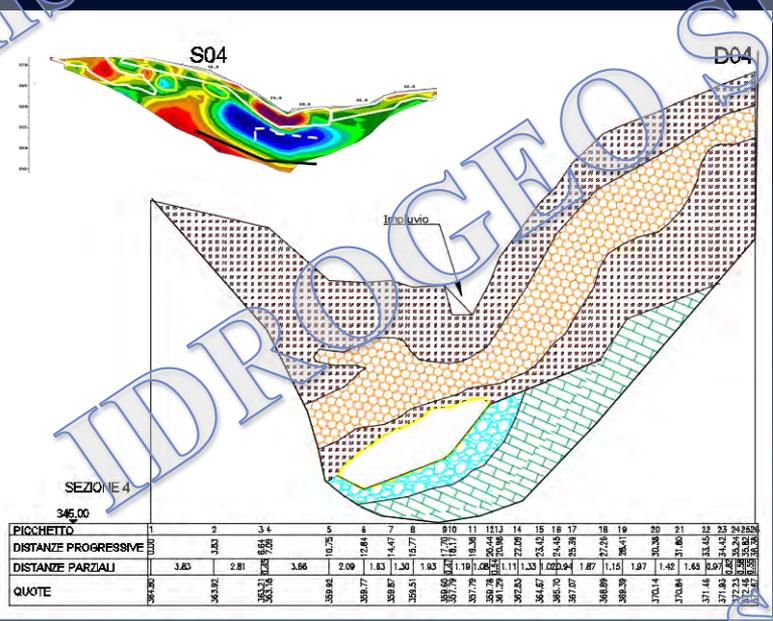
I prodotti della facies secondaria (b) sono costituiti da cineriti (sabbia medio-fine limosa) di colore perlo più grigiastro con immersi clasti lavici e scoriacei, da millimetriche a centimetriche, e spigoli sub-arrotondati, la cui messa in posto è da riferire ad imponenti eventi franosi del tipo mud flow o debris flow. Tale deposito presenta struttura caotica e grado di litificazione variabile (da litoide a molto fratturato) con orizzonti sciolti.



Substrato carbonatico costituito da una alternanza di calcareniti e calcilutiti, grigi e bianco avana in strati spessi e medi, ricche in rudiste, immergenti verso i quadranti sud-occidentali. Verso la parte bassa della successione le calcareniti divengono prevalentemente fini e, talora, si rinvencono intercalazioni di orizzonti dolomitici di colore grigio con spessori decimetrici (Santoniano - Turoniano)



- Deposito di frana costituito da grandi blocchi di debris flow litificati (lahar), talora immersi in materiale ghiaioso-sabbioso di origine prodastica (Olocene)
- Depositi alluvionali sciolti, costituiti da clasti carbonatici eterometrici a spigoli da arrotondati a sub-arrotondati, con talora intercalati orizzonti sabbioso-ghiaiosi debolmente limosi (Olocene)
- Depositi piroclastici connessi all'eruzione pliniana del Somma-Vesuvio (79 d.C.), costituiti da una alternanza di depositi da caduta in giacitura primaria (fall pomice e cinerici) intercalati a materiali rimaneggiati sin-eruttivi (lahar). Al top si rinvergono depositi piroclastici inefficienti (0.5-1.2m) discontinui e pedogenizzati negli orizzonti più superficiali. I depositi in giacitura primaria (a) sono costituiti da un'alternanza di livelli, da centimetrici a decimetrici, di pomice (ghiaia, ghiaia sabbiosa) e cenere (sabbia fine a sabbia limosa), a struttura da laminata a leggermente ondulata con giacitura prevalentemente 30/30. A letto di tale alternanza, il deposito è caratterizzato da un livello di pomice grigie a spigoli da vivi a smussati, che poggia su uno strato di pomice bianche a spigoli vivi. I prodotti della facies secondaria (b) sono costituiti da cinerici (sabbia medio-fine limosa) di colore perlo più grigiastro con immersi clasti lavici e scorie, da millimetriche a centimetriche, e spigoli sub-arrotondati, la cui messa in posto è da riferire ad imponenti eventi franosi del tipo mud flow o debris flow. Tale deposito presenta struttura caotica e grado di litificazione variabile (da litoida a molto fratturato) con orizzonti sciolti.
- Substrato carbonatico costituito da una alternanza di calcareniti e calcilutiti, grigi e bianco avana in strati spessi e medi, ricche in rudiste, immergenti verso i quadranti sud-occidentali. Verso la parte bassa della successione le calcareniti vengono prevalentemente fini e, talora, si rinvergono intercalazioni di orizzonti dolomitici di colore grigio con spessori decimetrici (Santoniano - Turfaniano).



A valle delle indagini e rilievi eseguiti è stato possibile discretizzare le caratteristiche geometriche e litologiche degli strati di copertura, ovvero la presenza di POMICI e LAHAR che dato il loro differente comportamento vengono analizzati con due modelli geotecnici differenti:

- Le pomici rinvenute vengono assimilate ad un materiale sciolto;
- I depositi di lahar che hanno un comportamento tufaceo vengono assimilati ad una roccia tenera;

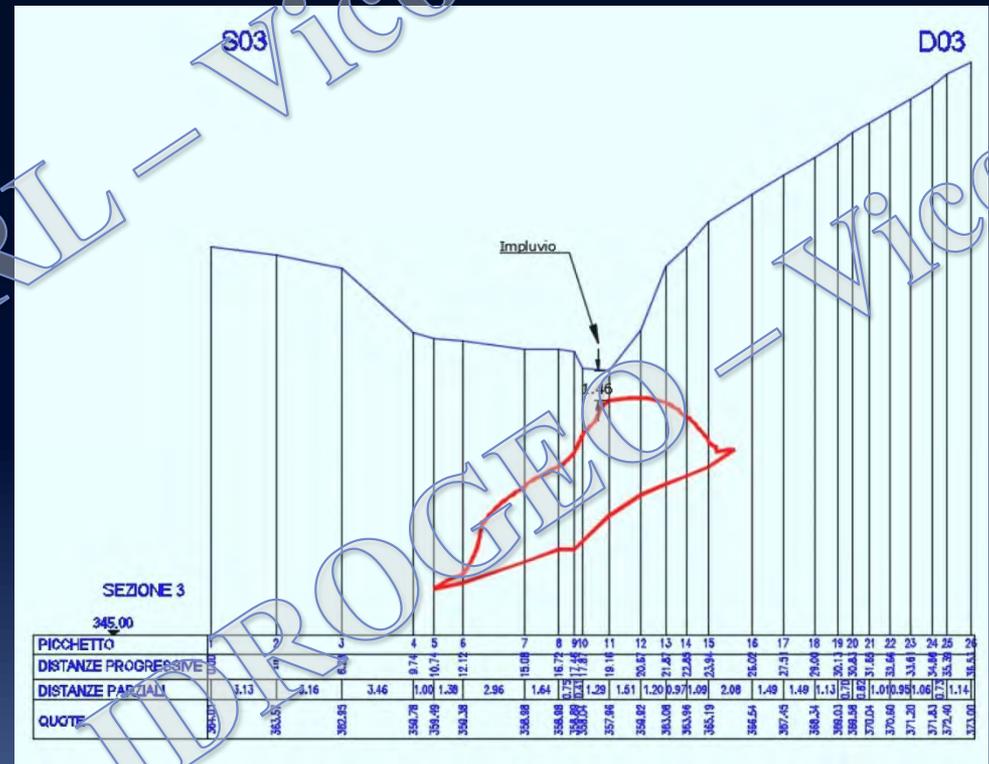


### *Vantaggi della Geoelettrica associata ai rilievi Laser Scanner*

Il confronto dei profili geoelettrici con le caratteristiche geometriche della cavità “Galena” ricavate attraverso i rilievi laser scanner eseguiti sia all’interno che all’esterno della stessa, e i rilievi celerimetrici in superficie hanno consentito di definire l’effettiva posizione della volta sommitale della cavità, lo spessore delle coperture e l’adiacenza con l’alveo.

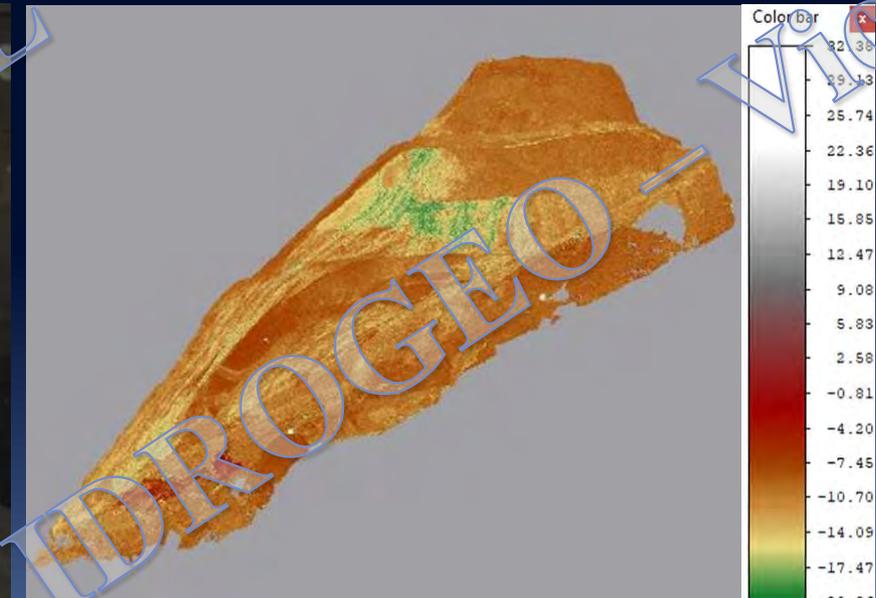
Attraverso le informazioni ricavate combinando le metodologie è stata operata una stima dell’altezza complessiva della cavità tra i 12 ed i 14 m.

I dati plano-altimetrici acquisiti della cavità e del soprassuolo hanno permesso di stimare uno spessore minimo di copertura della cavità di circa 1.5 m in corrispondenza della calotta e dell’impluvio, spessore per altro confermato attraverso le indagini geofisiche.



Lo scenario critico che si presenta in fase di post elaborazione mostra:

- 1- La calotta della cavità è resa temporaneamente stabile grazie alla presenza del banco di lahar che poggia sulle pomici. - **EFFETTO POSITIVO**
- 2- Tali depositi non costituiscono però corpi continui lateralmente in quanto presentano un elevato grado di fratturazione. - **EFFETTO NEGATIVO**
- 3- La posizione reciproca calotta – impluvio, con conseguente infiltrazione delle acque di scorrimento superficiale (stillicidio) costituisce un ulteriore fattore destabilizzante dell'area della calotta, in quanto incrementa la disgregazione del lahar e asporta progressivamente le pomici poste in volta. - **EFFETTO NEGATIVO**



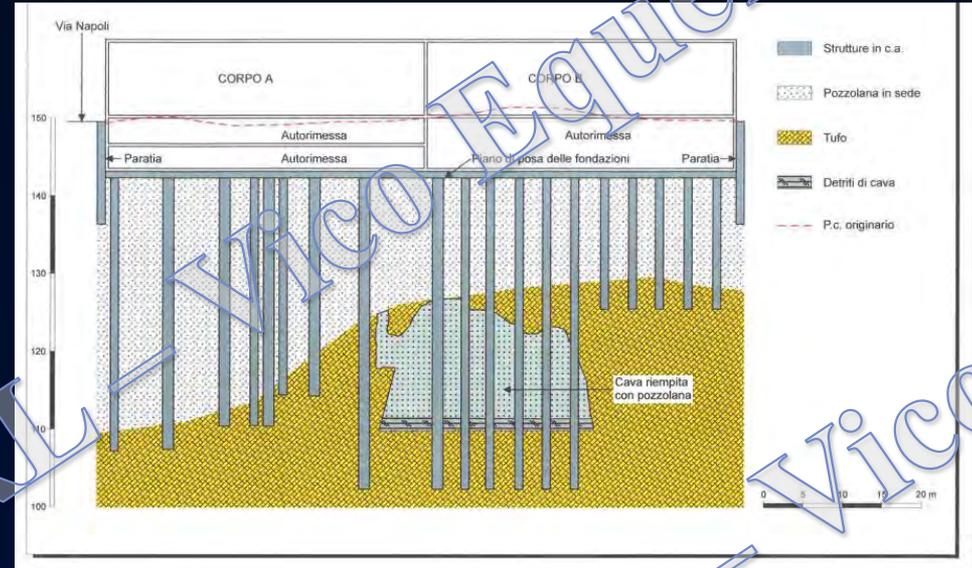
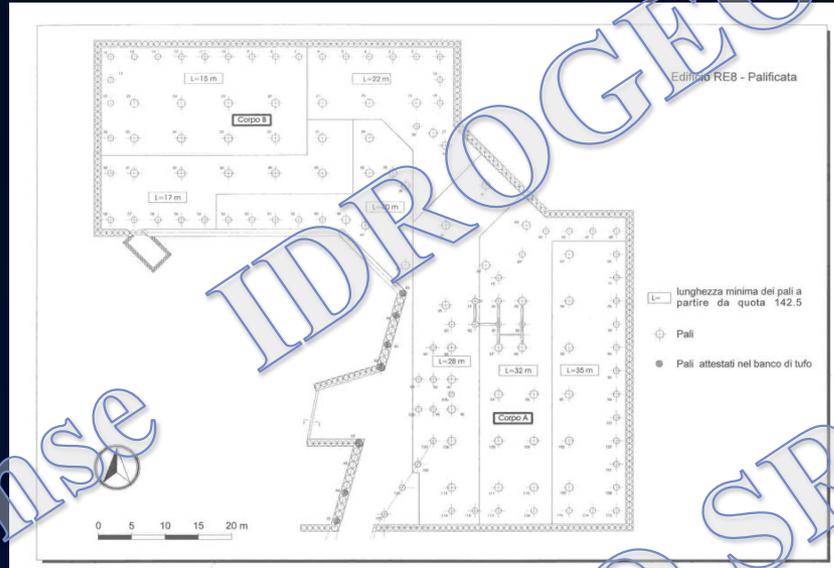
L'intero settore in cui insiste la cavità della Galena è suscettibile ad un evento del tipo **SINK-HOLE** caratterizzato dal collasso della volta della cavità con conseguenziale cattura delle acque incanalate che scorrono nell'impluvio sovrastante la stessa cavità.

È necessario un intervento di Consolidamento della cavità "Galena"



Immissione dell'incisione torrentizia che insiste al di sopra della cavità

## Proposte di intervento: 1- Platea rinforzata con Micropali



### Problematiche:

- Impossibilità di aprire piste per il trasporto dei macchinari;
- Presenza di una fitta vegetazione;
- Difficoltà per l'uso dell'elicottero;
- Impossibilità di organizzare il cantiere vista l'adiacenza dell'alveo e l'esigua copertura;

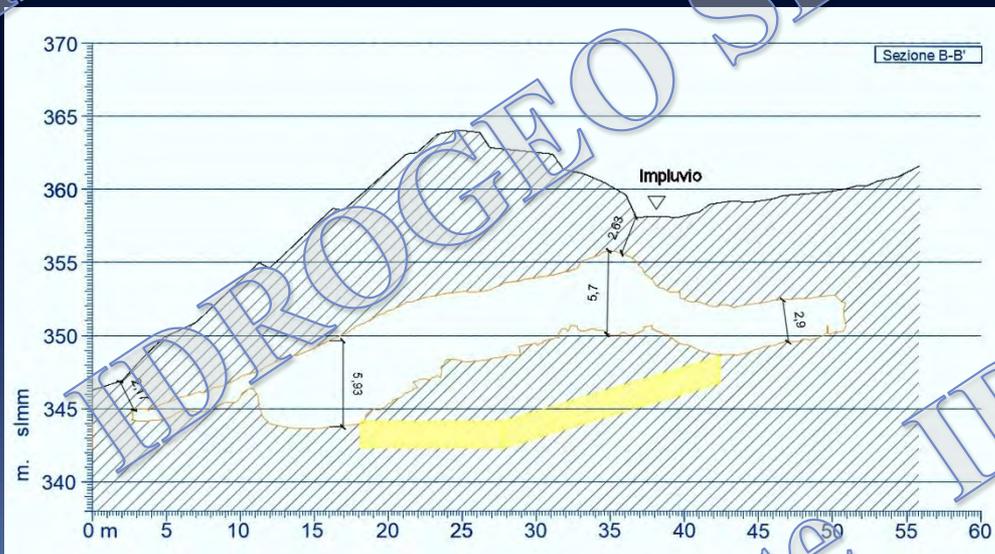


**Proposte di intervento:**

**2- Isolamento della sorgente mediante costruzione di un camminamento protetto realizzato con centine metalliche.**

**Problematiche:**

- Difficoltà nella captazione della sorgente data la presenza dei cumuli di detrito;
- Fronte di scavo non stabile perchè è formato da prismi e lastre di roccia accumulati al di sotto della volta che coprono buona parte della cavità;
- Difficoltà di operare movimentazioni dall'interno della cavità, (50 mc di scavo);
- Mancanza di sicurezza a cui sono sottoposte le maestranze che operano dall'interno;



**Proposte di intervento:**

**3- Riempimento dell'intera cavità dall'esterno con malte alleggerite**

**Problematiche:**

- Difficoltà sul trasporto del materiale mediante Elicottero;
- Problema di ostruzione della sorgente con conseguente perdita della stessa.

Mediante opportuni accorgimenti sulla salvaguardia della sorgente, l'intervento del riempimento della cavità ha riscontrato una maggiore fattibilità soprattutto in termini di sicurezza ed economicità.



## Intervento di Consolidamento Proposto:

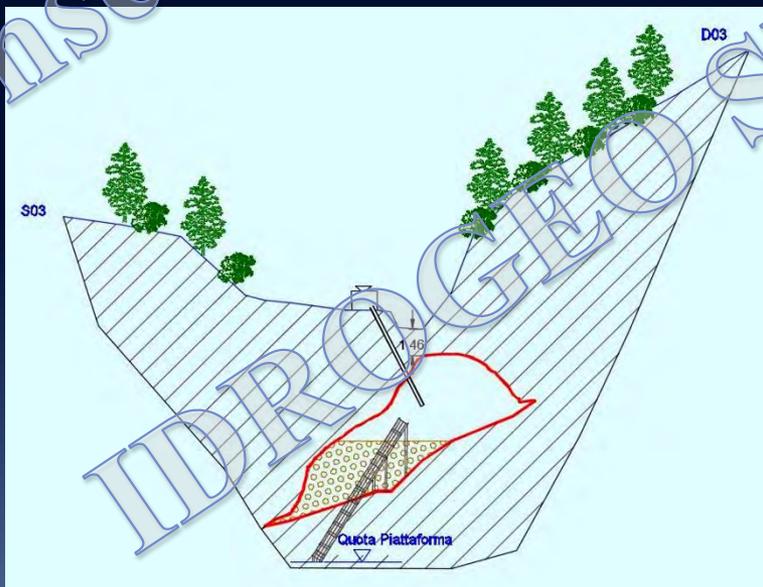
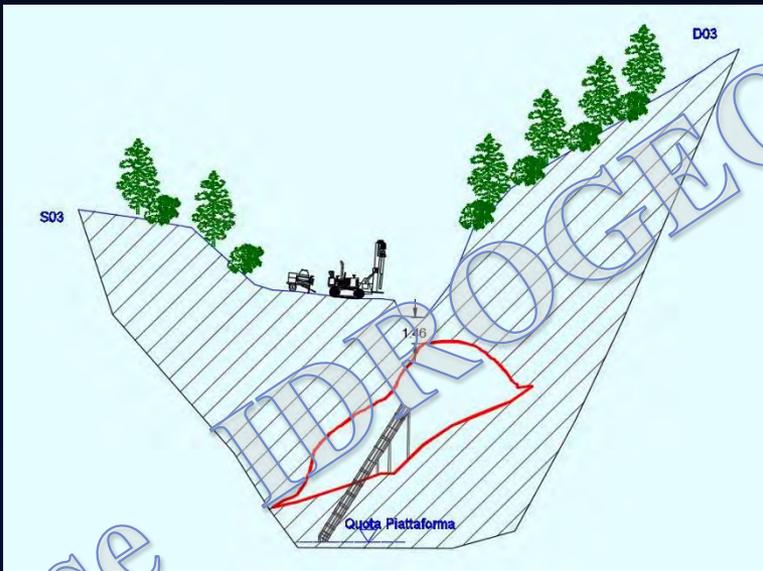
**4 - Riempimento di metà cavità dall'esterno con miscele di pomice e agenti schiumogeni ad elevata permeabilità, posa in opera di geotessuto a protezione del filtro drenante, riempimento finale della cavità con malte cellulari costituite da boiaccia, schiuma e inerti naturali prelevati in loco.**

### Vantaggi:

- La miscela di pomice e schiumogeni ha una elevata permeabilità (da prove sperimentali in laboratorio), pertanto viene preservata la sorgente.
- Tutti i confezionamenti sono realizzati in loco, pertanto vengono trasportati mediante elicottero solo dei piccoli mezzi e i sacchi di cemento in modo da garantire un ingombro minimo del cantiere.

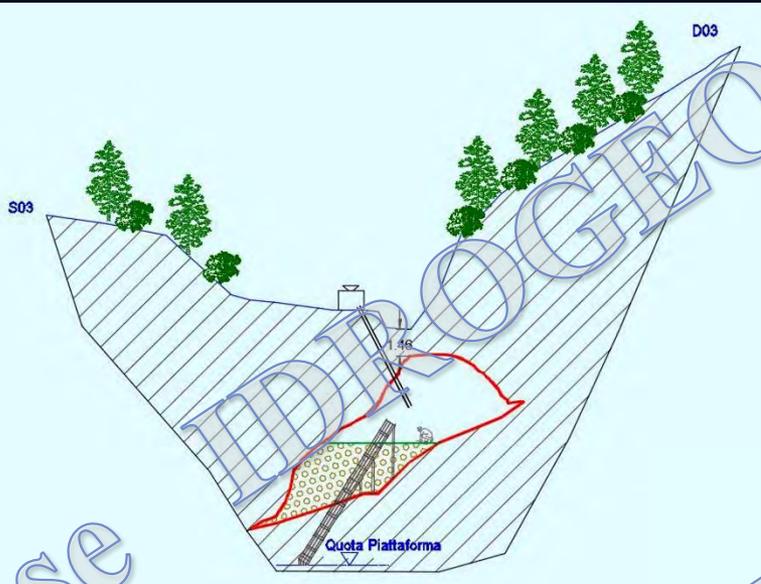
### Accorgimenti adottati:

- Realizzazione di una casseratura a perdere in legno in continuità con lo scatolare cementizio presente, per permettere alle maestranze la posa in opera del geotessuto.
- Allestimento di un Sistema di Monitoraggio in Early Warning, ciò al fine di consentire alle maestranze impegnate nei lavori margini di sicurezza adeguati e, quindi, di evacuare l'area in caso del superamento di prestabilite soglie di allerta ed allarme.



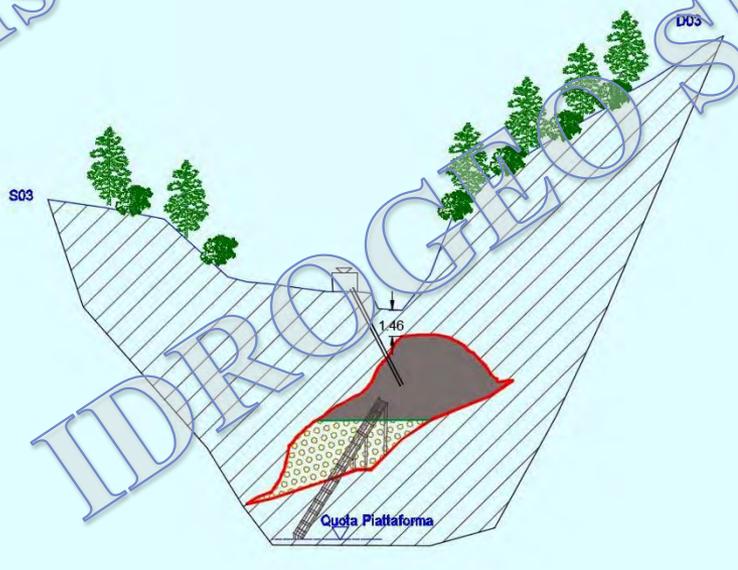
**Fase1:** in seguito ad una fase propedeutica di pulizia della vegetazione e approntamento cantiere, viene realizzato all'interno della cavità un pozzo di protezione in legno per le maestranze; in questa fase viene allestito il Sistema di Monitoraggio Geotecnico in Early Warning, per aumentare la sicurezza del cantiere, (misuratori di portata, stazioni meteo, estensimetri e fessurimetri).

**Fase2:** Realizzazione del “filtro drenante” costituito da pomice estrate in sito e veicolate verso l'interno dall'alto mediante opportuni schiumogeni tensioattivi biodegradabili a riempimento di circa metà cavità (ca. 700 mc). La permeabilità del mix di pomice e schiumogeni è regolata da opportune prove sperimentali eseguite in laboratorio.



**Fase 3:** Stendimento di un geo-tessuto a protezione dello strato drenante di pomice, operato da manodopera specializzata che ha accesso mediante il pozzo di sicurezza realizzato.

**Fase 4:** Realizzazione del “tappo” in malte cellulari a riempimento della cavità e di tutti gli spazi vuoti rimasti. Questo materiale deve essere di elevata fluidità da essere autolivellante e da defluire liberamente per il solo effetto della gravità occupando tutto il volume libero. Per garantire un corretto consolidamento si deve avere ovunque il contatto con le pareti della cavità senza incrementarne lo stato tensionale del materiale sottostante e limitrofo, al contempo deve avere caratteristiche meccaniche da consolidare in sicurezza la cavità.



I cementi/malte cellulari sono ottenuti impastando boiaccia di cemento, inerti naturali prelevati in loco con agenti schiumogeni di diversa natura. Le caratteristiche fisiche, reologiche, idrauliche e meccaniche (e.g. porosità, permeabilità, resistenza meccanica, duttilità, rigidità) del materiale possono essere ampiamente variate intervenendo sia sui componenti impiegati sia sulle modalità di preparazione e di posa in opera.

### COMPOSIZIONE

(boiacche):

cemento (200-900 kg per m<sup>3</sup>)  
 +  
 schiuma (0.50-0.85 m<sup>3</sup> per m<sup>3</sup>)  
 +  
 acqua (0.08-0.25 m<sup>3</sup> per m<sup>3</sup>)

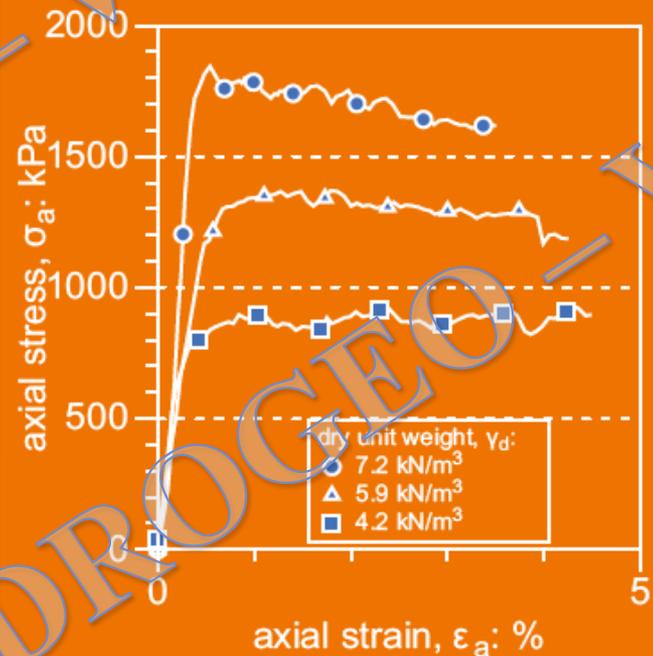
### CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE:

peso secco (densità):

$$\gamma_d = 2.5-9.0 \text{ kN/m}^3;$$

resistenza a compressione uniaassiale:

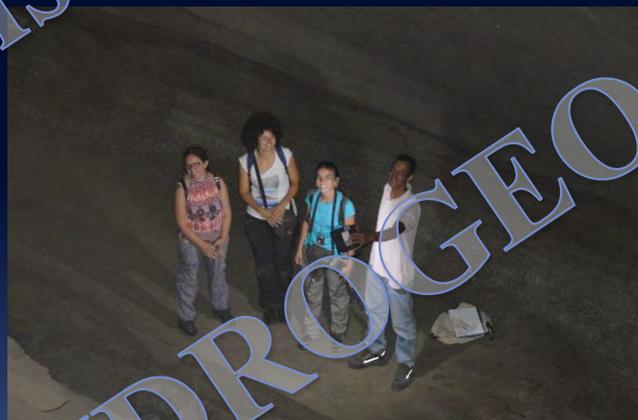
$$\sigma_c = 0.3-7.0 \text{ MPa}$$



La logistica di accesso all'area della "Galena" rendeva impossibile in un primo momento qualsiasi intervento di messa in sicurezza della stessa, ma grazie all'organizzazione e al coordinamento multidisciplinare delle differenti figure professionali intervenute sono state individuate e realizzate le opportune tecniche di rilievo ed indagini da mettere in campo.

Infatti i **profili geoelettrici**, la dettagliata ricostruzione topografica del piano campagna attraverso il **rilevo celerimetrico**, i **rilievi geologici di campo** dell'area di interesse e soprattutto il **rilevo geometrico tridimensionale** della cavità mediante Laser Scanner, hanno consentito di acquisire il "Know-How" fondamentale per la scelta dell'intervento di consolidamento più appropriato nel rispetto del rapporto costi /benefici.

...Grazie per l'attenzione...



Si ringrazia  per aver consentito alla divulgazione del materiale.