



UFFICIO VIABILITA' E TRASPORTI  
Il Dirigente  
Ing. Antonio Mancusi

piazza delle regioni, 52  
85100 - potenza  
tel 0971.417229  
fax 0971.417384  
antonio.mancusi@provinciapotenza.it

"PATTO PER LO SVILUPPO DELLA REGIONE BASILICATA"  
FSC 2007 / 2013  
Lavori di consolidamento e messa in sicurezza della  
S.P. n. 16 "Marsicana" 1° Tronco

## PROGETTO ESECUTIVO

Numero elaborato :

A 0 2

Titolo elaborato :

### RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

Scala:

Data: Gennaio 2022

Progettisti:

Arch. Gerardo Cancellara

Responsabile del Procedimento:

Ing. Angelo Barbano

Rif. Dis.	Data	Rev.	DESCRIZIONE	Disegnato:	Verificato:	Approvato:

Visto:

Studio Tecnico di GEOLOGIA

**Dott. Geol. CANIO SARLI**

Salita Lacava N. 9  
85010 ANZI (PZ)

P.IVA 01740270762  
C.F. SRLCNA71L09A321D

**PROVINCIA DI POTENZA**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

COMMITTENTE	PROVINCIA DI POTENZA
PROGETTO	<b>CONSOLIDAMENTO DI ALCUNI TRATTI DELLA S.P.16 MARSICANA I TRONCO</b>
LOCALITÀ	<b>AGRO DEL COMUNE DI ALBANO DI LUCANIA E DEL COMUNE DI ANZI</b>

*DICEMBRE 2021*

**DOTT. GEOL. CANIO SARLI**



<b>INDICE</b>	<b>pag.</b>
<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>2</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</b>	<b>3</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>3</b>
<i>4.1 Unità litostratigrafiche affioranti</i>	<i>4</i>
<b>5. INQUADRAMENTO STRUTTURALE</b>	<b>4</b>
<b>6. GEOMORFOLOGIA</b>	<b>5</b>
<b>7. IDROGEOLOGIA e IDROLOGIA</b>	<b>6</b>
<b>8. SISMICITA' DELL'AREA</b>	<b>7</b>
<b>9. ASPETTI GEOLOGICO-TECNICI – TRATTO COMPRESO TRA IL Km 4+100 ED IL KM 4+120</b>	<b>9</b>
<b>10. STUDIO DELLE DISCONTINUITA'</b>	<b>12</b>
<b>11. RILIEVO GEOMECCANICO DEI TRATTI DI STRADA INTERESSATI DA INSTABILITA' GEOMORFOLOGICA DELLE PARETI ROCCIOSE</b>	<b>12</b>
<b>11. 1 Premessa</b>	<b>12</b>
<b>11. 2 Caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi</b>	<b>13</b>
<b>11. 3 Descrizioni degli ammassi rocciosi</b>	<b>15</b>
<b>11. 4 Classificazione degli ammassi rocciosi</b>	<b>17</b>
<b>11. 4. 1 -indice RQD</b>	<b>17</b>
<b>11. 4. 2 -Classificazione di Bieniawski</b>	<b>18</b>
<b>11. 4. 3 -Classificazione Geological Strenght Index (GSI)</b>	<b>19</b>
<b>11. 4. 4 -Criterio di rottura di Hoek e Brown</b>	<b>20</b>
<b>11. 4. 5 -Stima dei valori di coesione dell'ammasso roccioso</b>	<b>22</b>
<b>11. 5 VERIFICA A RIBALTAMENTO DEI BLOCCHI :“TEST DI MARKLAND”</b>	<b>22</b>
<b>11. 5. 1- Test di Markland BLOCCO 1</b>	<b>24</b>
<b>11. 5. 2- Test di Markland BLOCCO 2</b>	<b>25</b>
<b>11. 5. 3 - Test di Markland BLOCCO 3</b>	<b>26</b>
<b>11. 5. 4 - Test di Markland BLOCCO 4</b>	<b>27</b>

<b>11. 5. 5 - Test di Markland BLOCCO 5</b>	<b>28</b>
<b>12. SOLUZIONI TECNICHE strada s.p. 16 Marsicana I° tronco</b>	<b>29</b>
<b>12. 1 Soluzione tecnica tratto compreso tra il Km 3+600 e il Km 3+685</b>	<b>29</b>
<b>12.2 Soluzione tecnica tratto compreso tra il Km 3+700 e il Km 3+720</b>	<b>30</b>
<b>12. 3 Soluzione tecnica tratto compreso tra il Km 4+100 e il Km 4+120</b>	<b>30</b>
<b>12. 4 Soluzione tecnica tratto compreso tra il Km 4+800 e il Km 4+880</b>	<b>30</b>
<b>12.5 Soluzione tecnica tratto compreso tra il Km 38+400 e il Km 38+450</b>	<b>31</b>
<b>(Comune di Anzi)</b>	

- **ALLEGATO 1: carta geologica con ubicazione indagini scala 1:3.500**
- **ALLEGATO 2: Aereofotogrammetrica con indicazione aree da stabilizzare**
- **ALLEGATO 3: Relazione indagini geognostiche**



## 1. INTRODUZIONE

La Provincia di Potenza ha incaricato lo scrivente (determina dirigenziale n°1379 del 22/06/2021) di condurre uno studio geologico-tecnico per il progetto di: ***"consolidamento di alcuni tratti della S.P. 16 Marsicana I° tronco in agro di Albano di Lucania e di Anzi."***

In particolare i tratti di strada in studio sono:

- dal Km 3+600 al Km 3+685 nel Comune di Albano di Lucania, instabilità morfologica della parete rocciosa;
- dal Km 3+700 al Km 3+720 nel Comune di Albano di Lucania, instabilità morfologica della parete rocciosa;
- dal Km 4+800 al Km 4+880 Nel Comune di Albano di Lucania, instabilità morfologica della parete rocciosa;
- dal Km 38+400 al Km 38+450 nel Comune di Anzi, instabilità morfologica della parete rocciosa;
- dal Km 4+100 al Km 4+120 nel Comune di Albano di Lucania, problematiche legate a cedimenti del manto stradale;
- al Km 8+700 nel Comune di Albano di Lucania, dissesto dell'asse viario a causa di un movimento rototraslazionale.

Da precisare che nella presente relazione non viene compreso lo studio geologico del tratto di strada interessato dal movimento gravitativo (Km 8+700) che sarà oggetto di una futura integrazione, in quanto non è stato ancora completato il monitoraggio inclinometrico del movimento franoso.

Nei siti interessati dall'instabilità morfologica della parete rocciosa, marcata da frequenti e rapidi crolli di elementi lapidei che raggiungono spesso la sede stradale, è stato eseguito un studio geomeccanico della parete rocciosa, basato sull'analisi e l'interpretazione di una serie di elementi geologici, geomorfologici e strutturali raccolti mediante una dettagliata campagna di rilevamento di terreno, inoltre il settore di versante che presenta più criticità è stato oggetto di un'analisi di stabilità cinematica basata sull'applicazione del TEST di MARKLAND, che ha evidenziato le superfici potenziali di instabilità ed i possibili meccanismi di crollo. E' stata inoltre eseguita una stima dei volumi rocciosi che possono essere mobilitati durante un singolo episodio di crollo.

In fine per il tratto di strada compreso dal Km 4+100 al Km 4+120, interessato da cedimenti della corsia di valle, sono state eseguite una masw e un sismica a rifrazione ..... volte a caratterizzare meglio il dissesto ed a rilevare la categoria sismica del terreno di fondazione.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio geologico è stato realizzato in ottemperanza a quanto riportato nella normativa vigente:

### Normativa di riferimento nazionale

- L.N. 64/74 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 11.03.1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- O.P.C.M. 3274/2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.M. 14.09.2005 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI) - Norme di Attuazione - Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata, aggiornate al 2020;
- O.P.C.M. 3519/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
- D.M. LL.PP. del 14.01.2008 - Testo Unitario - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare del C.S.LL.PP. n° 617 del 02.02.2009 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- NTC 2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni .
- Circolare esplicativa L.L.P.P. del 21/01/2019 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

### Normativa di riferimento regionale

- L.R. n° 38 del 06.08.1997 - Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico;
- L.R. n° 23 del 11/08/1999 “Tutela, governo e uso del territorio”;
- Delibera del Consiglio Regionale di Basilicata n° 575 del 04.08.2009;
- L.R. 9/2011 - Disposizioni urgenti in materia di microzonazione sismica.

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

I siti ricadenti in agro di Albano di Lucania, geograficamente sono ubicati lungo il pendio che da monte Cupone degrada verso il fiume Basento, tra le quote 765 m s.l.m. e 500 metri s.l.m..

L'area è inquadrata topograficamente nella sezione 490010 in scala 1 : 10.000, della Carta Tecnica dell'Italia Meridionale (ex Agensud).

Invece il sito ricadente nel territorio del Comune di Anzi, geograficamente è collocato lungo il pendio che da monte Santa Maria degrada verso la Fiumara di Anzi, ad una quota di c.a 950 m s.l.m. , ed è inquadrato topograficamente nella sezione 489080 in scala 1 : 10.000, della Carta Tecnica dell'Italia Meridionale (ex Agensud). Dal punto di vista geologico tutte le aree oggetto di studio sono comprese nella *Carta geologica d'Italia, Foglio 489 Marsico Nuovo e Foglio 490 Stigliano, scala 1:50.000*. Le note riportate nella presente relazione sono accompagnate dai seguenti allegati:

- **ALLEGATO 1: carta geologica con ubicazione indagini scala 1:3.500**
- **ALLEGATO 2: Aereofotogrammetrica con indicazione aree da stabilizzare**
- **ALLEGATO 3: Relazione indagini geognostiche**

### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area fa parte della Catena sud-appenninica, un edificio a *thrust* originatosi a partire dal Miocene inf. da originari domini paleogeografici di piattaforma e bacino. Uno schema generalmente accettato prevede la presenza, dopo il Mesozoico, di due domini di piattaforma carbonatica (ad Ovest la Piattaforma Campano – Lucana, ad Est la Piattaforma Apula) separati da un bacino profondo (Bacino Lagonegrese).

Le fasi tettogenetiche, susseguitesì fino ai nostri giorni, hanno portato alla sovrapposizione delle *unità Campano – Lucane* (di piattaforma), sulle *unità Lagonegresi* (di bacino). Gli accavallamenti hanno portato a dei raddoppi dello spessore originario dei depositi, con trasporti lungo linee orizzontali anche di parecchie centinaia di km. Durante queste fasi continuava il normale ciclo sedimentario, con la deposizione di nuove unità terrigene (*Unità Numidiche ed Irpine*) all'interno di nuove depressioni morfologiche sulle precedenti unità deformate e traslate verso Est.

Gli ultimi depositi terrigeni a componente silicoclastica sono riferibili alle fasi tettogenetiche del

Pliocene, con la formazione di nuove depressioni bacinali che saranno colmate, almeno fino al Pleistocene inferiore, con sabbie limose, limi argillosi e conglomerati sabbiosi, anche in facies continentale. A partire da questi ultimi episodi la catena appenninica continua il suo sollevamento con l'approfondimento delle attuali valli fluviali, lungo le principali discontinuità strutturali che ne danno la direttività.

Considerando la limitata estensione dell'area esaminata e l'elevato dettaglio del presente studio, un rilievo geologico-strutturale in scala 1:3.500 del settore comprendente il versante in esame è stato ritenuto adeguato per definire il quadro geolitologico e deformativo.

Il rilievo geologico è stato basato principalmente dal controllo di campagna integrato dalla bibliografia esistente.

#### **4.1 Unità litostratigrafiche affioranti**

Le aree in esame sono caratterizzate dall'affioramento di due principali unità stratigrafico-strutturali, che sono di seguito descritte, in modo essenziale, dal basso verso l'alto:

##### **Flysch di Gorgoglione (Langhiano-Tortoniano)**

Affiora la facies arenaceo-pelitica del Flysch di Gorgoglione (che costituisce interamente l'ammasso roccioso in esame), caratterizzata da arenarie ben cementate, organizzate in strati e banchi di spessore variabile da 15-20 cm a qualche metro. Le arenarie a grana grossa e media di colore grigio-giallastro, sono arcose, presentano laminazione parallela ed obliqua, strutture da corrente e da carico. A più altezze si osservano intercalazioni di marne e marne argillose, regolarmente stratificate.

##### **Formazione delle Argille Varicolori (Cretaceo Superiore-Oligocene)**

Sono in contatto stratigrafico con il Flysch di Gorgoglione e caratterizzano il sito al Km 8+700 in agro di Albano di Lucania interessato da un movimento franoso (lo studio geologico, così come anticipato in premessa, sarà oggetto di una futura integrazione). Sono costituite da una fitta alternanza di: argille ed argille marnose scagliettate, marne e marne silicifere brune, calcareniti e calcilutiti grigiastre.

## **5. INQUADRAMENTO STRUTTURALE**

L'analisi aereofotogrammetrica eseguita a larga scala non ha evidenziato la presenza di importanti lineamenti strutturali di tipo fragile. In tutta l'area indagata, l'immersione dei banconi arenacei individuano una monoclinale con giacitura media degli strati (indicata come direzione di immersione e inclinazione) di 140°-145°/70°-80°. Gli strati immergono generalmente a franapoggio con inclinazione maggiore del pendio, garantendo l'assenza di movimenti profondi. Infatti, come si evince nel seguito della relazione, l'instabilità morfologica del versante in esame è legata

principalmente al grado di fratturazione dell'ammasso roccioso dal quale si distaccano i singoli blocchi lapidei.

La scarpata morfologica che delimita sia ad ovest che a sud-ovest il versante in esame può essere spiegato con la coincidenza delle giaciture degli strati con quelle del versante; questa particolare condizione morfologica, assieme alla presenza di incisioni parallele alla linea di massima pendenza del versante stesso, hanno dato luogo alla formazione di particolari forme di versante indicate spesso in letteratura con il nome *flat-irons*, per la forma triangolare che assumono.

## 6. GEOMORFOLOGIA

I tratti di strada ricadenti in agro di Albano di Lucania insistono sul versante in sinistra idrografica del fiume Basento. L'area in studio ha un uso del suolo di tipo silvo-pastorale con lembi di territorio dedicato ad attività agricole con colture intensive e con porzioni di macchie seluose presenti laddove le attività umane sono limitate. Il tronco stradale interessato dallo studio geologico-tecnico è posto sia a sinistra che a destra orografica di una piccola dorsale, denominata Monticello, che si sviluppa in direzione Nord-Sud, posta a Sud del rilevato dell'abitato di Albano di Lucania. La dorsale del Monticello digrada con forte pendenza verso Est in un profondo fosso, il Vallone di Giulioantonio, compreso tra Rocca Molario, che è tributario diretto in sinistra idrografica del Basento. Tale vallecchia è caratterizzata da una coltre di terreno superficiale, in loco, molto spessa e rimaneggiata ed è geneticamente legata ad una evoluzione per accumuli gravitativi legati alle litologie di substrato del Flysch di Gorgoglione. Nell'area studiata, il flysch per natura genetica è stratigrafica risulta essere non continuo, composizionalmente non omogeneo, con arenarie e microconglomerati più o meno terrigeni, e a luoghi meccanicamente molto fratturato, sia in senso orizzontale che verticale portandolo a possedere locali debolezze nell'ammasso originario. Da ciò, il substrato genera materiale eluvio-colluviale caotico, fine e a blocchi, che si affastella lungo i versanti che si evolve per gravità.

L'alta pendenza e la litologia sono i principali fattori predisponenti che complessivamente tendono ad aumentare notevolmente la suscettività ad una evoluzione per fenomeni di massa e la testimonianza è la forma del paesaggio del versante che a media scala evidenzia non solo increspature, lobi e terrazzamenti ma anche geometrie di “svuotamento” e/o leggeri salti di pendenza che possono essere, nell'insieme, imputabili a fenomeni di soil creep ma che comunque sono sovrapposti a fenomeni di massa ben più importanti.

Il tronco di strada ricadente in agro di Anzi, è localizzata a sudovest dall'abitato di Anzi, ad una quota di circa 930 metri s.l.m. . Il sito si rinviene lungo il versante che da Monte Santa Maria (1067 metri s.l.m.) degrada in direzione sud-ovest verso la Fiumara di Anzi, a quota 620 m circa. L'aspra morfologia del versante in esame è fortemente condizionata anche dalla giacitura molto inclinata

dei banconi arenitici del Flysch di Gorgoglione, che nell'area è mediamente di 70°-80°. Il rimodellamento del versante in seguito all'azione erosiva degli agenti esogeni, rappresentati principalmente dalle precipitazioni e dal processo crioclastico legato ai cicli gelo-disgelo, avviene spesso con meccanismi di crollo per scivolamento lungo gli stessi giunti di strato molto inclinati. Il risultato di questo processo erosivo è una sostanziale coincidenza dell'inclinazione del versante con quella delle superfici di strato, e un esempio di questo modello di evoluzione morfologica è rappresentato proprio dal versante roccioso in esame.

## **7. IDROGEOLOGIA e IDROLOGIA**

La circolazione dell'acqua superficiale e sotterranea è determinata principalmente dalla permeabilità dei terreni affioranti e dall'inclinazione dei versanti.

I terreni appartenenti alla Formazione delle Argille Varicolori sono caratterizzati da valori di permeabilità primaria (porosità) bassi, mentre la facies arenaceo-pelitica del Flysch di Gorgoglione, in particolare i livelli litoidi, sono caratterizzati da valori medio-bassi di permeabilità primaria, ma presentano una discreta permeabilità secondaria per fratturazione. Quest'ultima consente l'infiltrazione d'acqua all'interno dell'ammasso roccioso e la formazione di falde stagionali poco alimentate, che nel complesso danno luogo a un acquifero libero tamponato alla base dalle sottostanti e praticamente impermeabili Argille Varicolori. Una serie di pozzi e sorgenti marcano infatti il contatto tra le due formazioni.

Il secondo importante fattore da considerare è la notevole inclinazione del versante che, a prescindere dai valori di permeabilità primaria e secondaria, favorisce lo scorrimento superficiale di acqua piuttosto che la sua infiltrazione nel sottosuolo.

I settori di versanti indagati e ricadenti in agro di Albano di Lucania regimano le acque di precipitazione in una serie di valloni e/o torrenti che posseggono un regime idraulico a carattere intermittente e con magre che possono portare a delle vere e proprie stasi in periodi di esaurimento e attivi nella sola stagione piovosa a rappresentare lineazioni per il mero deflusso delle acque meteoriche di ruscellamento superficiale, che discendono dalle alte quote nella stessa direzione della pendenza come diretti tributari del Fiume Basento.

Invece il reticolo idrografico locale dell'area ricadente in agro di Anzi è definito dalla presenza del crinale spartiacque rappresentato dalla dorsale del Monte Santa Maria, orientato in direzione NO-SE. Il versante della dorsale in esame è interessato da intensi fenomeni di erosione regressiva concentrata nelle testate delle incisioni disposte a ventaglio che convogliano le acque superficiali verso il torrenti principale, rappresentato dalla Fiumara di Anzi.

## 8. SISMICITA' DELL'AREA

Le nuove “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2018) costituiscono la Normativa vigente per tutte le costruzioni sul territorio nazionale. In esse la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione orizzontale massima su suolo rigido ( $V_s > 800$  m/sec), viene definita con un approccio “sito dipendente” e non più tramite il criterio “zona dipendente”.

La stima dei parametri necessari per la determinazione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (*TABELLE DEI PARAMETRI CHE DEFINISCONO L'AZIONE SISMICA*).

Si tratta di una “**pericolosità sismica di base**” e costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche; i risultati di tale studio sono forniti in termini di:

- valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale.
- distanza in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento*) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km).
- diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un *intervallo di riferimento* compreso almeno tra 30 e 975 anni, estremi inclusi.

La *pericolosità sismica* su *reticolo di riferimento* nell'*intervallo di riferimento* è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle nuove NTC 2018, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali che sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

**$a_g$**  : accelerazione orizzontale massima del terreno;

**$F_0$**  : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

**$T_c^*$**  : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle locali condizioni stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la “**risposta**

sismica locale".

### ***PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE***

Dati sul sito (S.P. 16, KM 4+100), coordinate WGS84

Latitudine: 40.580195    Longitudine: 16.034918

Dati sulla costruzione:

Classe d'uso: III

Vita Nominale: 50 anni

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: **B**

Periodo di riferimento: **50 anni**

Coefficiente cu: **1,5**

Valori iniziali calcolati

	Prob. Superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,063	2,412	0,306
Danno (SLD)	63	75	0,081	2,467	0,321
Salvaguardia delle vite (SLV)	10	712	0,208	2,486	0,365
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,261	2,509	0,379

### ***RISPOSTA SISMICA LOCALE***

Il sito in oggetto non ricade in area con substrato rigido ( $V_s > 800$  m/sec) affiorante per cui è stata valutata la categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche, così come



richiesto nel paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018.

**Categoria di suolo di fondazione** mediante la stima del parametro **Vs30** (tabella 3.2.II nel cap. 3.2) e il relativo **incremento sull'azione sismica** (tabella 3.2.IV nel cap. 3.2).

**Coefficiente di amplificazione topografica** (tabelle 3.2.III e 3.2.V nel cap. 3.2).

In definitiva la *risposta sismica locale* intesa come accelerazione massima attesa al sito in oggetto può essere calcolata come:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove:

$a_{\max}$  è l'accelerazione massima attesa sul sito

**S** coefficiente di amplificazione suddiviso in:

**S<sub>s</sub>** coefficiente di amplificazione stratigrafica (tab. 3.2.IV delle NTC 2018)

**S<sub>t</sub>** coefficiente di amplificazione topografica (tab. 3.2.V delle NTC 2018)

**a<sub>g</sub>** accelerazione calcolata per il sito (da Pericolosità sismica di base, vedi sopra)

Dall'analisi dei risultati delle indagini sismiche eseguite nell'area, è emerso che la categoria sismica dei terreni di fondazione risulta essere **B**. (tab. 3.2.II delle NTC 2018).

Pertanto i coefficienti sismici finali sono i seguenti:

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,20	1,39	1,20	0,018	0,009	0,887	0,200
SLD	1,20	1,38	1,20	0,023	0,012	1,148	0,200
SLV	1,19	1,35	1,20	0,083	0,042	2,911	0,280
SLC	1,14	1,34	1,20	0,100	0,050	3,504	0,280

## 9. ASPETTI GEOLOGICO-TECNICI – TRATTO COMPRESO TRA IL Km 4+100 ED IL Km 4+120

Il tratto di strada compreso tra le progressive Km 4+100 e Km 4+120 è interessato da fenomeni di instabilità legati a cedimenti della corsia di valle. L'asse della strada si presenta deformato con avvallamenti in più punti. Dal rilievo geomorfologico di dettaglio si è potuto verificare che lo strato di terreno superficiale costituito da materiale eluvio-colluviale ha subito dei cedimenti con leggera traslazione verso valle, a testimonianza di un principio di innesco di un movimento rototraslazionale. Le principali cause di tale dissesto sono da ricercare nella cattiva regimentazione

delle acque meteoriche, infatti la cunetta della strada risulta piena di detriti e in leggera contropendenza, pertanto le acque si riversano lungo la strada penetrando lungo il ciglio di valle. Lungo il tratto di strada in oggetto è stato eseguito uno stendimento di sismica a rifrazione SR2 e una linea sismica con tecnica MASW.

Le specifiche e gli approfondimenti delle indagini condotte, come anche il posizionamento in campo, sono riportate nella relazione indagini geofisiche, in allegato alla presente relazione.

La finalità delle indagini sismiche è in primo luogo di rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo, ricercando le superfici di discontinuità fisica –rifrattori- ed in particolare quelle superfici che separano porzioni di ammasso roccioso o terroso con differente grado di densità e compattezza.

Dalla sismostratigrafia ottenuta è stato possibile ricavare lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche (velocità delle onde elastiche, coefficiente di Poisson e moduli elastici dinamici) degli strati così riconosciuti, calcolare i valori di Rigidità Sismica dei singoli orizzonti al fine di valutare ad esempio l'amplificazione sismica locale o la suscettibilità alla liquefazione di terreni saturi non coesivi e classificare i terreni alla luce della recente normativa sismica (Vseq).

L'interpretazione dei dati ha fornito i valori delle velocità (in m/sec) delle onde P ed i valori delle profondità (in m) dei rifrattori (discontinuità fisiche) nei sismostrati lungo il profilo in esame evidenziando la seguente sismostratigrafia:

- **primo sismostrato:** quello più superficiale, disomogeneo e discontinuo, ha uno spessore variabile intorno ai da 4,00. Nella tomografia sismica, le zone indicate con il tratteggio rosso, in cui si nota una depressione delle velocità di propagazione delle onde sismiche a partire dal piano campagna, rappresenta questo sismostrato, caratterizzato da materiale detenzionato da fenomeni di trazione per frana. Le velocità delle onde P compresa tra 800 e 1400 m/s, con medio-basse caratteristiche geotecniche;;
- **secondo sismostrato:** presenta uno spessore variabile da 15,60 a 20,40 m, con velocità delle onde di compressione comprese tra 1400 - 2400 m/s e corrisponde ad un orizzonte substrato a diverso grado di fratturazione, discretamente consolidato, con buone caratteristiche geotecniche, le quali migliorano progressivamente con la profondità;
- **terzo sismostrato** a profondità mediamente oltre i 20 - 22 m dal p.c., caratterizzato da una velocità  $V_P$  compresa tra 2400 e 3400 m/s, asseribile a depositi del substrato sovraconsolidato con ottime caratteristiche geotecniche.

Lo stendimento MASW invece, ha consentito di classificare il terreno di fondazione sulla base del

valore di  $V_{s,eq}$  valutato dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

In materia di microzonazione sismica, nel sito oggetto di studio sono stati determinati con le metodologie sopra citate i valori di  $V_{s,eq}$ , partendo dal piano campagna, che risultano essere di **546 m/s**, dato che conferma l'appartenenza del sottosuolo alla categoria **B**.

Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018, e dalle misure effettuate in sito, i terreni di fondazione esaminati si collocano in categoria "B" descritta in normativa come: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Inoltre sono stati ricavati altri parametri geomeccanici che caratterizzano il terreno indagato

#### Altri parametri geotecnici empirici

n.	[m]Profondità	[m]Spessore	Vs [m/s]	Vp [m/s]	[kg/mc]Densità	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	6.00	6.00	<b>362</b>	755	1900	0.35	237	1027	711	640
2	16.09	10.09	<b>782</b>	1552	2000	0.33	1101	4340	2871	2929
3	oo	oo	<b>1465</b>	2740	2100	0.30	3863	13521	8370	10044

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;  
E<sub>y</sub>: Modulo di Young;

## 10. STUDIO DELLE DISCONTINUITA'

I dati giacaturali hanno permesso di distinguere diversi sistemi di fratture, sui quali è stata successivamente eseguita l'analisi di stabilità cinematica (come descritta nel prossimo paragrafo). Le famiglie di discontinuità, indicate con la giacitura del piano medio, sono (in ordine di importanza e persistenza):

- Stratificazione: **190°/75°**
- Sistema di fratture1: **200°/48°**
- Sistemi di fratture2: **269°/50°**
- Sistema di fratture3: **160°/50°**
- Sistema di fratture4: **311°/57°**

In generale, le fratture si presentano con una spaziatura da decimetrica a metrica, buona continuità e superfici rugose e ondulate (classe IV, ISRM 1978). L'apertura varia da pochi mm fino a molti cm, ed aumenta considerevolmente nelle fratture ad alto angolo in prossimità dei bordi dei blocchi fratturati. Le fratture aperte sono a volte beanti e a volte riempite da materiale eluvio-colluviale a scarsa resistenza meccanica. Nel corso dei rilievi strutturali non è stata riscontrata presenza di acqua sulle superfici e all'interno delle fratture e la sua presenza è quindi probabilmente temporanea e limitata ai periodi delle precipitazioni.

L'analisi dell'orientazione reciproca delle discontinuità ha consentito una valutazione del volume medio dei blocchi rocciosi isolati dalle fratture, che può variare da poco meno di 1 metro cubo a circa 7 mc.

## 11. RILIEVO GEOMECCANICO DEI TRATTI DI STRADA INTERESSATI DA INSTABILITA' GEOMORFOLOGICA DELLE PARETI ROCCIOSE

### 11. 1 Premessa

Per la ricostruzione geostrutturale dell'area è stata effettuata una ricerca bibliografica preliminare,

successivamente è stato eseguito un rilievo geomeccanico delle fratture sulle pareti rocciose nei pressi del sito di interesse.

Per acquisire i dati, necessari allo studio di stabilità ed alle verifiche geotecniche delle eventuali soluzioni progettuali da mettere in atto, nell'area in esame sono state disposte diverse stazioni geomeccaniche la cui scelta è stata tale da rappresentare e caratterizzare geomeccanicamente l'ammasso roccioso nella sua totalità.

Per valutare la risposta sismoelastica dei terreni e caratterizzare il sito ai sensi del “D.M. 17 gennaio 2018” è stata realizzata un'indagine geofisica consistente in N. 1 prospezione sismica di tipo MASW.

La determinazione dell'indice RMR ottenuto dalla classificazione dell'ammasso roccioso ha permesso, inoltre, la stima delle caratteristiche geomeccaniche, utilizzate nelle successive verifiche geotecniche, in correlazione con i dati desunti da bibliografia storica.

Sono parte integrante della relazione i seguenti elaborati grafici:

- Schede tecniche dei rilevamenti geomeccanici con rappresentazione dei piani in proiezione stereografica equiareale (emisfero inferiore) e come densità dei poli.
- Verifica stabilità cunei – Test di Markland.
- Scheda dei parametri di Hock e Brown.

## **11. 2 Caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi**

E' noto che il comportamento meccanico degli ammassi rocciosi (insieme della roccia intatta e delle discontinuità in esso contenute) è fortemente influenzato dalle caratteristiche delle discontinuità. Gli attuali metodi di progettazione per fondazioni, versanti e scavi in sotterraneo richiedono informazioni sulle discontinuità presenti all'interno degli ammassi rocciosi.

In particolare, le caratteristiche di resistenza al taglio alla scala dell'ammasso roccioso dipendono in gran parte da quelle disponibili lungo i piani di discontinuità e dall'orientazione di queste nello spazio: ogni analisi di stabilità riguardante ammassi rocciosi non può prescindere pertanto dal rilevamento delle superfici di discontinuità.

Le giaciture delle discontinuità sono rappresentate come poli dei piani in proiezione stereografica equiareale (emisfero inferiore); le concentrazioni polari statisticamente significative sono descritte, per ogni famiglia dal polo centrale del set e dalla ciclografica relativa (ISRM, 1978; Priest, 1993).

Le giaciture delle discontinuità sono rappresentate come ciclografiche dei piani in proiezione stereografica equiareale (emisfero inferiore) e come densità dei poli; le concentrazioni polari statisticamente significative sono descritte, per ogni famiglia dal polo centrale del set e dalla ciclografica relativa (ISRM, 1978; Priest, 1993). Risulta quindi indispensabile conoscere l'assetto strutturale dell'ammasso roccioso alla mesoscala (quella cioè dell'affioramento).

L'analisi in proiezione stereografica può essere efficacemente utilizzata per il riconoscimento dei possibili cinematismi di rottura, dipendendo questi dal rapporto tra assetto strutturale dell'ammasso e geometria dei fronti di scavo.

Le discontinuità in un ammasso roccioso condizionano in modo sostanziale il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso. È quindi importante, al fine di una corretta valutazione delle condizioni di stabilità, una precisa descrizione della struttura della massa e delle discontinuità sia in termini qualitativi che quantitativi. Il rilevamento geomeccanico, ha lo scopo di raccogliere informazioni sulla giacitura delle discontinuità presenti, sulle loro condizioni idrauliche, sulla loro resistenza, alterazione e riempimento.

Nel presente lavoro lo studio dell'ammasso roccioso è stato effettuato attraverso il rilievo di dettaglio tramite analisi delle giaciture delle discontinuità da parte di un operatore geologo.

Le tabelle in allegato riassumono i dati del rilevamento geomeccanico, raggruppati per zone omogenee e forniscono i valori di giacitura delle principali famiglie di discontinuità.



**Figura 1** – Panoramica della parete interessata dal rilievo geomeccanico



### 11. 3 Descrizioni degli ammassi rocciosi

Le strutture planari dell'ammasso roccioso, quali stratificazione, giunti, fratture, faglie, discontinuità, sono state misurate con la bussola da cui è stata ricavata la direzione di immersione e l'inclinazione.

Il rilievo geomeccanico è stato eseguito lungo la S.P.n.16 Marsicana su di un ammasso roccioso poco a Sud dell'abitato del Comune di Albano di Lucania (PZ), le cui coordinate in WGS84 sono: latitudine 40.57916548° e longitudine 16.03803063°. Essendo la parete rocciosa molto estesa, per motivi logistici, è stata divisa in diversi settori. Si tratta di un affioramento roccioso di origine naturale fratturato con blocchi potenzialmente instabili.

I fenomeni di instabilità presenti sul versante in affioramento sono riconducibili principalmente a crolli di blocchi e a ribaltamenti diretti. Lo studio di questi due cinematismi è stato studiato considerando l'orientazione dei piani di debolezza rispetto all'orientazione del fronte del pendio, non considerando le forze sismiche in atto.

Il fenomeno dei cunei di scivolamento che causa crolli di blocchi è ben visibile sulle pareti rocciose, dove alcuni blocchi di forma tetraedrica non sono presenti, lasciando un vuoto nei versanti (fig. 2).



**Figura 2 – Esempio di Aree con assenza di blocchi per precedenti distacchi.**

Il cedimento per ribaltamento avviene se il rapporto fra la base del masso e la sua altezza è inferiore alla tangente dell'angolo di inclinazione dello stesso, in questo caso se è presente un sistema di giunti incrociati i livelli possono rovesciarsi come colonne rigide. La verifica dei giunti è stata eseguita tramite l'analisi dei blocchi di Markland.

Il tipo di ammasso, definito in base alla geometria dei blocchi, ricade all'interno delle categorie a blocchi, colonnare e fratturato. L'importante numero di famiglie, variabile tra 2 e 3, classifica (IRSM, 1978) il tipo di ammasso principalmente come irregolare e fratturato con spazature da distanti a vicine con dimensioni dei blocchi diverse tra loro. La struttura è stratificata con spessore degli strati che arriva fino ad 1 m e ricadenti sempre nella stessa litologia.

Le fratture ed i giunti risultano beanti e l'apertura può variare da pochi centimetri a qualche decimetro. Lo spazio tra le fratture può essere vuoto oppure riempito con blocchi più piccoli e qualche volta con terra rossa, derivante dall'alterazione chimica e fisica.

La resistenza alla compressione uniassiale della roccia è stata determinata da dati statistici di analisi di laboratorio su campioni di roccia geologicamente assimilabili, oltre che da prove sclerometriche effettuate direttamente in sito.



**Figura 3 – Prova sclerometrica su fronte roccioso .**



Sia per il valore della resistenza a compressione che per il peso di volume è stata calcolata una media statistica a cui corrispondono i seguenti valori:

$$\sigma_c = 24.05 \text{ MPa}$$

$$\gamma = 22.4 \text{ kN/m}^3$$

L'indice  $J_v$  (Volumetric Joint Count) è definito come la somma del numero di giunti per metro per ogni set di joint presente. Sulla base dell'indice  $J_v$ , L'ISRM ha proposto una serie di termini descrittivi della dimensione media dei blocchi che caratterizzano l'ammasso.

L'indice  $J_b$  vuole rappresentare la dimensione medie del blocco roccioso "tipico" e viene stimato scegliendo soggettivamente alcuni blocchi di taglia "tipica" e misurandone le dimensioni.

Nel nostro caso si rientra nella categoria di blocchi con dimensioni medie in cui il  $J_v$  è compreso in un range di 3-10 *joints* per  $\text{m}^3$ .

La principale forma dei blocchi è prismatica.

## 11. 4 Classificazione degli ammassi rocciosi

### 11. 4. 1 -indice RQD

La spaziatura tra due discontinuità è definita come la distanza tra una coppia di discontinuità misurata lungo una linea di una certa orientazione. Sono distinti tre tipi di spaziatura:

1. **spaziatura totale** (rappresenta la spaziatura tra due discontinuità immediatamente adiacenti lungo la linea di scansione);
2. **spaziatura del set**: è la spaziatura tra due discontinuità dello stesso set immediatamente adiacenti lungo la linea di scansione;
3. **spaziatura normale del set** ( $X_n$ ): è la spaziatura tra due discontinuità dello stesso set immediatamente adiacenti misurata lungo la normale media del set.

E' possibile stimare la qualità dell'ammasso roccioso mediante il valore rappresentativo delle spaziature totali  $X_t$ . In particolare si desume il grado di fratturazione (R.Q.D.) mediante la Tabella proposta da Deere (1963).

**Rock Quality Designation**

RQD	Qualità
90% - 100%	Molto buona
75% - 90%	Buona
50% - 75%	Discreta
25% - 50%	Scadente
<25%	Molto scadente

Questo parametro fornisce un'indicazione diretta del grado di fratturazione dell'ammasso ed ha un peso notevole nelle classificazioni geomeccaniche e nella stima dei parametri di permeabilità e deformabilità dell'ammasso. Il calcolo dell'RQD viene eseguito mediante la

**seguinte formula**

$$RQD = 100 \cdot \sum_{i=1}^n X_{ti} / L$$

$X_{ti}$  = Lunghezze delle discontinuità maggiori di 10 cm

**RQD (zone più fratturate) = 46%**

Sulla base della tabella proposta da Deere (1963) risulta che la nostra percentuale dell'RQD è compreso tra 25% e 50% a cui corrisponde una qualità dell'ammasso **SCADENTE**.

**RQD (zone meno fratturate) = 77%**

Sulla base della tabella proposta da Deere (1963) risulta che la nostra percentuale dell'RQD è compreso tra 50% e 75% a cui corrisponde una qualità dell'ammasso **DISCRETA**.

**L'RQD è stato calcolato nei settori più fratturati dell'intera parete rocciosa per avere un parametro significativo della qualità dell'ammasso roccioso secondo questo indice.**

#### **11. 4. 2 -Classificazione di Bieniawski**

Per valutare la qualità dell'ammasso roccioso è stata applicata la classificazione RMR di Bieniawski sia del 1976 sia del 1989 e l'indice GSI ricavato dall'indice RMR.

La classificazione RMR (Bieniawski) si basa su parametri, acquisiti direttamente sull'ammasso affiorante. Essi comprendono la resistenza a compressione uni assiale della roccia intatta, l'indice RQD, il numero dei principali sistemi di discontinuità, le loro caratteristiche in termini di spaziatura, lunghezza, rugosità, apertura, riempimento ed alterazione. A questi si aggiungono le condizioni idrauliche e l'orientazione relativa delle famiglie di discontinuità. La classificazione GSI (Hoek, 1980) è molto più semplice ed intuitiva e si basa sull'aspetto generale dell'ammasso e sul suo grado di alterazione.

La classificazione geomeccanica di Bieniawski (sistema RMR) Prende in considerazione sei diversi parametri:

R1) resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;

R2) RQD (Rock Quality Designation);

R3) spaziatura delle discontinuità;

R4) condizioni delle discontinuità;

R5) condizioni dell'acqua di falda;

#### R6) orientazione delle discontinuità

Per ognuno dei primi cinque parametri viene attribuito un punteggio, che è massimo per le rocce di migliore qualità. Il punteggio massimo è diverso per ogni parametro, denotando la maggior importanza di alcuni rispetto ad altri nel descrivere il comportamento dell'ammasso roccioso, e, quindi, la sua qualità.

I valori dell'indice RMR (Rock Mass Rating), necessario per la classificazione, si ottengono:

$$RMR_{base} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5$$

$$RMR_{corretto} = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 + R6$$

In base al rilevamento geomeccanico effettuato i nostri risultati possono essere riepilogati nella tabella sottostante:

PARAMETRI	VALORE	COEFFICIENTI NUMERICI	P
Co (MPa)	24	3.2	P1
RQD (%)	78	15.3	P2
Spaziatura (m)	1.3	16.2	P3
Condizioni discontinuità	Discontinuità rugose	17	P4
Acqua	< 10 l/min	10	P5
Orientamento	mediocre	-25	P6
RMR <sub>a</sub> (asciutto)		52	
RMR <sub>b</sub> (di base)		62	
RMR <sub>c</sub> (corretto)		37	
QUALITA' DELLA ROCCIA	Scadente		

Considerando che i parametri di resistenza (coesione e angolo di attrito) dipendono dalle caratteristiche intrinseche dell'ammasso roccioso e sono indipendenti dalla geometria e giacitura delle discontinuità, se ne deduce, come precisato dallo stesso Autore, che i detti parametri si calcolano utilizzando l'indice RMR base :

la coesione è data da  $c = 5 \times RMR_{base}$  (kN/m<sup>2</sup>)

l'angolo di attrito interno è dato da  $\phi = 0,5 \times RMR_{base} + 5$  (°)

Nel nostro caso avremo:

**coesione c = 310 (kN/m<sup>2</sup>) angolo di attrito interno = 36 °; E = 24.00 (GPa).**

#### 11. 4. 3 -Classificazione Geological Strenght Index (GSI)

Il concetto sviluppato da Hoek e che è alla base del GSI è molto semplice: combinare l'assetto strutturale dell'ammasso con le caratteristiche delle discontinuità che lo separano, per arrivare ad un valore indice che permetta il suo utilizzo per una valutazione accurata della resistenza e della

deformabilità di un ammasso roccioso. Il GSI nella sua forma più recente vede la sua valutazione affidata all'utilizzo di un semplice grafico (fig. 3) dove le caratteristiche strutturali dell'ammasso in termini di grado di fatturazione e disturbo tettonico sono intercorrelate con le caratteristiche della superficie delle discontinuità in termini di rugosità, alterazione e riempimento della frattura.

La definizione dell'Indice GSI comporta la valutazione degli stessi parametri necessari per la determinazione dell'Indice RMR con la differenza che il parametro "Venute d'acqua" viene tenuto fisso a 15 e con la differente formula risolutiva che comunque richiama parametri dell'indice RMR. In base alla classificazione dell'ammasso roccioso e della sua superficie di discontinuità è dunque possibile riferirsi a una specifica cella della tabella 5x5, la quale fornisce un intervallo di valori stimati per GSI nelle condizioni in esame così definito: *“ammasso roccioso molto fratturato, interbloccato, parzialmente disturbato con blocchi angolari multiforme, caratterizzati da quattro o più famiglie di discontinuità. Le condizioni della superficie sono classificate come lisce, moderatamente bagnate o superfici alterate”*

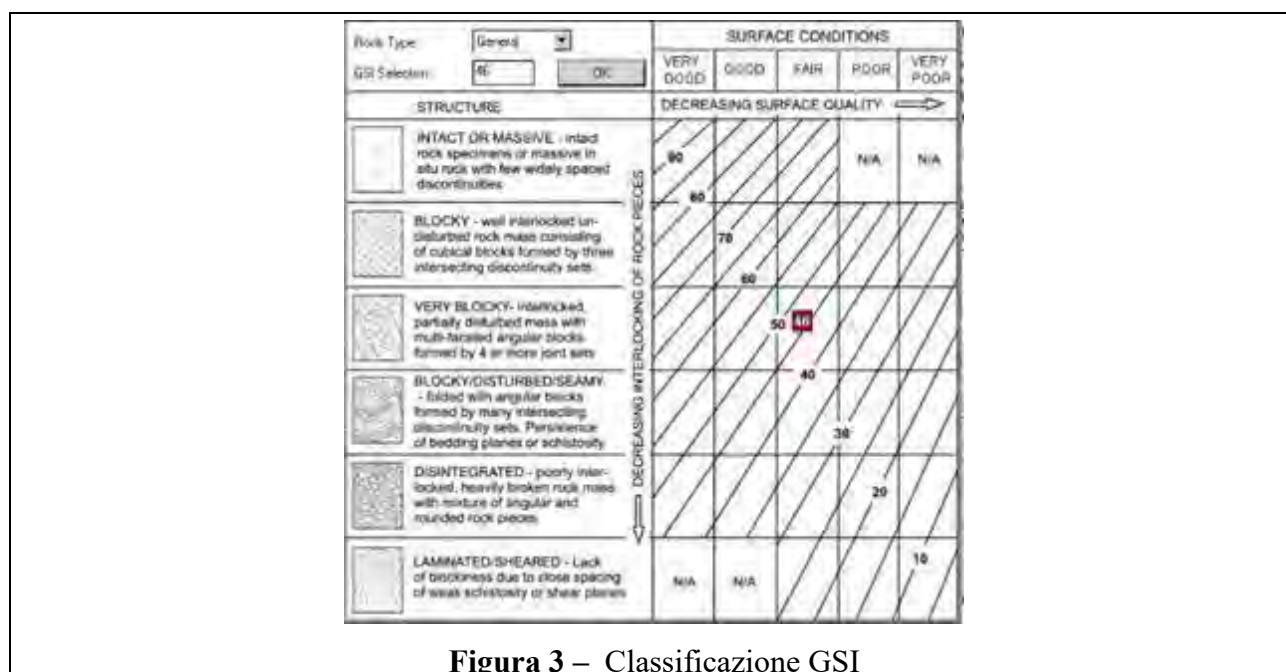


Figura 3 – Classificazione GSI

#### 11. 4. 4 -Criterio di rottura di Hoek e Brown

E' un criterio di rottura valido per ammassi rocciosi fratturati il cui comportamento possa essere considerato omogeneo e isotropo in funzione della dimensione del volume significativo di ammasso considerato, basato sulla valutazione di una serie di fattori che riguardano sia i blocchi di matrice rocciosa che compongono l'ammasso, sia le superfici di discontinuità che li suddividono.

La procedura consente l'applicazione delle formule dell'equilibrio limite anche al caso di ammassi

rocciosi. La forma generale del criterio di rottura di Hoek & Brown è la seguente:

$$\sigma_1 = \sigma_3' + \sigma_c \left[ m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_c} + s \right]^a$$

dove:

$m_b$  = valore della costante m per gli ammassi rocciosi;

s, a = costanti dipendenti dalle caratteristiche dell'ammasso roccioso;

$\sigma_c$  = resistenza alla compressione monassiale della roccia intatta;

$\sigma_1, \sigma_3$  = sforzi principali in tensioni efficaci.

La determinazione dei parametri a, s e  $m_b$  viene fatta in funzione della qualità dell'ammasso roccioso, espressa numericamente dall'indice GSI (*Geological Strength Index*).

Hoek e Brown descrivono una procedura che consente l'applicazione delle formule dell'equilibrio limite anche al caso di ammassi rocciosi.

Sulla base del valore stimato dell'indice GSI per ammassi rocciosi in condizioni indisturbate di qualità da buona a media per i quali sia  $GSI \geq 25$ , si ha:

$$a = 0.5;$$

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28}\right);$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9}\right);$$

Poiché il criterio di Hoek e Brown esprime una curva di tipo non lineare, i valori di coesione e angolo di resistenza al taglio variano in funzione dello sforzo normale efficace ( $\sigma_n'$ ) agente sulla base della discontinuità di base (carico di esercizio).

I valori di  $c_i$  e  $\phi_i$  si possono ottenere attraverso lo sviluppo di una tecnica numerica per la soluzione in forma implicita.

Hoek Brown Classification		
$\sigma_{ci}$	15	MPa
GSI	46	
$m_i$	9	
D	0.5	
Ei	13500	
MR	900	
Hoek Brown Criterion		
$m_b$	0.68783 7	
s	0.00074	

	7	
a	0.50755 1	
<b>Failure Envelope Range</b>		
Application	Slopes	
sig3max	0.55552 1	MPa
Unit Weight	0.0224	MN/m3
Slope Height	32	m
<b>Mohr-Coulomb Fit</b>		
c	0.16097 3	MPa
phi	38.6606	degrees
<b>Rock Mass Parameters</b>		
sigt	- 0.01628	MPa
sigc	0.38816 9	MPa
sigcm	1.62414	MPa
Erm	1526.09	MPa

#### 11. 4. 5 -Stima dei valori di coesione dell'ammasso roccioso

Per la definizione dei parametri geotecnici si è tenuto conto sia dei risultati statistici di laboratorio su rocce assimilabili che dei risultati ricavati mediante caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso, in particolare Bieniawski (1989) ed il criterio di rottura di Hoek e Brown (1197). Sulla base delle informazioni acquisite è stato possibile stabilire:

- il peso di volume, calcolato mediante statistiche su prove di laboratorio;
- la coesione efficace  $c_m$  ed il valore dell'angolo di resistenza al taglio  $\phi_m$ , ottenuti mediando i risultati ricavati dalla caratterizzazione dell'ammasso roccioso espletata attraverso le classificazioni precedentemente descritte.

Si sottolinea che i suddetti valori di coesione e angolo di resistenza al taglio sono stati calcolati mediante correlazioni empiriche e quindi costituiscono una semplificazione soprattutto per le rocce tenere che hanno subito fenomeni tettonici e alterazioni per le quali le proprietà meccaniche e di resistenza vengono tendenzialmente sovrastimate.

Sinteticamente

$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi_m$ (°)	$c_m$ (kPa)
22.4	38.66	161

#### 11. 5 VERIFICA A RIBALTAMENTO DEI BLOCCHI :“TEST DI MARKLAND”

Lo scopo del test di Markland è quello di quantificare la possibilità della rottura di un cuneo di

roccia nel quale lo scorrimento avviene lungo la linea di intersezione di due discontinuità planari. Il fattore di sicurezza del pendio dipende dalla inclinazione della linea di intersezione, dalla resistenza a taglio della superficie della discontinuità e dalla geometria del cuneo. Il caso limite si verifica quando il cuneo degenera in un piano, cioè i due piani hanno inclinazione ed immersione coincidenti e quando la resistenza a taglio di questo piano è dovuta solo all'attrito. Lo scorrimento, in queste condizioni, si verifica quando l'inclinazione del piano è maggiore dell'angolo di attrito e si può eseguire una verifica di stabilità preliminare confrontando l'inclinazione della linea di intersezione dei due piani e l'angolo di attrito della superficie rocciosa: il pendio è potenzialmente instabile quando il punto, in un diagramma equiareale, che definisce la linea di intersezione dei due piani cade all'interno dell'area delimitata dal grande cerchio che rappresenta il pendio ed il cerchio che rappresenta l'angolo di attrito.

Se è soddisfatto il test di Markland e l'immersione di uno dei piani cade tra l'immersione del pendio e la direzione della linea di intersezione, lo scorrimento avverrà sul piano piuttosto che lungo la linea di intersezione.

L'analisi di stabilità dei blocchi verificata con il test di Markland ha permesso di verificare l'intersezione delle giaciture e la formazione dei blocchi. L'analisi è stata effettuata su blocchi individuati in sito con caratteristiche di potenziale rischio di crollo, per una più oculata stima della qualità dell'ammasso.

Il fattore di sicurezza è stato calcolato secondo il metodo semplificato in cui si considera la sezione verticale del solido che contiene la retta di intersezione dei piani di base: si definiscono gli angoli  $\psi_i$ ,  $\xi$  e  $\beta$  e si fa l'ipotesi semplificativa che siano assenti azioni diverse dalla gravità. Con semplici considerazioni di equilibrio limite, ipotizzando un unico valore dell'angolo di attrito  $\phi$  su entrambi i piani di base, si perviene all'espressione del fattore di sicurezza:

$$F = \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\xi}{2}} \frac{\tan \phi}{\tan \psi_i}$$



## 11. 5. 1- Test di Markland BLOCCO 1

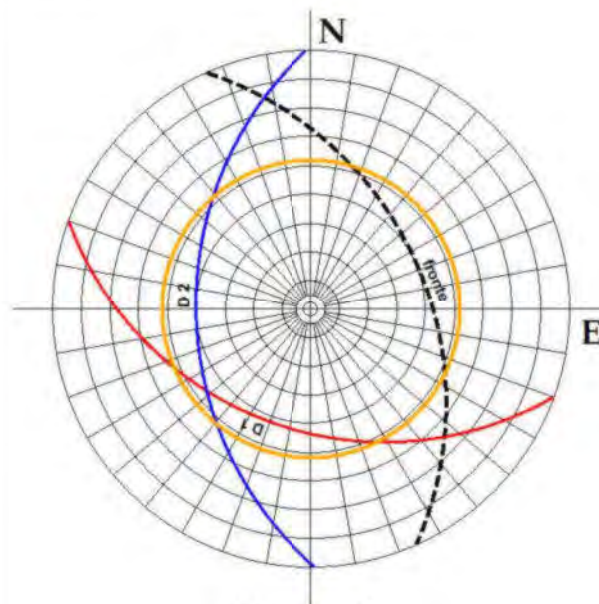


Name	Longitude	Latitude	Elevation
BLOCCO 1	16.03803063	40.57916548	761.95

### Parametri geomeccanici BLOCCO 1

- $\phi$ : - angolo di attrito medio fra le discontinuità meccaniche =  $38^\circ$
- **Fr**: - Fronte: dip (inclinazione) =  $50^\circ$  ; dipdir (immersione) =  $66^\circ$
- **D1**: - prima discontinuità: dip =  $48^\circ$  ; dip-dir =  $200^\circ$
- **D2**: - seconda discontinuità: dip =  $50^\circ$  ; dipdir =  $269^\circ$

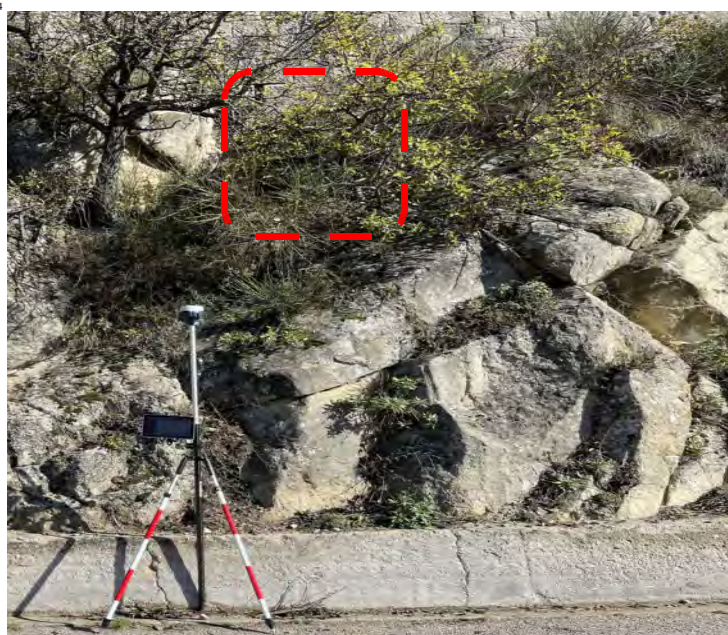
Piano k1	55	236
Piano k2	34	225
Piano k3	51	214
Piano k4	51	215
Piano k5	48	200
Piano k6	52	256
Piano k7	48	246
Piano k8	49	243
Piano k9	48	245
Piano k10	48	259
Piano k11	51	264
Piano k12	50	269
Piano k13	54	238



**Fs = 1.21**  
Volume m<sup>3</sup> = 1.36



## 11. 5. 2- Test di Markland BLOCCO 2

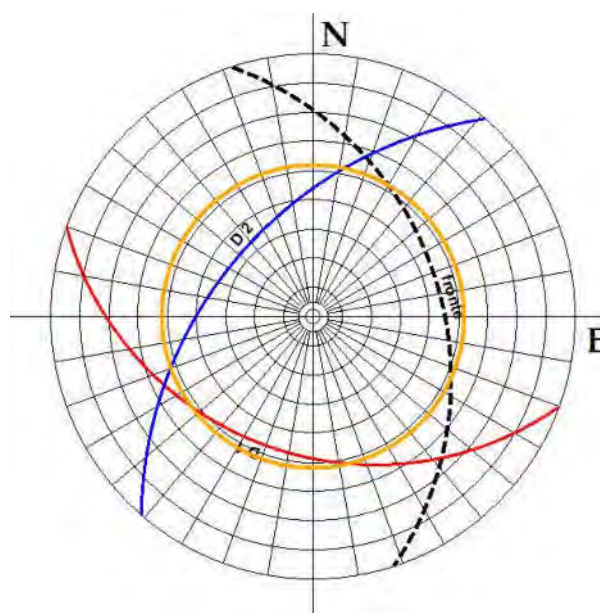


Name	Longitude	Latitude	Elevation
PUNTO 2	16.03799703	40.57919323	761.27

### Parametri geomeccanici BLOCCO 2

- $\phi$  - angolo di attrito medio fra le discontinuità meccaniche =  $38^\circ$
- **Fr**: - Fronte: dip (inclinazione) =  $46^\circ$  ; dipdir (immersione) =  $72^\circ$
- **D1**: - prima discontinuità: dip =  $43^\circ$  ; dip-dir =  $200^\circ$
- **D2**: - seconda discontinuità: dip =  $57^\circ$  ; dipdir =  $311^\circ$

Piano k1	43	200
Piano k2	57	311
Piano k3	53	303
Piano k4	57	297
Piano k5	53	198
Piano k6	57	196



**$F_s = 1.17$**   
Volume  $m^3 = 0.36$



### 11. 5. 3- Test di Markland BLOCCO 3

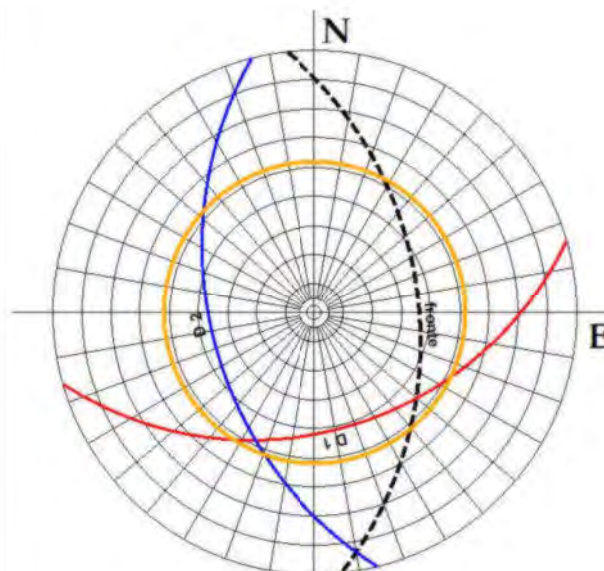


Name	Longitude	Latitude	Elevation
PUNTO 3	16.03782251	40.57940298	760.66

#### Parametri geomeccanici **BLOCCO 3**

- $\phi$ : - angolo di attrito medio fra le discontinuità meccaniche =  $38^\circ$
- **Fr**: - Fronte: dip (inclinazione) =  $54^\circ$  ; dipdir (immersione) =  $54^\circ$
- **D1**: - prima discontinuità: dip =  $49^\circ$  ; dip-dir =  $164^\circ$
- **D2**: - seconda discontinuità: dip =  $54^\circ$  ; dipdir =  $256^\circ$

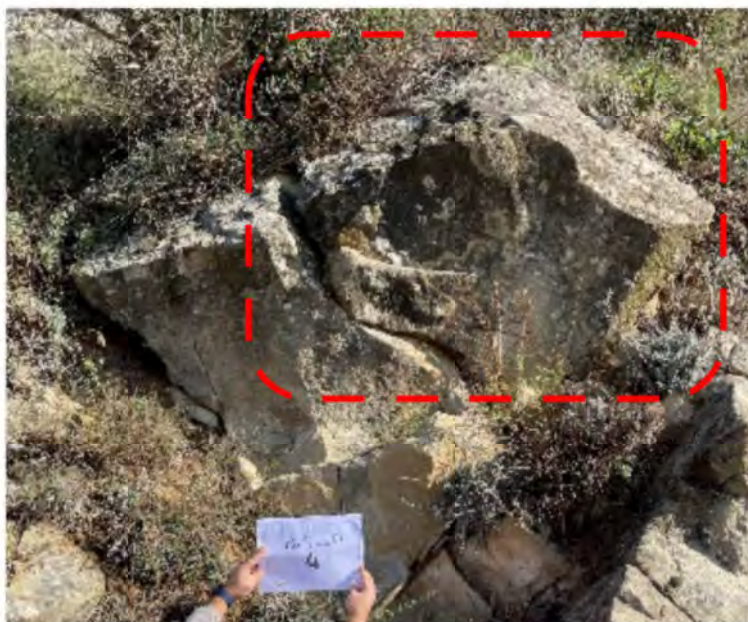
Piano k1	49	164
Piano k2	60	186
Piano k3	58	207
Piano k4	76	194
Piano k5	70	168
Piano k6	25	230
Piano k7	54	256
Piano k8	59	197
Piano k9	49	196



**Fs = 1.14**  
Volume  $m^3 = 0.61$



#### 11. 5. 4- Test di Markland BLOCCO 4

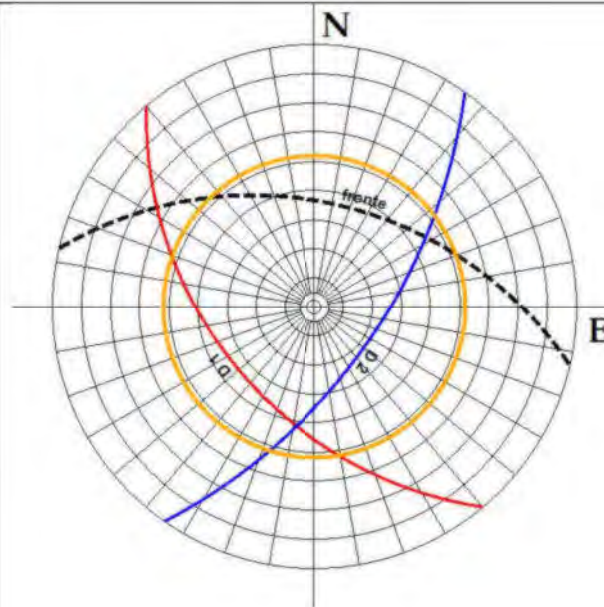


Name	Longitude	Latitude	Elevation
PUNTO 4	16.0377819	40.57944253	760.27

#### Parametri geomeccanici BLOCCO 4

- $\phi$ : - angolo di attrito medio fra le discontinuità meccaniche =  $38^\circ$
- **Fr**: - Fronte: dip (inclinazione) =  $54^\circ$  ; dipdir (immersione) =  $63^\circ$
- **D1**: - prima discontinuità: dip =  $56^\circ$  ; dip-dir =  $230^\circ$
- **D2**: - seconda discontinuità: dip =  $68^\circ$  ; dipdir =  $125^\circ$

Piano k1	68	125
Piano k2	60	206
Piano k3	58	207
Piano k4	56	230
Piano k5	70	220
Piano k6	25	227
Piano k7	61	153
Piano k8	59	197



**Fs = 1.13**  
Volume m<sup>3</sup> = 1.19



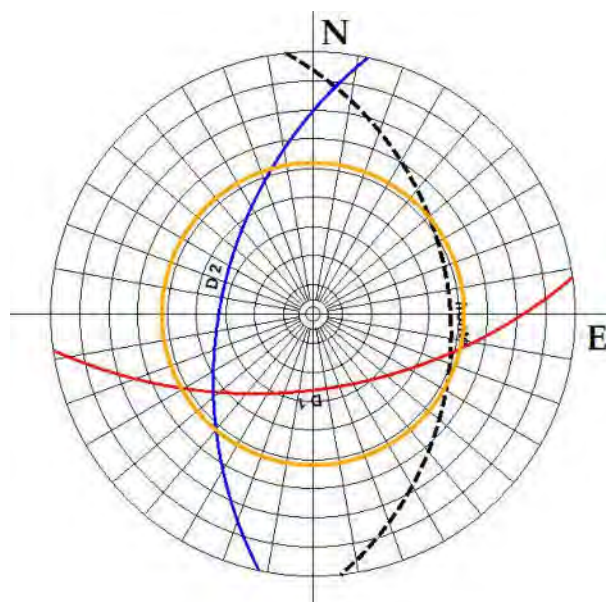
## 11. 5. 5- Test di Markland BLOCCO 5



### Parametri geomeccanici BLOCCO 5

- $\phi$  - angolo di attrito medio fra le discontinuità meccaniche =  $38^\circ$
- **Fr**: - Fronte: dip (inclinazione) =  $43^\circ$  ; dipdir (immersione) =  $84^\circ$
- **D1**: - prima discontinuità: dip =  $64^\circ$  ; dip-dir =  $172^\circ$
- **D2**: - seconda discontinuità: dip =  $58^\circ$  ; dipdir =  $282^\circ$

Piano k1	50	187
Piano k2	48	166
Piano k3	81	225
Piano k4	75	297
Piano k5	59	207
Piano k6	58	282
Piano k7	64	172
Piano k8	74	212
Piano k9	66	272
Piano k10	68	218



**Fs = 1.32**  
Volume m<sup>3</sup> = 6.74

Nella zona di interesse sono stati analizzati 5 blocchi con volumi compresi tra 0.36 a circa 6.742 m<sup>3</sup> i cui risultati hanno portato a cunei con fattore di sicurezza di poco superiore ad 1 quindi stabili a breve termine.

BLOCCO	Fs	Volume m <sup>3</sup>
1	1.21	1.36
2	1.17	0.36
3	1.14	0.61
4	1.13	1.19
5	1.32	6.74

Il risultati delle verifiche a ribaltamento dei blocchi con test di Markland, individuano fattori di sicurezza compresi tra 1.13 e 1.32, quindi non molto superiori ad 1.

Un valore del Fattore di sicurezza "F" appena al di sopra di 1, considerato il limite di stabilità, non da un buon margine di sicurezza. Infatti le condizioni non sono sempre le stesse nel tempo, l'ammasso roccioso può subire modifiche per quanto riguarda la resistenza al taglio o infiltrazioni di acqua.

Inoltre il test di Markland tiene conto solo della geometria del blocco e dell'angolo di resistenza al taglio non prendendo in considerazione né l'azione sismica né le condizioni al contorno quali infiltrazioni d'acqua, peso dell'unità di volume, coesione.

## 12. SOLUZIONI TECNICHE strada s.p. 16 Marsicana I° tronco

### 12. 1 Soluzione tecnica tratto compreso tra il Km 3+600 e il Km 3+685

Nell'area la parete rocciosa instabile ha una lunghezza di 85 metri e un'altezza compresa tra i 10 e gli 11 metri, l'ammasso roccioso si presenta con giaciture di strato a reggipoggio, gli strati appaiono con alternanza di strati compatti e strati fortemente alterati e degradati. Proprio l'asportazione degli strati degradati, per azioni di agenti esogeni, ha provocato la formazione di aree vuote che hanno provocato il detenzionamento anche degli strati compatti, che, essendo fratturati, si sono distaccati.

Allo stato attuale, i blocchi potenzialmente instabili hanno un volume stimato variabile da 0.36 m<sup>3</sup> a circa 1,36 m<sup>3</sup>, il cinematismo atteso è di distacco e rotolamento che dalle simulazioni arriverebbero sulla strada.

In questo settore l'intervento di messa in sicurezza dovrà prevedere in primo luogo la pulitura della vegetazione (rovi e ginestre) e il disaggancio o chiodatura dei blocchi visibilmente in equilibrio

precario (blocchi dal n°1 al n°4 oggetto della verifica al ribaltamento con il test di Markland), in secondo luogo, andrà previsto il rafforzamento corticale del versante mediante copertura con rete metallica chiodata con idonee barre di ancoraggio e piastre, capace di trattenere blocchi con volume dell'ordine del metro cubo.

### **12. 2 Soluzione tecnica tratto compreso tra il Km 3+700 e il Km 3+720**

Il tratto di parete rocciosa ha una lunghezza di circa 20 metri ed è alta circa 25 metri. Allo stato attuale, è presente un blocco prismatico in equilibrio precario (**blocco n°5 oggetto della verifica al ribaltamento con il test di Markland**) con volume stimato intorno ai 7 m<sup>3</sup>, il cinematisma atteso è di distacco e rotolamento che dalle simulazioni arriverebbe sulla strada. Si consiglia in primo luogo il disgaggio o la chiodatura del blocco instabile e in secondo luogo prevedere il rafforzamento corticale del versante mediante copertura con rete metallica chiodata con idonee barre di ancoraggio e piastre.

### **12. 3 Soluzione tecnica tratto compreso tra il Km 4+100 e il Km 4+120**

Il tratto di strada compreso tra il km 4+100 ed il km 4+120 è interessato da fenomeni di instabilità legati a cedimenti della corsia di valle. L'asse della strada si presenta deformato con avvallamenti in più punti. Dalle indagini geofisiche eseguite è emerso che lo strato di terreno superficiale, che ha subito cedimenti, ha uno spessore di circa 4 metri. Per tanto, si consiglia di intervenire con la posa in opera di almeno tre file di gabbioni sovrapposti, avendo cura di attestarli sul substrato roccioso rappresentato dalle arenarie del Flysch di Gorgoglione. Inoltre è necessario ridefinire una corretta regimentazione delle acque superficiali mediante il rifacimento della cunetta di scolo delle acque avendo cura di garantire una giusta pendenza alla stessa e imboccarla nel tombino di attraversamento posto a valle dell'area indagata.

### **12. 4 Soluzione tecnica tratto compreso tra il Km 4+800 e il Km 4+880**

La geomorfologia testimonia che l'ammasso roccioso del versante compreso nel tratto di strada tra il km 4+800 e il km 4+880 si presenta alterato e degradato. L'azione degli agenti esogeni unitamente al radicamento di rovi, ha provocato la formazione di zone di distacco che genera blocchi di varie dimensioni. Dall'analisi meccanica si è potuto verificare che i blocchi non superano il metro cubo.

Si consiglia di stabilizzare la massa rocciosa eseguendo i seguenti interventi:

- Rimozione di masse rocciose instabili e taglio della vegetazione in cui si prevede un

intervento di rimozione delle masse instabili in quelle situazioni particolarmente semplici, nei quali è sufficiente l'azione delle mani, di leve o di piccoli demolitori;

- Taglio della vegetazione a raso che si rende necessario quando gli apparati radicali provocano l'evidente allargamento delle fratture in cui è possibile utilizzare attrezzi manuali e seghe a motore;
- Posa in opera di rete metallica e in caso di necessità prevedere il rafforzamento corticale del versante mediante copertura con rete metallica chiodata con idonee barre di ancoraggio e piastre.

## **12. 5 Soluzione tecnica tratto compreso tra il Km 38+400 e il Km 38+450 (Comune di Anzi)**

Il fronte roccioso da stabilizzare ha una lunghezza di 50 metri ed è alto circa 15 metri. L'ammasso roccioso si presenta stratificato con giaciture di strato 140/80 disposti a franapoggio con inclinazione maggiore del pendio. L'instabilità geomorfologica è rappresentata dalla presenza di varie famiglie di fratture che col tempo, a causa degli agenti esogeni, isolano blocchi di varie dimensioni. Gli strati appaiono con alternanza di strati compatti e strati fortemente alterati e degradati. Proprio l'asportazione degli strati degradati, per azioni di agenti esogeni, ha provocato la formazione di aree vuote che hanno determinato il detenzionamento anche degli strati compatti, che, essendo fratturati, si sono distaccati. Allo stato attuale, i blocchi potenzialmente instabili hanno un volume stimato variabile da 0.5 m<sup>3</sup> a circa 4 m<sup>3</sup>, il cinematismo atteso è di distacco e rotolamento che dalle simulazioni arriverebbero sulla strada. In questo settore l'intervento di messa in sicurezza dovrà prevedere in primo luogo la pulitura della vegetazione (rovi e ginestre) e il disgaggio o chiodatura dei blocchi visibilmente in equilibrio precario, in secondo luogo, bisogna prevedere il rafforzamento corticale del versante mediante copertura con rete metallica chiodata con idonee barre di ancoraggio e piastre. Inoltre nella parte alta del versante è presente un brandello di muro a secco in pietra, probabilmente sono resti di un vecchio tratturo ora in disuso. Il muro si presenta visibilmente in equilibrio precario, pertanto si consiglia di intervenire per la messa in sicurezza o eventualmente l'asportazione della parte in pericolo.

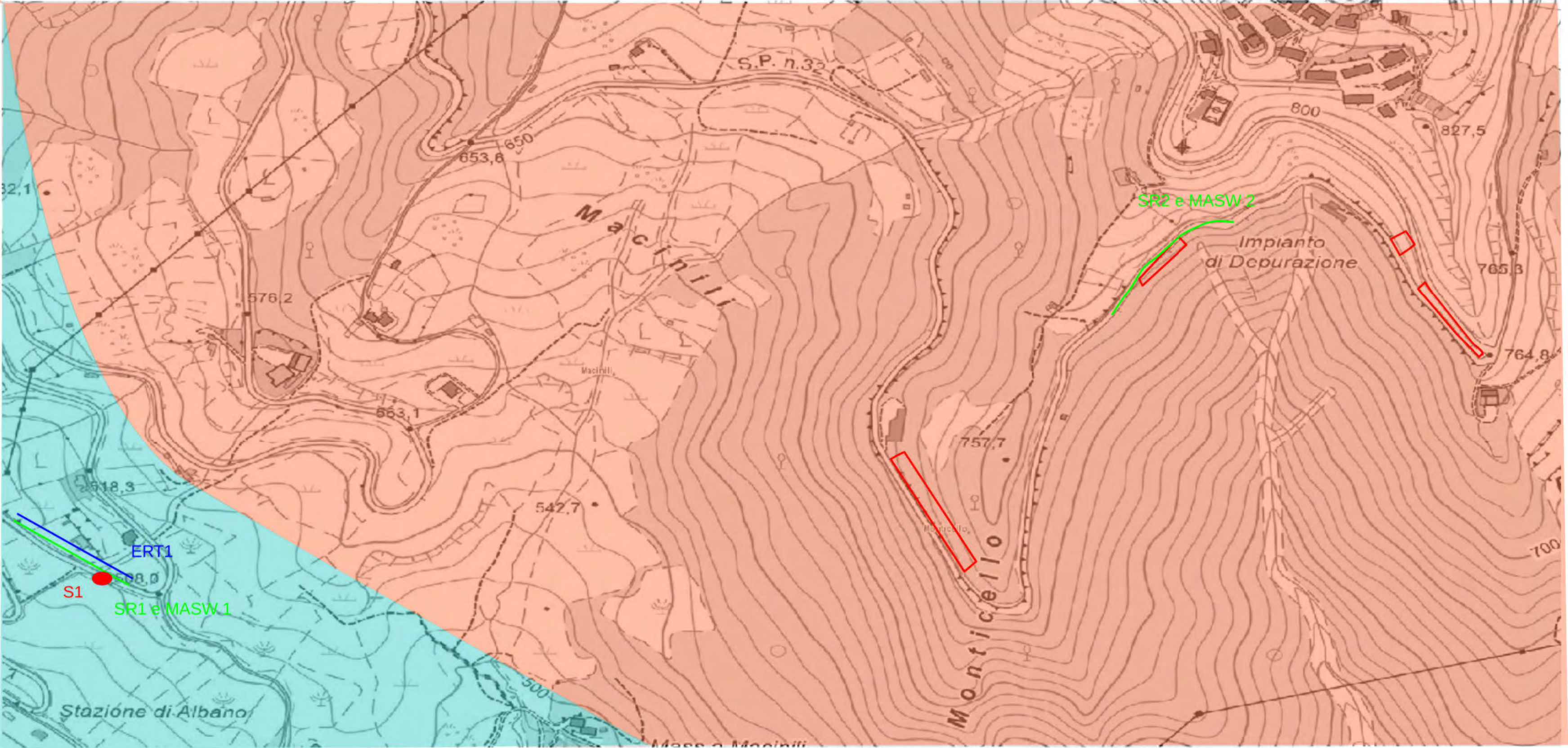
Il Tecnico  
Dott. Geol. Canio SARLI





- **ALLEGATO 1:** carta geologica con ubicazione indagini scala 1:3.500
- **ALLEGATO 2:** Aereofotogrammetrica con indicazione aree da stabilizzare
- **ALLEGATO 3:** Relazione indagini geognostiche



# Carta Geologica con ubicazione indagini geognostiche scala 1:3.500




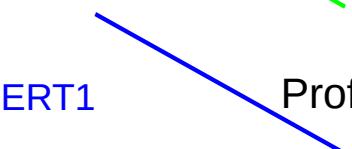
 Flysch di Gorgoglione (Langhiano-Tortoniano)  
Arenarie quarzoso-micacee torbiditiche con intercalate marne argillose

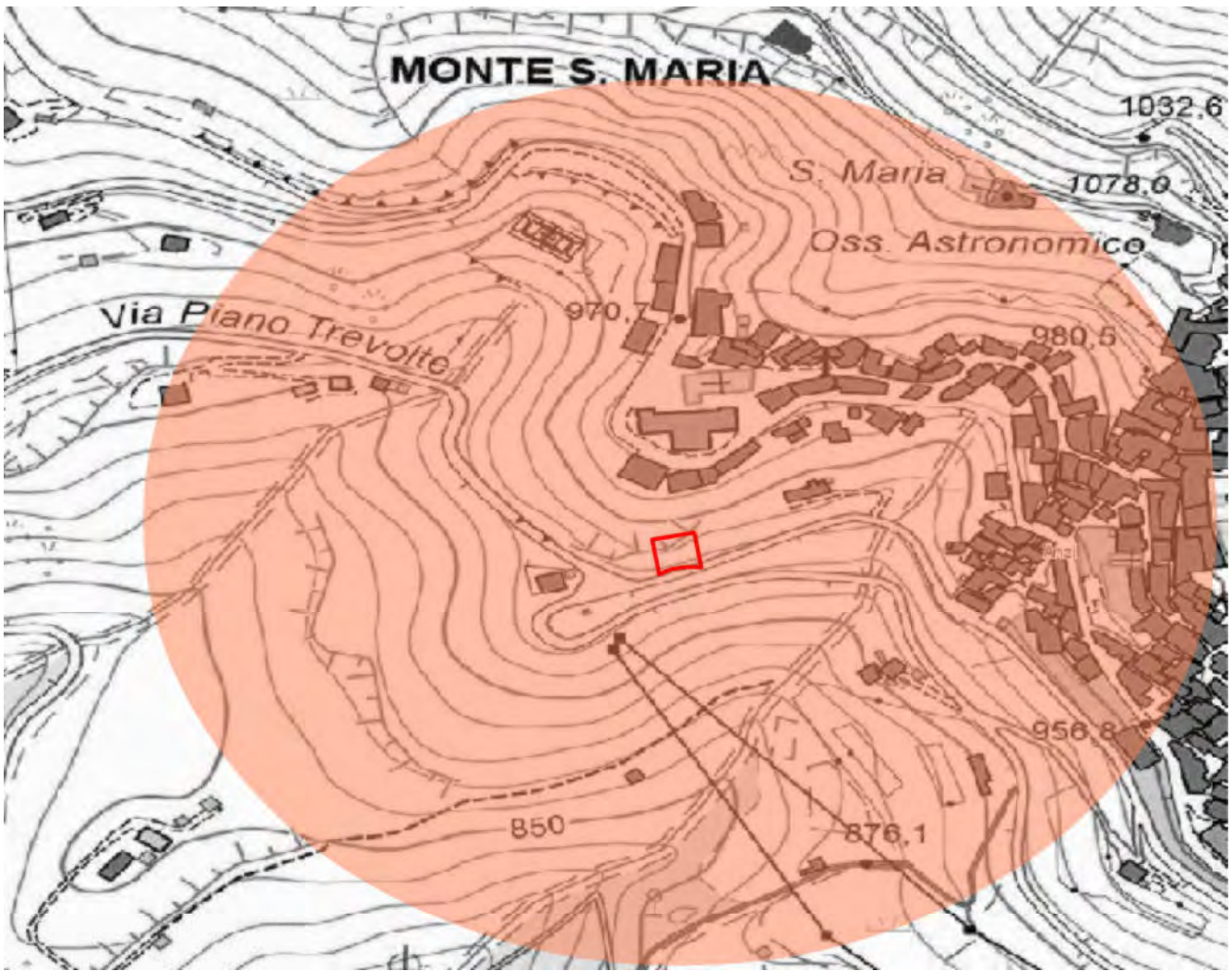
 Formazione delle Argille Varicolori (Cretaceo sup-Oligocene)  
Argille e argille marnose

 Aree oggetto di intervento

 S1 Sondaggio geotecnico

 SR1 e MASW 1 Sismica a rifrazione e indagine MASW

 ERT1 Profilo geoelettrico





# Aereofotogrammetrica con ubicazione aree da stabilizzare







**Fiumano Toma**  
Trivellazioni S.r.l.

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
Via dei Mestieri, sn  
75100 Matera  
P. Iva 00458540770  
Email: [tomafi@libero.it](mailto:tomafi@libero.it)  
PEC: [fiumanotomatrivellazioniisrl@pec.it](mailto:fiumanotomatrivellazioniisrl@pec.it)

**REGIONE BASILICATA**  
**PROVINCIA DI POTENZA**  
**COMUNE DI ALBANO DI LUCANIA**

Area Centro - F.S.C. 2007-2013- Lavori di consolidamento e messa in sicurezza  
della S.P.16 Marsicana 1° tronco.-  
Affidamento indagini geognostiche e prove di laboratorio.

**REPORT INDAGINI**

**RESPONSABILE DI CANTIERE**



**Fiumano Toma**  
Trivellazioni S.r.l.

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
Via dei Mestieri, sn  
75100 Matera  
P. Iva 00458540770  
Email: [tomafi@libero.it](mailto:tomafi@libero.it)  
PEC: [fiumanotomatrivellazioniisrl@pec.it](mailto:fiumanotomatrivellazioniisrl@pec.it)

*[Signature]*  
FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.  
IL PRESIDENTE

**Data: Novembre 2021**

**Il committente:**

Provincia di Potenza  
AREA: SETTORE 6 VIABILITA' E  
TRASPORTI

**IL Responsabile Tecnico:**

Dott. Geol. Galileo Potenza



**UBICAZIONE:**

S.P.16 Marsicana 1° tronco, in agro di  
Albano di Lucania (PZ)

**Elaborati:**

- **INDAGINI SISMICA ATTIVA (SR)**
- **INDAGINI SISMICA ATTIVA (MASW)**
- **SONDAGGI GEOGNOSTICI (CAROTAGGIO CONTINUO)**
- **PROVE DI LABORATORIO**

## INDICE

1 - PREMESSA.....	3
2 - DESCRIZIONE DELLE PROVE GEOFISICHE IN SITO .....	4
2.1 - Indagine di Sismiche a Rifrazione - Generalità .....	5
2.1.1 - Possibilità e limiti del metodo sismico a rifrazione .....	6
2.1.2 - Interpretazione Tomografica .....	7
2.1.3 - Attrezzatura e metodologia utilizzata .....	9
2.2 – Indagine di Sismica MASW - Generalità .....	10
2.3 - Cenni teorici sulla Tomografia di resistività elettrica .....	12
3 – RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE.....	13
3.1 - Planimetria indagini Report fotografico SITO 1, .....	13
3.1.1 - Sismica a Rifrazione SR1 .....	15
3.1.2 - Sismica MASW 1 .....	18
3.1.3 - Prospezione Geoelettrica ERT 1.....	22
3.2 - Planimetria indagini Report fotografico SITO 2 .....	27
3.2.1 - Sismica a Rifrazione SR2 .....	29
3.2.2 - Sismica MASW 2 .....	32
4 – SONDAGGI MECCANICI A CAROTAGGIO CONTINUO .....	36
4.1 – Stratigrafia sondaggio S1 nel Sito 1.....	38
CETIFICATI DI LABORATORIO .....	39

FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.  
 VIA DEI MESTIERI, SN  
 75100 MATERA  
 P. IVA 00458540770  
 EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
 PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

## 1 - PREMESSA

Su incarico della Provincia di Potenza AREA: SETTORE 6 VIABILITA' E TRASPORTI, è stata eseguita una campagna d'indagini geofisiche e geotecniche dalla società **Fiumano Toma Trivellazioni S.r.l.** La presente relazione di indagini riguarda la caratterizzazione geotecnica e sismica dell'areale di pertinenza del sito in oggetto, per i Lavori di *"Area Centro - F.S.C. 2007-2013- Lavori di consolidamento e messa in sicurezza della S.P.16 Marsicana 1° tronco.- Affidamento indagini geognostiche e prove di laboratorio."*

Nell'areale di interesse, rispettivamente nei siti denominati Sito n. 1 e Sito n. 2, lungo la S.P.16 Marsicana 1° tronco, in agro di Albano di Lucania (PZ), sono state effettuate opportune e puntuali indagini d'ordine geotecnico, geomeccanico e geofisico, nello specifico, per ogni Sito, sono stati realizzati uno stendimento di sismica attiva con tecnica di Sismica a Rifrazione (SR) e tecnica MASW, in più, nel Sito n. 1 è stata realizzata una misura di Geoelettrica Tomografica (ERT). Dal punto di vista geotecnico, Sito n. 1, è stato realizzato n. 1 **Sondaggio** a carotaggio continuo, attrezzato ad inclinometro, con prelievo di campioni indisturbati, su cui sono state effettuate prove di laboratorio.. Le indagini sono state eseguite nei punti ritenuti esplicativi della geologia locale e dei dissesti per frana da caratterizzare (vedi planimetrie indagini).

Le indagini eseguite hanno lo scopo di determinare le caratteristiche geotecniche, geomeccaniche, sismo-stratigrafiche delle litologie che costituiscono il sottosuolo dei punti investigati, al fine di ottenere utili informazioni per una corretta realizzazione del modello geologico di sottosuolo.

Le misure sismiche effettuate ed i parametri calcolati con la strumentazione utilizzata in questo lavoro, il "sismografo multicanale **SoilSpy Rosina** e georesistivimetro digitale **Electra 64 canali**, della Micromed", utilizzando tecniche di registrazione passive e attive, possono essere utilizzati nell'ambito della nuova normativa vigente in materia di costruzioni ("Nuove Norme tecniche per le costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018), anche per quanto riguarda le opere di fondazione, sostegno e scavo.

---

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
 VIA DEI MESTIERI, SN  
 75100 MATERA  
 P. IVA 00458540770  
 EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
 PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

## 2 - DESCRIZIONE DELLE PROVE GEOFISICHE IN SITO

Nei siti oggetto di studio, sono state eseguite complessivamente le seguenti indagini di ordine geofisico:

- **N. 2** prospezione di **Sismica a Rifrazione** (uno nel Sito 1 e uno nel Sito 2), per la costruzione sismostratigrafica dei terreni, consistente nel rilevamento dei tempi di arrivo delle onde di compressione utilizzando sismografo ad alta precisione ed a segnale incrementale, con energia di impulso fornita dall'impatto di massa battente e rilievo dei tempi di andata e ritorno con nove registrazioni per ogni stendimento, interpretazione ed elaborazione dei dati con sezioni sismostratigrafiche a scala adeguata. La prospezione, denominata SR, in onde di compressione è stata effettuata con sismografo multicanale digitale SoilSpy Rosina.
- **N. 2** Stendimento sismico **MASW** (uno nel Sito 1 e uno nel Sito 2), per la determinazione della curva di dispersione Multichannel Analysis of Surface Waves, metodologia che consente di ottenere un modello verticale delle Vs, a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh e Love, effettuato in sovrapposizione allo stendimento di sismica a rifrazione;
- **N.1** Stendimento di Prospezioni Geoelettriche Tomografiche ERT (nel Sito 1), eseguita con georesistivimetro multicanale 64 elettrodi, con acquisizione del tipo "Dipolo- Dipolo", "Polo-Dipolo", con visualizzazione dei risultati su pseudo sezioni caratteristiche e relazione illustrativa, rappresentazione di sezioni di resistività reali del sottosuolo tramite programmi di inversione dati 2D;

SISMICHE A RIFRAZIONE – MASW - ERT				
STENDIMENTO SISMICO	N° Canali	Distanza intergeofonica	Lunghezza base stendimento	Tipo Onde Sismiche
<b>SR 1</b>	25	5.0 m	120 m	P
<b>MASW 1</b>	25	5.0 m	120 m	P - S
<b>ERT 1</b>	52	2.5 m	125 m	-
SITO 2				
<b>SR 2</b>	25	5.0 m	120 m	P
<b>MASW 2</b>	25	5.0 m	120 m	P - S

Di seguito vengono riportati i risultati delle indagini condotte

---

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
 VIA DEI MESTIERI, SN  
 75100 MATERA  
 P. IVA 00458540770  
 EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
 PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

## 2.1 - Indagine di Sismiche a Rifrazione - Generalità

Le indagini sismiche a rifrazione si basano sulla misurazione del tempo necessario perché la perturbazione elastica causata nel terreno da una sorgente di energia pervenga a una serie di strumentazioni di ricezione (geofoni) dopo aver percorso uno strato superficiale di terreno (onde dirette) e superfici di separazione fra strati a velocità crescente verso il basso (mediante onde rifratte).

Le apparecchiature di misurazione, di solito in numero di 12 o 24, sono spaziate regolarmente lungo un allineamento; viene registrato il tempo di arrivo delle onde ad ogni geofono, a costituire un diagramma, detto sismogramma. Il sismogramma registra:

- le onde dirette: rappresentano la perturbazione che attraversando solo il primo strato va al geofono dalla sorgente di energia;
- le onde riflesse: vengono riflesse dalle superfici di discontinuità;
- le onde rifratte: date dal raggio che subisce la rifrazione totale e percorre la superficie di discontinuità a velocità pari a quella dello strato più veloce. L'angolo critico di incidenza dipende dal rapporto delle velocità di propagazione delle onde sismiche nei due materiali, secondo la Legge di Snell:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1}{V_2}$$

Si ha l'angolo critico quando  $\sin \alpha = V_1/V_2$ , cioè  $\beta = 90^\circ$ .

Le spezzate diagrammate in un sistema di riferimento tempi/distanze relativamente ai tempi di primo arrivo sono le dromocrone. In ogni dromocrona si hanno punti che possono essere relativi alle onde dirette e alle onde rifratte.

I primi tempi di arrivo sono quelli relativi ai raggi diretti attraverso il primo strato e la pendenza della linea che passa per tali punti è il reciproco della velocità di questo strato.

A partire da una certa distanza dal punto di energizzazione (detta distanza critica) il tempo impiegato per arrivare al geofono dai raggi che percorrono il tetto dello strato sottostante (più veloce) risulta inferiore a quello degli arrivi diretti. I punti relativi a questi arrivi si allineeranno secondo una retta avente la pendenza di  $1/V_2$ , e così via per gli strati inferiori.

Il tempo che corrisponde all'intersezione di ciascun segmento di retta con l'asse dei tempi è detto tempo intercetto. Questo valore, come quello della distanza critica, dipendono direttamente dalla

---

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, SN**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**



velocità dei materiali e dallo spessore degli strati, e possono quindi essere utilizzati per determinare le profondità dei tetti degli strati stessi.

In sostanza, una volta determinate le varie velocità, vi sono infatti due metodi per determinare le profondità dei vari strati sotto i punti di energizzazione: il metodo dell'intercetta e quello della distanza critica.

Una volta note queste entità è poi possibile calcolare la profondità dei vari strati in corrispondenza di ogni geofono; con il metodo ABC (delay times) o con il GRM (Generalized Reciprocal Method).

### 2.1.1 - Possibilità e limiti del metodo sismico a rifrazione

Come è noto, le onde elastiche provocate da una vibrazione si trasmettono nel suolo con velocità differenti per ogni litotipo. Nella prospezione sismica a rifrazione si sfrutta la diversa velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P o "di compressione e dilatazione"), che sono le più veloci fra le diverse onde elastiche, o trasversali (onde S o "di taglio") per determinare spessori e andamenti dei livelli presenti.

La velocità di propagazione delle onde elastiche nel suolo è compresa in un range piuttosto ampio; per lo stesso litotipo di roccia essa diminuisce col grado di alterazione, di fessurazione e/o di fratturazione; aumenta per contro con la profondità e l'età geologica. Sensibili differenze si possono avere, in rocce stratificate, tra le velocità rilevate lungo i piani di strato e quelle rilevate perpendicolarmente a questi. La velocità delle onde compressionali, diversamente da quelle trasversali che non si trasmettono nell'acqua, è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione.

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali, per cui non necessariamente l'interpretazione sismostratigrafica corrisponde con la reale situazione geologico-stratigrafica.

Il metodo sismico a rifrazione è soggetto inoltre alle seguenti limitazioni:

- un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde longitudinali in esso risulterà superiore a quella dei livelli soprastanti (effetto della inversione di velocità);
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;

---

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
VIA DEI MESTIERI, SN  
75100 MATERA  
P. IVA 00458540770  
EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.



- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dello strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");
- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione ma può ovviamente ridursi la precisione della determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità (crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza sino anche ad 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;
- analogamente, incrementi graduali di velocità con la profondità danno origine a dromocrone che consentono più schemi interpretativi.

Per contro i moderni metodi di elaborazione del dato sismico consentono di ricostruire la morfologia sepolta di più rifrattori sovrapposti, variamente accidentati e con velocità variabili lungo il profilo, anche in presenza di morfologia di superficie non piane.

### 2.1.2 - Interpretazione Tomografica

Il metodo tomografico consente di ricostruire la distribuzione geometrica degli elementi che costituiscono la sezione di un oggetto, partendo dall'analisi del comportamento delle radiazioni che lo attraversano.

L'efficacia del metodo dipende in larga misura:

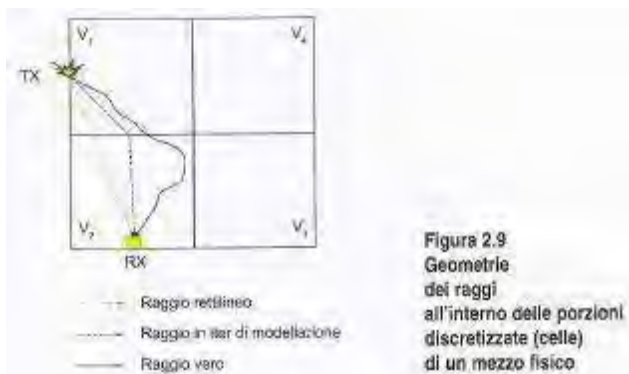
- dalla capacità di penetrazione della radiazione utilizzata;
- dalla sua definizione, ossia da quanto il suo percorso nel mezzo sia assimilabile ad un raggio (rettilineo o curvilineo) inteso come distanza più breve tra il punto sorgente e l'orizzonte fisico.

La tecnica sperimentale si basa sulla collocazione, lungo il perimetro della sezione dell'oggetto da indagare, del maggior numero di punti di trasmissione e ricezione (TX e RX) della radiazione, in modo che possa comprendere l'oggetto nella sua interezza. Ogni radiazione che attraversa l'oggetto da un punto TX ad un punto RX lungo un determinato percorso, viene modificata in maniera univoca dalle caratteristiche fisiche del mezzo attraversato (memoria della radiazione); le informazioni che derivano dall'interpretazione di tali modifiche, poiché sono distribuite lungo tutto il percorso, se considerate da sole, fornirebbero notizie parziali delle proprietà dell'oggetto lungo quel percorso.

---

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
VIA DEI MESTIERI, SN  
75100 MATERA  
P. IVA 00458540770  
EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

L'opportuna combinazione simultanea di tutte le memorie delle radiazioni lungo i differenti percorsi di misura consente di re-distribuire tali informazioni medie focalizzandole in ben precise figure geometriche. La ricostruzione del percorso di un raggio è legata all'assunzione di una rettilinearità all'interno del mezzo fisico (figura 2.9). Ciò scaturisce dal principio di Pierre de Fermat: "ogni qual volta un raggio luminoso si sposta da un punto a un altro segue il percorso per il quale impiega il tempo minimo". In realtà però sono sufficienti modeste variazioni di velocità-per ottenere deflessioni nei raggi. Per ovviare a questo problema sono stati elaborati diversi metodi di calcolo che consentono di ricostruire con precisione il reale percorso dell'onda nel mezzo, analizzando i tempi riferiti a un modello di velocità assegnato aprioristicamente.



La soluzione del problema topo grafico segue il seguente iter:

- si assegnano delle stime ragionevoli ai valori di campo della sezione del mezzo fisico;
- si calcolano, date le posizioni dei punti TX e RX, i tempi teorici corrispondenti all'ipotesi precedente di modello;
- si calcolano i residui tra tempi osservati e tempi calcolati secondo la (2.19):

$$\Delta t = t_u \text{ osservato} - t_{ij} \text{ calcolato}$$

- si costruisce un sistema di equazioni lineari (variabili al primo ordine) che stabilisce il legame tra l'errore  $\Delta t$  commesso nel calcolo del tempo stimato sulla base dell'ipotesi da modello, e la differenza  $\Delta l$  da apportare all'ipotesi di modello (stima ragionevole da modello) per ottenere il modello vero (campo reale);
- si risolve il sistema di equazioni lineari che per il problema tomografico contiene in genere più equazioni che incognite (sistemi sovrabbondanti): le correzioni al modello  $\Delta l$ ;
- si calcola il modello vero  $l_{\text{vero}} = l_{\text{stimato}} + \Delta l$  ( $l$  = modello di velocità).

---

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, 5N**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**

### 2.1.3 - Attrezzatura e metodologia utilizzata

La strumentazione utilizzata è il sismografo a 25 canali SoilSpy Rosina della Micromed® S.P.A. dalle seguenti caratteristiche tecniche: campionamento 89 kHz per canale in modo continuo; conversione a/d 25 bit a 128 Hz; frequenze di output (fs) 256, 512, 1.024, 2.048, 4.096, 8.192, 16.384, 32.768 Hz; durata registrazione continua - nessun limite per fs < 2.048 Hz; dinamica 142 db; banda dc - 360 Hz; visualizzazione continua in tempo reale (per fs < 2.048 Hz).

L'attrezzatura è completata da n° 25 geofoni verticali e n° 25 geofoni orizzontali "Geospace" con frequenza propria di 4,5 Hz, fucile sismico armato con cartucce industriali calibro 8 a carica ridotta o massa battente del peso di 10 Kg su piastra in alluminio.

Per l'interpretazione dei dati è stato utilizzato il software Winsism 11.0 della W\_Geosoft, in grado di convertire i dati acquisiti in formato SU (seismic unix) ed operare direttamente su tali tracce per la definizione dei tempi di primo arrivo ed il successivo tracciamento delle dromocrone.

L'interpretazione dei dati è stata effettuata con il metodo del Delay Time (ABC), che consente di determinare la profondità al di sotto di ogni geofono attraverso l'analisi delle velocità e degli spessori degli strati, individuandone le variazioni laterali nell'elaborazione di un modello interpretativo.

Dal modello ottenuto è stata effettuata l'inversione tomografica utilizzando il software RAYFRACT® della Intelligent Resources Inc., formulato per consentire l'elaborazione di dati ottenuti con prospezioni sismiche eseguite in superficie, sia onde P che S, per scopi geotecnico-ingegneristici, ambientali e per l'esplorazione nel campo delle georisorse.

RAYFRACT® consente sia la ricostruzione della geometria dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale, che la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche, soprattutto nel caso di strutture profonde. Tali tecniche consistono in due metodi, quello di inversione DELTA T-v, mediante il quale si ottengono dei profili 1D "profondità-velocità" dai dati di dromocrone e il metodo di inversione 2D, WET, mediante il quale si ottimizzano i modelli di velocità ottenuti con il metodo DELTA t-V. Inoltre le release più recenti di RAYFRACT® sono supportate dal software SURFER™ 9 mediante il quale è stato eseguito il gridding, l'imaging ed il contouring dei suddetti modelli di velocità.

---

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, SN**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**

## 2.2 – Indagine di Sismica MASW - Generalità

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

### Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

---

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, SN**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**

## Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

## Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

## Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

### 2.3 - Cenni teorici sulla Tomografia di resistività elettrica

La Tomografia di Resistività Elettrica (ERT) è una tecnica geofisica largamente utilizzata per la ricerca di acqua nel sottosuolo, per gli studi stratigrafici e tettonici, per studi geotecnici, per lo studio delle frane e per l'archeologia.

La tecnica ERT si basa sull'immissione di corrente (I) nel terreno tramite una coppia di elettrodi detti "di corrente" e sulla contemporanea misura del potenziale elettrico (V) tramite altri due elettrodi detti di "potenziale". Tramite la relazione:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I}$$

è possibile ricavare la resistività apparente  $\rho_a$ . La posizione del punto nel sottosuolo a cui è associato il valore così ricavato dipende dal dispositivo elettrodico<sup>1</sup> utilizzato e può essere calcolata con buona approssimazione. Le profondità raggiungibili con il metodo dipendono dalla spaziatura elettrodica utilizzata, dal numero di elettrodi disponibili e dallo spazio disponibile in superficie. Variando opportunamente la spaziatura elettrodica si possono raggiungere profondità che vanno dal metro ad 1 Km.

Gli attuali strumenti multi-elettrodo permettono, previa l'infissione di tutti gli elettrodi costituenti il dispositivo<sup>2</sup>, di commutare automaticamente gli elettrodi di corrente e di potenziale secondo le impostazioni fornite ed il dispositivo elettrodico scelto.

Il risultato di una indagine ERT è una sezione del sottosuolo passante per il profilo di misura in termini di resistività elettrica.

La sezione tomografica così ottenuta va interpretata riconducendo i valori di resistività elettrica osservati ai diversi materiali geologici ed antropici. Benché esistano in letteratura apposite tabelle che riportano le resistività teoriche dei materiali, l'interpretazione dei dati è largamente basata sull'esperienza dell'operatore e sulle sue conoscenze geologiche e geofisiche.

La resistività elettrica dei materiali è largamente influenzata dall'acqua. Un materiale secco generalmente mostra alti valori di resistività (>100 Ohm\*m), mentre lo stesso materiale saturo può fornire valori di molto inferiori.

Ne consegue che il metodo può essere utilizzato con successo nella ricerca di acqua e quindi di perdite da condotte e serbatoi.

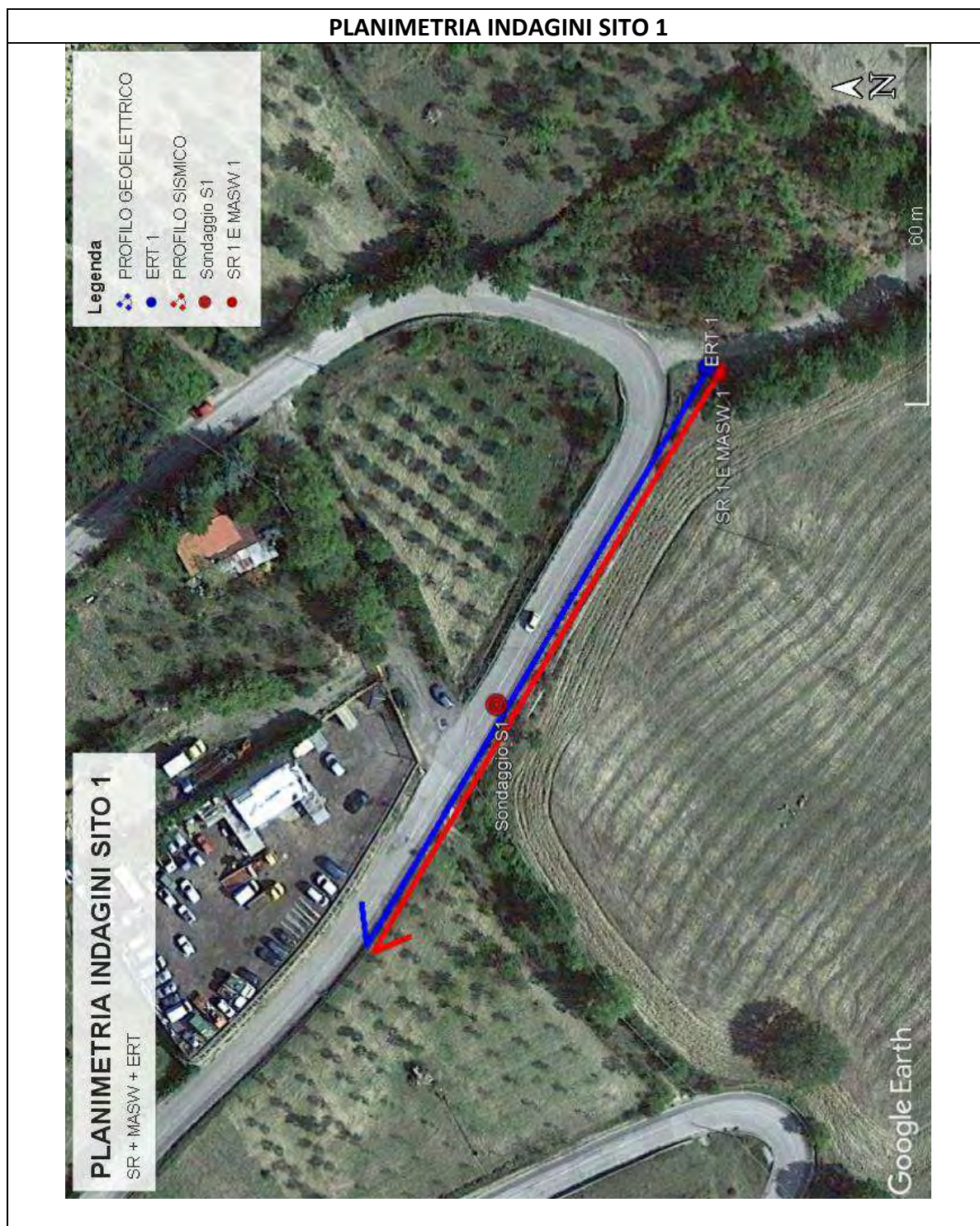
L'applicazione della tomografia di resistività elettrica allo studio delle frane ha permesso di identificare con successo la superficie di distacco principali, le superfici secondarie e gli argini di Versante. Inoltre la tecnica permette di riscontrare la presenza di una maggiore dinamica della circolazione delle acque sotterranee nella zona di accumulo. (Lapenna et al. 2003; Perrone et al., 2004)

---

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, SN**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**

### 3 – RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE

#### 3.1 - Planimetria indagini Report fotografico SITO 1.



**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
 VIA DEI MESTIERI, SN  
 75100 MATERA  
 P. IVA 00458540770  
 EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
 PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.





TESTA STENDIMENTO SR1 – MASW 1 – ERT 1



FINE STENDIMENTO SR1 – MASW 1 – ERT 1



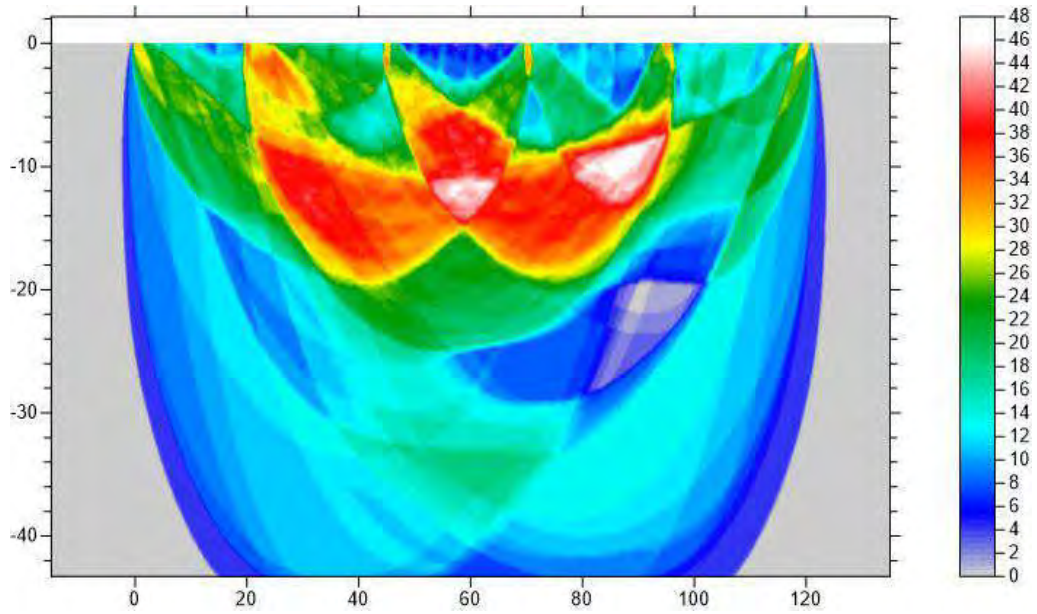
SONDAGGIO S1

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
VIA DEI MESTIERI, SN  
75100 MATERA  
P. IVA 00458540770  
EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

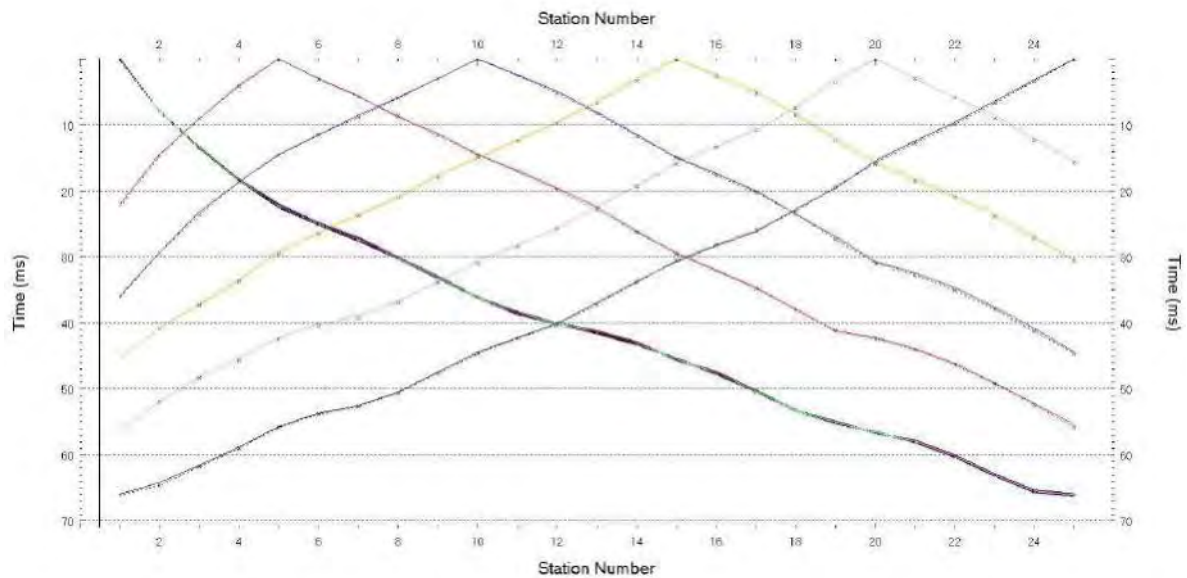
### 3.1.1 - Sismica a Rifrazione SR1

La **Tomografia Sismica SR1, eseguita in onde P** (l. 120 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, ha uno spessore variabile da 7,20 a 10,50 metri, con velocità delle onde P compresa tra 800 e 1800 m/s, relativo a rilevato stradale e primo sottosuolo alterato e rimaneggiato dal movimento per frana, con scadenti caratteristiche geotecniche;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore variabile da 12,00 a 24,00 m, con velocità delle onde di compressione comprese tra 1800 - 2600 m/s e corrisponde ad un orizzonte discretamente consolidato, con buone caratteristiche geotecniche, le quali migliorano progressivamente con la profondità;
- Segue un **terzo sismostrato** a profondità oltre i 25 – 30 m dal p.c., caratterizzato da una velocità  $V_p$  compresa tra 2600 e 4400 m/s, asseribile a depositi del substrato sovraconsolidato con ottime caratteristiche geotecniche.



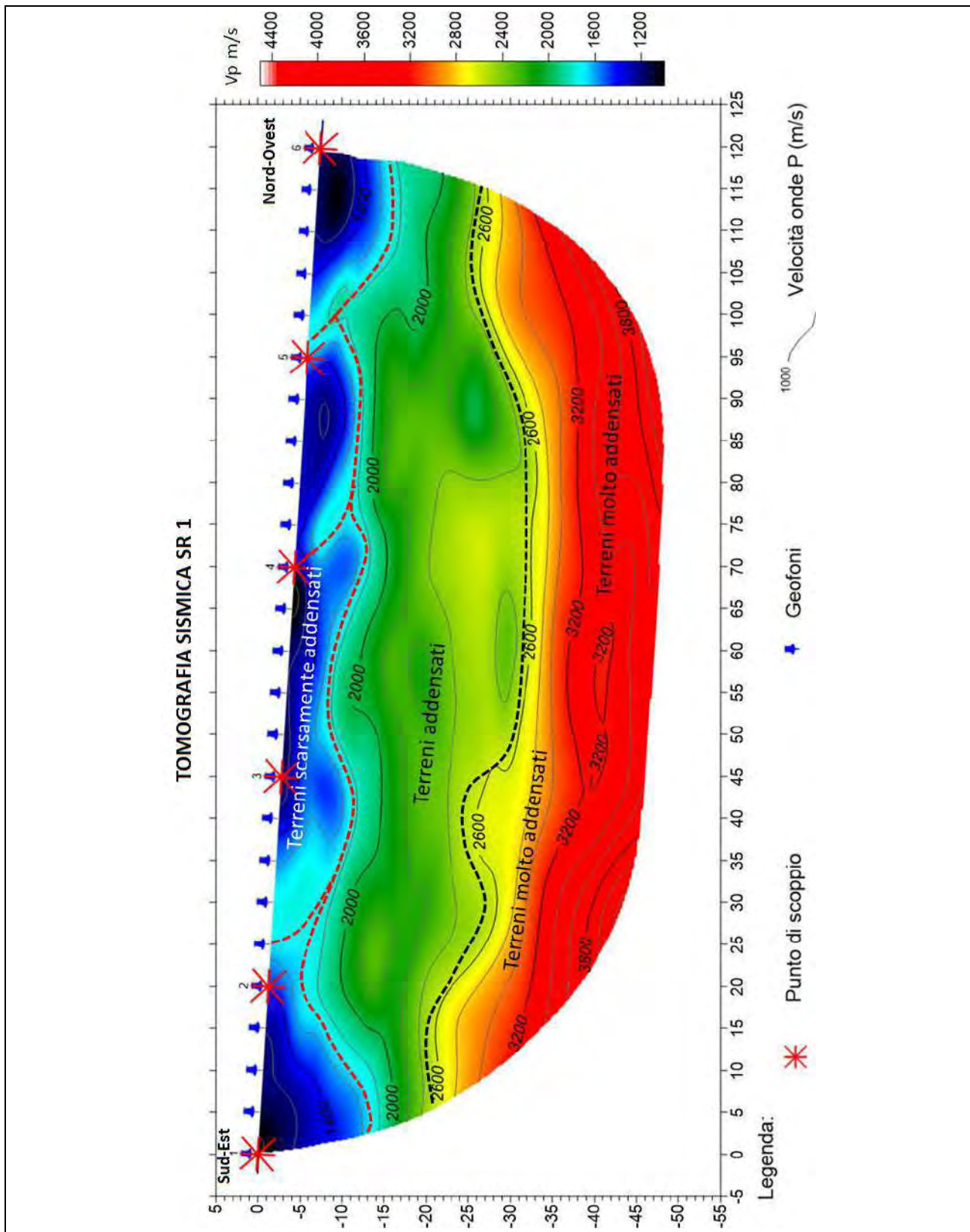
SR 1 – Modello di copertura del percorso d'onda



SR 1 – Dromocrone primi arrivi

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, SN**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**





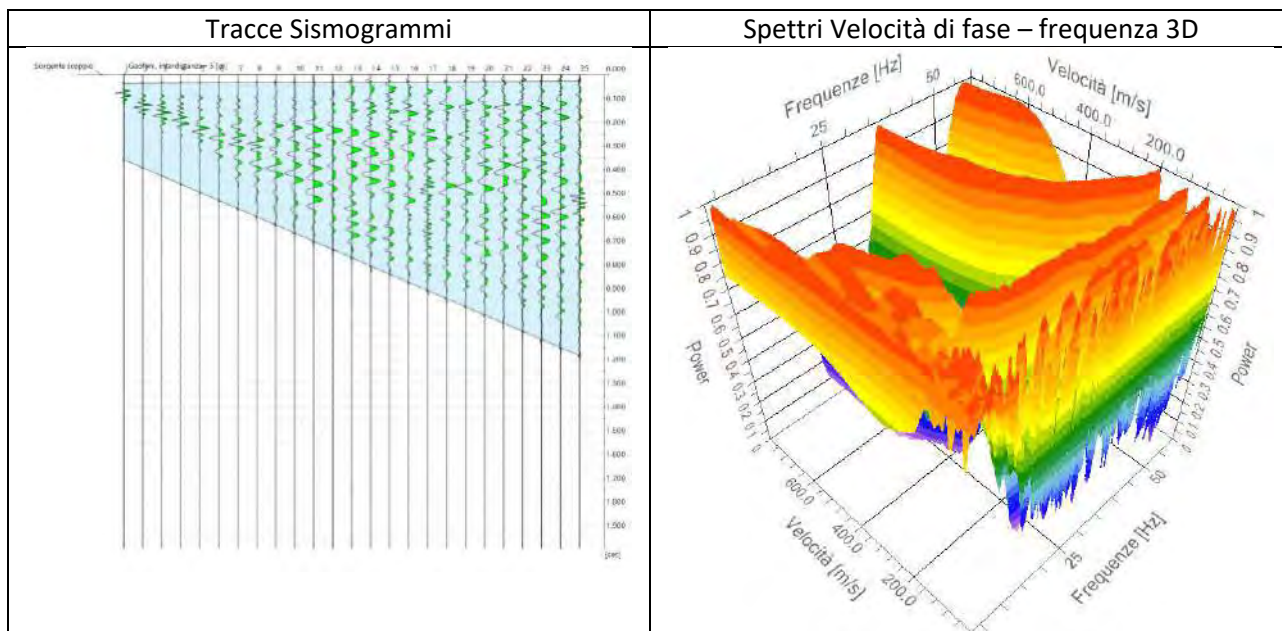
**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
 VIA DEI MESTIERI, SN  
 75100 MATERA  
 P. IVA 00458540770  
 EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
 PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

### 3.1.2 - Sismica MASW 1

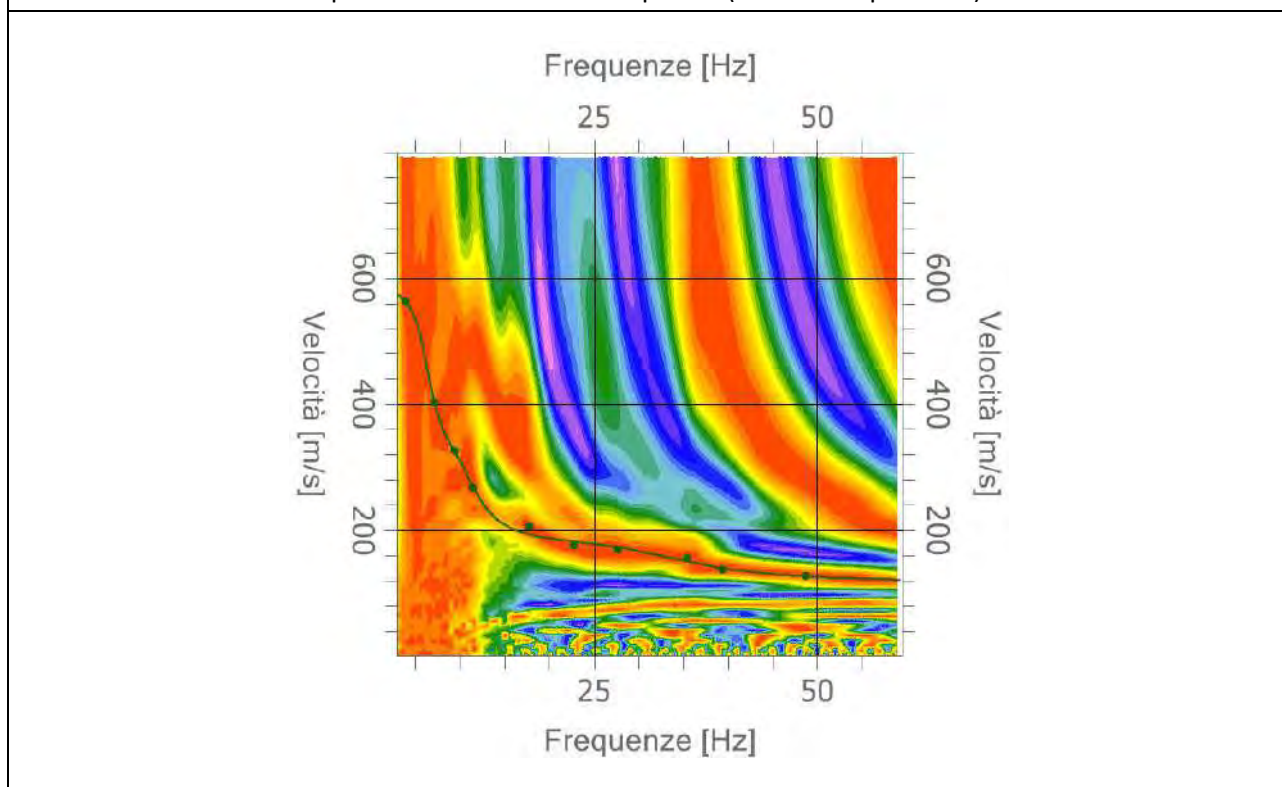
Durata registrazione: 0h00'01".

Freq. campionamento: 1024 Hz

Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 80.0 85.0 90.0 95.0 100.0 105.0 110.0 115.0 120.0 m.

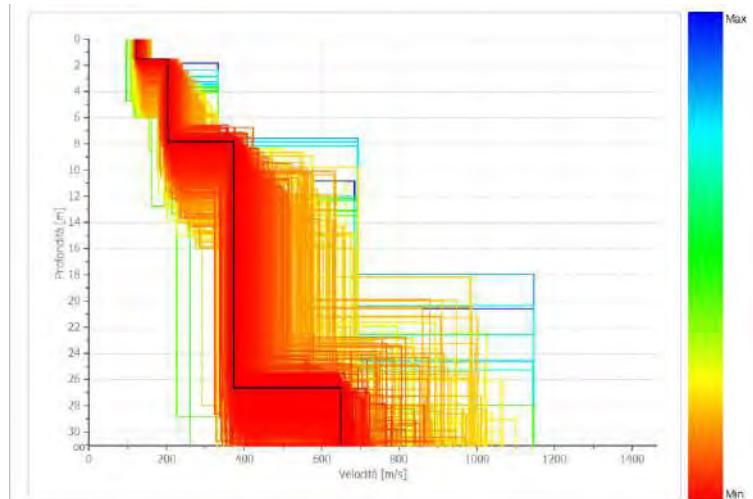


Spettro velocità di fase-frequenza (curva di dispersione)

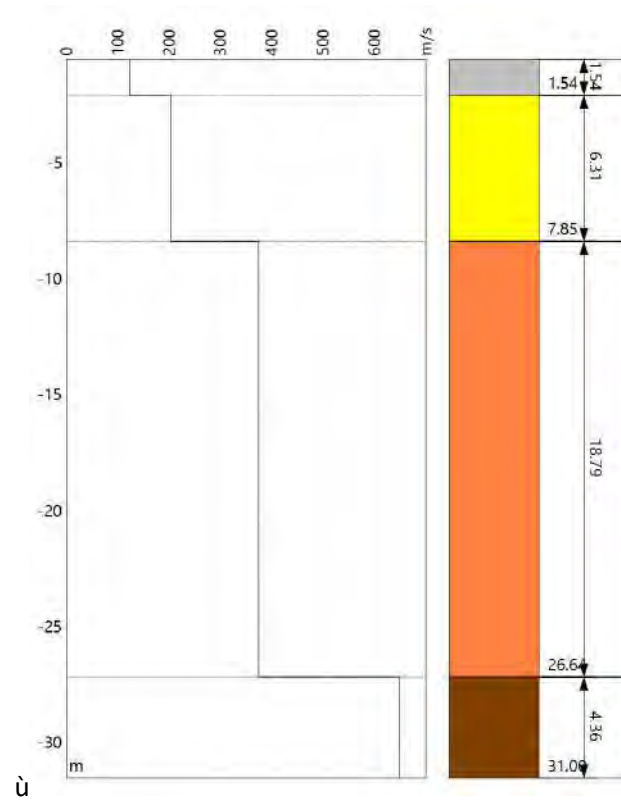


**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, SN**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**

PROFILO DI VELOCITA' Vs



STRATIGRAFIA SISMICA



**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, SN**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**

RISULTATI MASW 1	
Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m)	302
Categoria del suolo	C

#### Altri parametri geotecnici empirici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	1.54	1.54	122	625	1800	0.48	27	703	667	80
2	7.85	6.31	203	1035	1900	0.48	78	2037	1932	231
3	26.64	18.79	374	1572	2000	0.47	280	4947	4573	823
4	oo	oo	648	2724	2100	0.47	882	15593	14416	2594

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young;

In riferimento alla **Sismica a MASW 1**, il sito investigato in questo lavoro è caratterizzato dal punto di vista sismo-stratigrafico, a partire dal piano campagna, dalla presenza dei seguenti sismostrati:

- **primo sismostrato** costituito da rilevato stradale e sottofondo, scarsamente addensato, con spessore medio di circa 1.54 m, Vs di **122 m/s**, con bassa rigidità sismica;
- **secondo sismostrato** costituito da primo sottosuolo alterato e rimaneggiato da movimento franoso, debolmente addensato, con spessore medio di circa 6.31 m e Vs di **203 m/s**, con medio-bassa rigidità sismica;
- **terzo sismostrato** discretamente addensato, con spessore medio di circa 18.79 m e Vs di **374 m/s**, con media rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da Vs superiori a **648 m/s**, alta rigidità sismica e non producono contrasti di impedenza sismica significativi.

FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.  
VIA DEI MESTIERI, SN  
75100 MATERA  
P. IVA 00458540770  
EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.



La classificazione del terreno di fondazione viene effettuata sulla base del valore di  $V_{s,eq}$  valutato dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

$N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

In materia di microzonazione sismica, nel sito oggetto di studio sono stati determinati con le metodologie sopra citate i valori di  $V_{s,eq}$ , partendo dal piano campagna, che risultano avere valori di **302 m/s**, dato che conferma l'appartenenza dei sottosuolo alla categoria **C**.

Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018, e dalle misure effettuate in sito, i terreni di fondazione esaminati si collocano in categoria **"C"** descritta in normativa come: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

### 3.1.3 - Prospezione Geoelettrica ERT 1

Per la caratterizzazione di tutti gli elementi utili alla esatta interpretazione dei requisiti **idrogeologici**, nel Sito n. 1, si è proceduto ad una campagna di indagini che ha consentito, attraverso la correlazione dei diversi dati, di limitare il numero di incertezze e di delineare un modello di sottosuolo affidabile.

La motivazione di questa indagine è quella di verificare le condizioni di saturazione, da parte delle acque meteoriche del sottosuolo, riscontrare l'eventuale presenza di falde acquifere, riscontrare l'eventuale presenza di vuoti da fratturazione e/o da asportazione di materiale operata da eventuali flussi idrici, appurare l'andamento dei deflussi idrici di scorrimento superficiale e di infiltrazione efficace, verificare la presenza di superfici di scivolamento per frana e quindi contribuire, unitamente alle altre indagini di ordine sismico e geotecnico, alla esatta interpretazione di un modello geologico a supporto di una efficace progettazione delle eventuali opere di sostegno e presidio da realizzare.

Pertanto, nel Sito di interesse si è proceduto ad analisi e confronti di inversioni con metodi di geoelettrica tomografica, mediante l'acquisizione di **n.1** misura di resistività elettrica (**ERT**) effettuata con il georesistivimetro Electra Micromed, equipaggiato con 52 canali e spaziatura elettrodoica di 2.5 m, con cui sono state acquisite misure con dispositivi elettrodoici Dipolo – Dipolo, Polo – Dipolo e Polo-Polo.

Lo stendimento è stato effettuato nel settore di maggiore interesse per la committenza e tenendo cura di coprire un areale opportunamente significativo, al fine di ottenere una alta risoluzione di investigazione.

L'interpretazione delle tomografie, che viene fornita di seguito, è basata, sulla profondità e sulla risoluzione dei differenti dispositivi elettrodoici, in particolare, nel dispositivo elettrodoico Dipolo-Dipolo, non si raggiungono grandi profondità, ma consente di avere più definizione e dettaglio degli elettrostrati superficiali (fino a circa 30 – 35 m dal p.c.). Il dispositivo elettrodoico Polo-Dipolo raggiunge profondità maggiori (fino a circa 50 – 55 m dal p.c.), consente di interpretare elettrostrati più profondi, ma con una risoluzione puntuale minore della Dipolo-Dipolo. In fine il dispositivo elettrodoico Polo-Polo, che raggiunge profondità molto elevate (fino a circa 110 – 120 m dal p.c.), in questo caso, la risoluzione puntuale diminuisce ancora, ma risulta più efficace per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo a grande scala.

Pertanto, in allegato vengono forniti i risultati tomografici relativi a tutti i dispositivi elettrodoici acquisiti, che hanno dato utili informazioni per l'interpretazione degli elettrostrati sia superficiali che profondi.

Le piccole disequaglianze tra le sezioni tomografiche sono dovute alle differenze nei percorsi delle linee di corrente nel sottosuolo delle differenti configurazioni elettrodoiche. In particolare, nel dispositivo **Dipolo-Dipolo**, gli elettrodi di energizzazione (**A – B**) e ricezione (**M – N**) sono tutti compresi all'interno dello stendimento. In questo dispositivo elettrodoico (Dipolo-Dipolo), gli elettrodi di energizzazione (**A – B**) rimangono sempre in testa allo stendimento e le linee di corrente

---

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, SN**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**

sono mediamente molto brevi e pertanto l'effetto di bordo è minore, quindi sono più efficaci per la ricerca di sottoservizi, archeologia ecc. Con questo dispositivo, la profondità di investigazione al centro dello stendimento è mediamente  $1/5 - 1/6$  della lunghezza dello stendimento.

Nel dispositivo elettrodico **Polo – Dipolo** l'elettrodo di energizzazione (**B**) è esterno alla linee di elettrodi ricevitori (**M – N**), pertanto la profondità di investigazione è maggiore (circa  $1/4$  dello stendimento).

Nel dispositivo elettrodico **Polo – Polo** gli elettrodi di energizzazione (**A – B**) sono esterni alla linee di elettrodi ricevitori (**M – N**), pertanto la profondità di investigazione è ancora maggiore (circa  $3/4$  dello stendimento).

Tuttavia è possibile delineare molti elementi caratteristici comuni.

Gli schemi di configurazioni elettrodiche quadripolari sono rappresentati nella seguente tabella:

CONFIGURAZIONI ELETTRODICHE QUADRIPOLARI	
Dipolo - Dipolo	A_a_B _____na_____ M_a_N
Polo - Dipolo	B _____A- M <sub>1</sub> -N <sub>1</sub> _____ M <sub>n</sub> -N <sub>n</sub>
Polo - Dipolo	B _____A- M <sub>1</sub> -N <sub>1</sub> _____ M <sub>n</sub> -N <sub>n</sub> _____ GND

Di seguito sono riportati i risultati delle indagini di resistività elettrica.

## 4.2 - RISULTATI dati di resistività elettrica Tomografia ERT 1

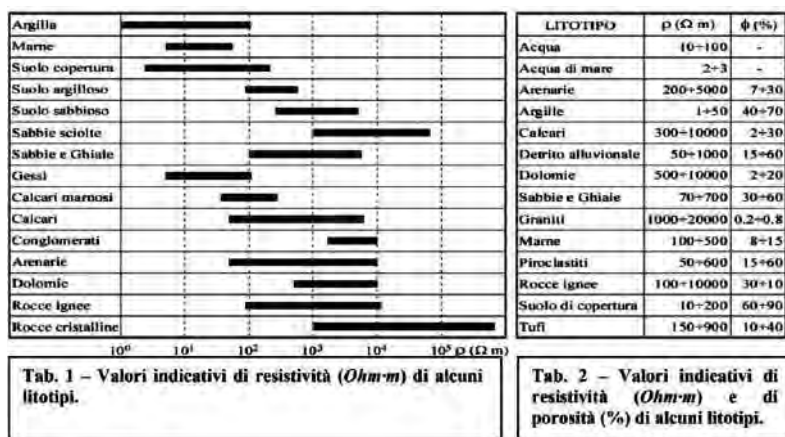
La misura denominata **ERT 1** ha consentito di ottenere una profondità di esplorazione variabile tra circa 35.0 m con dispositivo elettrodico Dipolo-Dipolo e di circa 110.0 m con dispositivo elettrodico Polo-Polo, quindi del tutto adeguata ad individuare i limiti di permeabilità della fascia di sottosuolo interessata dai cedimenti per frana.

Nelle figure seguenti sono riportate le tomografie di resistività elettrica realizzate con tutti i dispositivi elettrodici. La scala di rappresentazione dei valori di resistività è stata uniformata per tutte le rappresentazioni, in modo da avere un migliore termine di paragone tra i differenti dispositivi elettrodici. Nello specifico, le resistività sono comprese tra 1  $\Omega m$  e 400  $\Omega m$  circa. Nella tomografia i terreni incontrati vengono suddivisi in funzione dei valori di resistività elettrica misurata, pertanto, vengono suddivisi in:

- **(C) Conduttivi**, associabile a terreni molto saturi (da 1 a 15  $\Omega m$ );
- **(MC) Medio Resistivi** associabile a terreni da saturi a mediamente saturi (da 15 a 150  $\Omega m$ );
- **(R) Resistivi** associabile a terreni da semi saturi a semi aridi (da 150 a 400  $\Omega m$ ).

Per facilitare l'interpretazione delle tomografie elettriche, di seguito è riportata una tabella comparativa di valori statistici di resistività elettrica di differenti litologie (Tab 1).

Mentre la Tab 2, è utile per sapere come si modifica il valore di resistività elettrica al variare della porosità, infatti la resistività aumenta con l'aumentare della porosità (la corrente non si propaga nel vuoto).



In **Tab 1** vengono riportati valori statistici di alcune litologie, mentre in **Tab.2** i valori di resistività vengono correlati con i valori percentuali di porosità. Dalla risultanza delle indagini condotte è possibile individuare chiaramente quelli che sono gli orizzonti delle superfici che rappresentano limiti di resistività.

Il modello di resistività in tutti i dispositivi elettrodici, mostra, a partire dal piano campagna, i seguenti livelli:

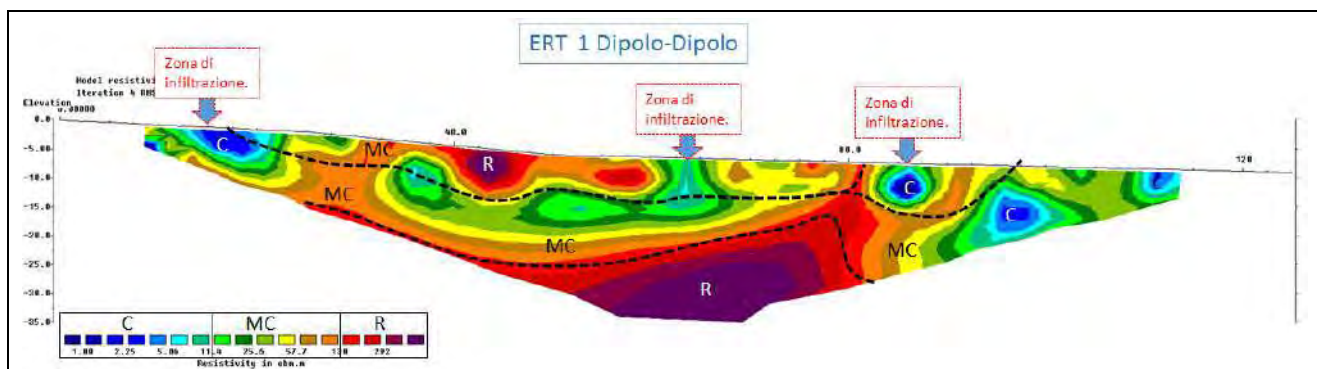
- **primo elettrostrato** disomogeneo ed anisotropo, con caratteristiche di media resistività (MR da 15 a 150 Ohm\*m). Questo livello si estende dal piano campagna (p.c.) sino a profondità variabili da circa 7.00 a circa 10.00 m in cui si rilevano nuclei e lenti resistive (R), riconducibili alla presenza di materiali del rilevato stradale unitamente a zone areate da fratturazione per trazione. In questa fascia la circolazione idrica sotterranea è condizionata dal regime delle piogge e rappresenta la zona di infiltrazione efficace. Lungo lo stendimento si rilevano zone di infiltrazione da p.c., in particolare nella zona interessata dal fenomeno franoso. Questa fascia, in condizioni di scarsa piovosità, è interessata da una limitata circolazione idrica, mentre, in caso di eventi meteorici importanti può essere interessata da importanti flussi idrici con conseguente aumento di fenomeni di infiltrazione. I materiali presenti in questo settore, in seguito a fenomeni di permeazione di acqua, hanno subito localizzati fenomeni di idratazione della componente pelitica, con conseguenziali fenomeni di plasticizzazione che si sono esternati, con fenomeni di movimenti di massa e cedimenti del piano campagna. In questi terreni una volta smaltita la sovrappressione neutra in eccesso (causati da eventi meteorici importanti) continuano a manifestarsi fenomeni di cedimenti molto protratti nel tempo, a causa sia di una deformazione per scorrimenti viscosi fra le particelle, sia per migrazione di acqua pellicolare dai micro ai macropori. Purtroppo tali fenomeni sono destinati a non esaurirsi in quanto il susseguirsi di eventi pivosi e periodi di magra fa sì che i suddetti processi ricomincino dallo stato primordiale. Di conseguenza, il prodotto ultimo è una vistosa e continua deformazione sia verticale che orizzontale del versante. Si consideri che, questi fenomeni franosi sono impostati su una zona di impluvio, quindi le acque di scorrimento superficiale si concentrano nelle zone più depresse del canale ed aumentano l'energia di trasporto proporzionalmente alla quantità di acqua drenata.
- Il **secondo elettrostrato** si individua a profondità oltre i 7.00 – 10.00 m e si estende sino alla profondità di circa 22.00 – 25.00 m. Appare sotto forma di strato piuttosto irregolare con buone caratteristiche di conduttività ( $C = 1 - 15 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ ) ascrivibili a terreni argillosi, con inglobate lenti irregolari mediamente resistive ascrivibili a livelli granulari più porosi. In questa fascia il materiale appare con un alto grado di saturazione, pertanto potrebbe essere interessato da circolazione idrica permanente, con oscillazione della superficie freatica condizionata dalle precipitazioni meteoriche. In diverse zone, lungo il transetto investigato, si individua una zona di alimentazione del p.c. (punto di infiltrazione efficace indicate sulle sezioni) che in caso di eventi meteorici, drena le acque piovane direttamente nel sottosuolo di questo elettrostrato, con conseguente aumento delle pressioni interstiziali, causa del dissesto.
- Segue un **terzo elettrostrato** che si individua bene con il dispositivo elettrodico Polo-Polo ad una profondità che verso fine stendimento supera i 45 – 50 m dal p.c., sino alla massima profondità di investigazione raggiunta ed appare come substrato resistivo, ascrivibile a materiale sovraconsolidato, che funge da limite di tamponamento per soglia sottoposta al livello che lo sovrasta.

Di seguito riportate le tomografie acquisite con tutti i dispositivi elettrodici utilizzati.

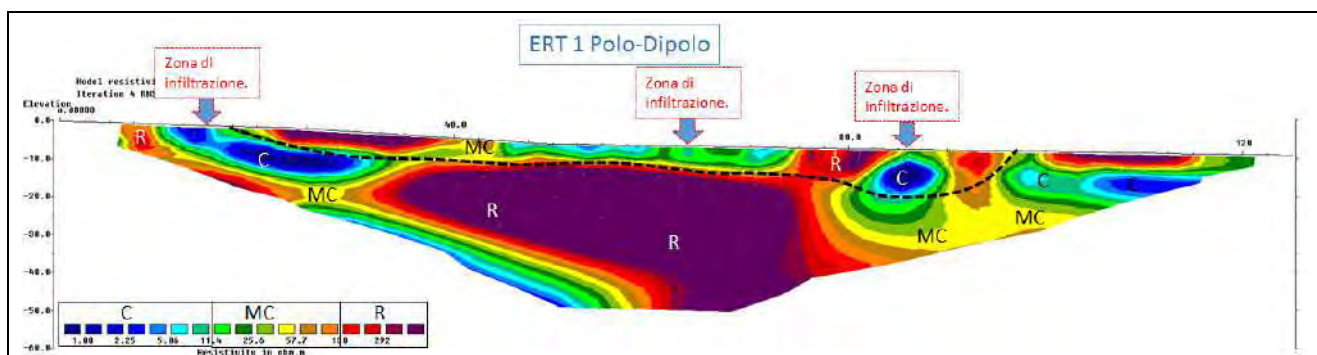
---

FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.  
VIA DEI MESTIERI, 5N  
75100 MATERA  
P. IVA 00458540770  
EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

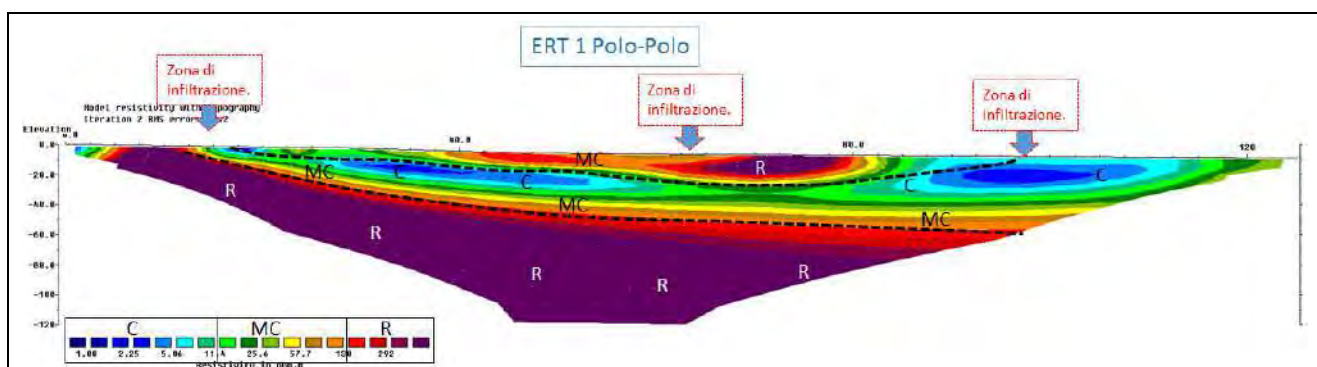




**Fig. 3) - Tomogra ERT 1 con dispositivo elettrodico Dipolo-Dipolo.**



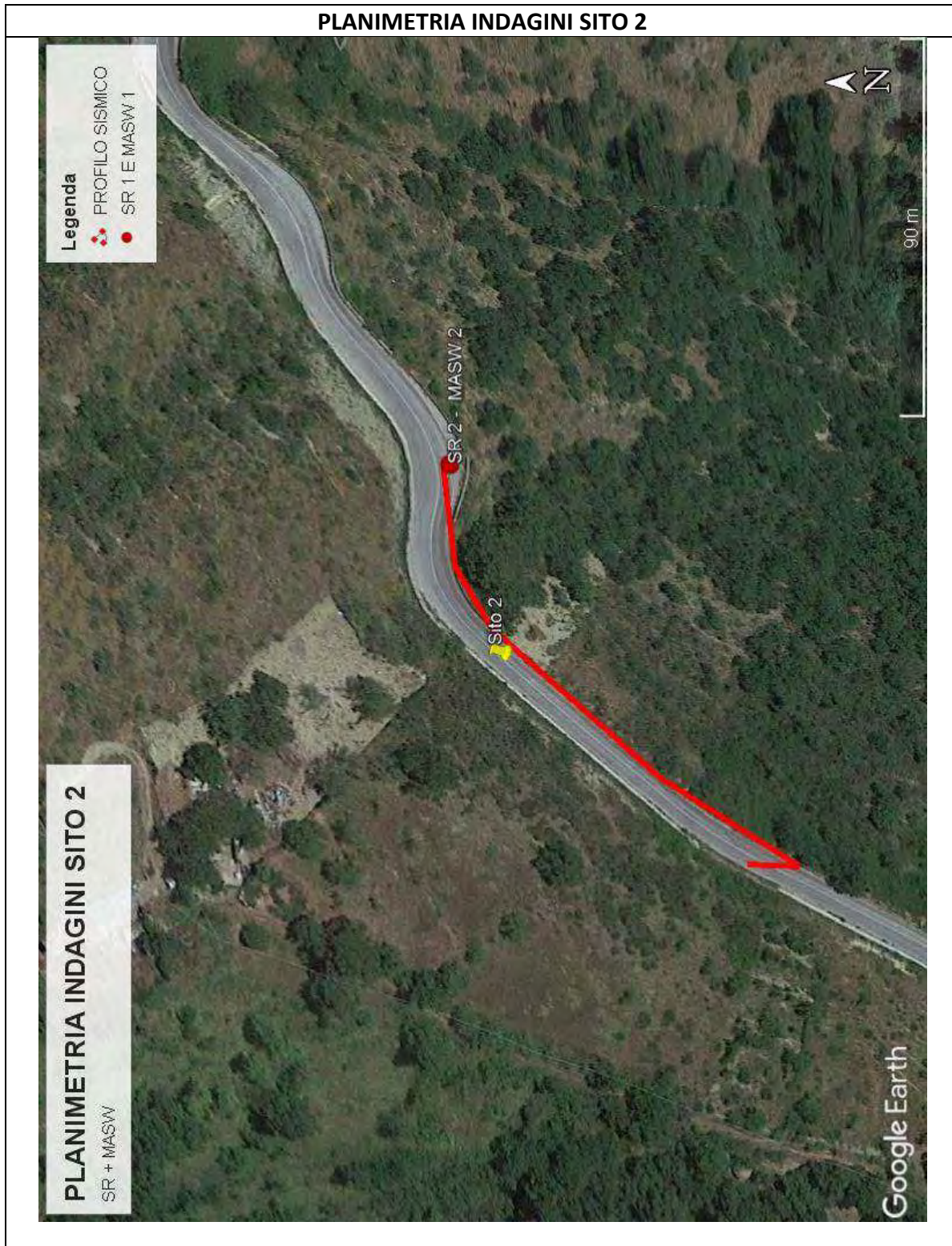
**Fig. 4) - Tomogra ERT 1 con dispositivo elettrodico Polo-Dipolo.**



**Fig. 5) - Tomogra ERT 1 con dispositivo elettrodico Polo-Polo**

FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.  
 VIA DEI MESTIERI, SN  
 75100 MATERA  
 P. IVA 00458540770  
 EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
 PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

3.2 - Planimetria indagini Report fotografico SITO 2



**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
 VIA DEI MESTIERI, SN  
 75100 MATERA  
 P. IVA 00458540770  
 EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
 PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.





TESTA STENDIMENTO SR 2 – MASW 2



Centro stendimento SR2 – MASW 2



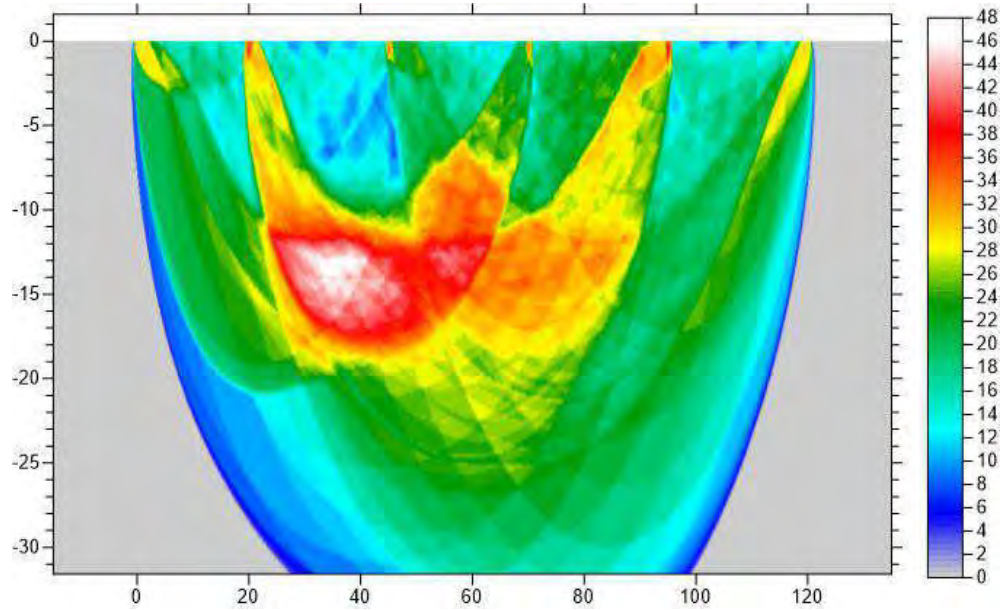
Fine stendimento SR2 – MASW 2

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
VIA DEI MESTIERI, SN  
75100 MATERA  
P. IVA 00458540770  
EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

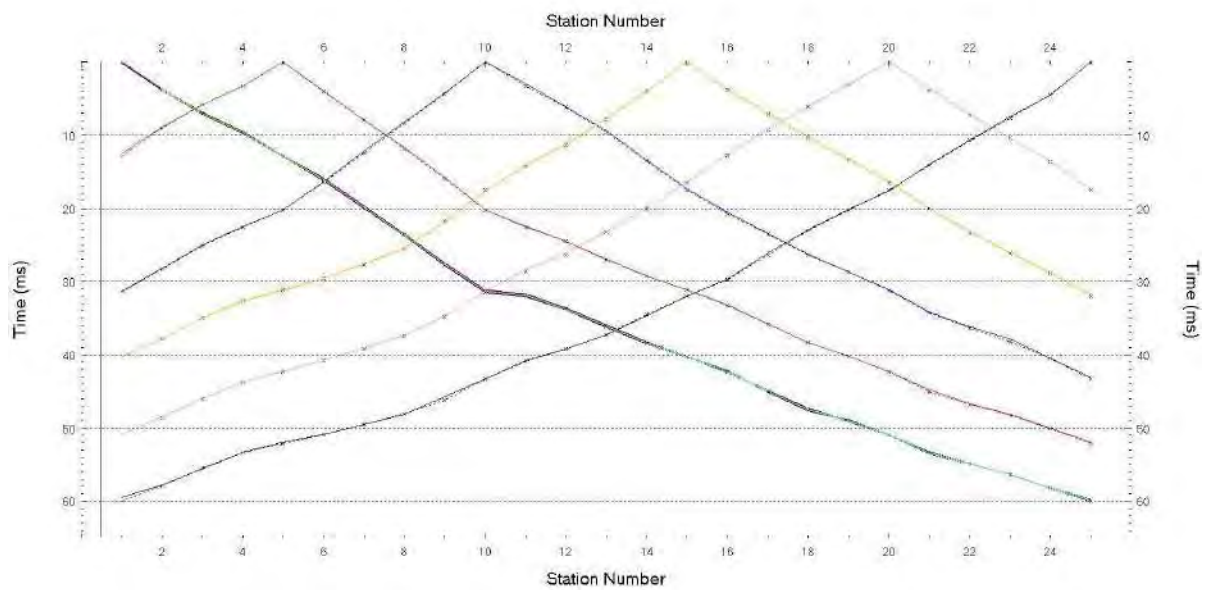
### 3.2.1 - Sismica a Rifrazione SR2

La **Tomografia Sismica SR2, eseguita in onde P** (l. 120 m) evidenzia la presenza di tre unità geosismiche di cui di seguito si procede a darne una interpretazione basata sui valori delle velocità delle onde sismiche misurate, ma la cui lettura deve essere effettuata anche in relazione alla situazione litologica e stratigrafica locale:

- Il **primo sismostrato**, quello più superficiale, disomogeneo e discontinuo, ha uno spessore variabile da 4,00 a 6,00 m. Lungo lo stendimento, le zone indicate con il tratteggio rosso, in cui si nota una depressione delle velocità di propagazione delle onde sismiche a partire dal piano campagna, rappresenta questo sismostrato, caratterizzato da materiale detenzionato da fenomeni di trazione per frana. Le velocità delle onde P compresa tra 800 e 1400 m/s, con medio-basse caratteristiche geotecniche;
- Il **secondo sismostrato** presenta uno spessore variabile da 15,60 a 20,40 m, con velocità delle onde di compressione comprese tra 1400 - 2400 m/s e corrisponde ad un orizzonte substrato a diverso grado di fratturazione, discretamente consolidato, con buone caratteristiche geotecniche, le quali migliorano progressivamente con la profondità;
- Segue un **terzo sismostrato** a profondità mediamente oltre i 20 - 22 m dal p.c., caratterizzato da una velocità  $V_p$  compresa tra 2400 e 3400 m/s, asseribile a depositi del substrato sovraconsolidato con ottime caratteristiche geotecniche.



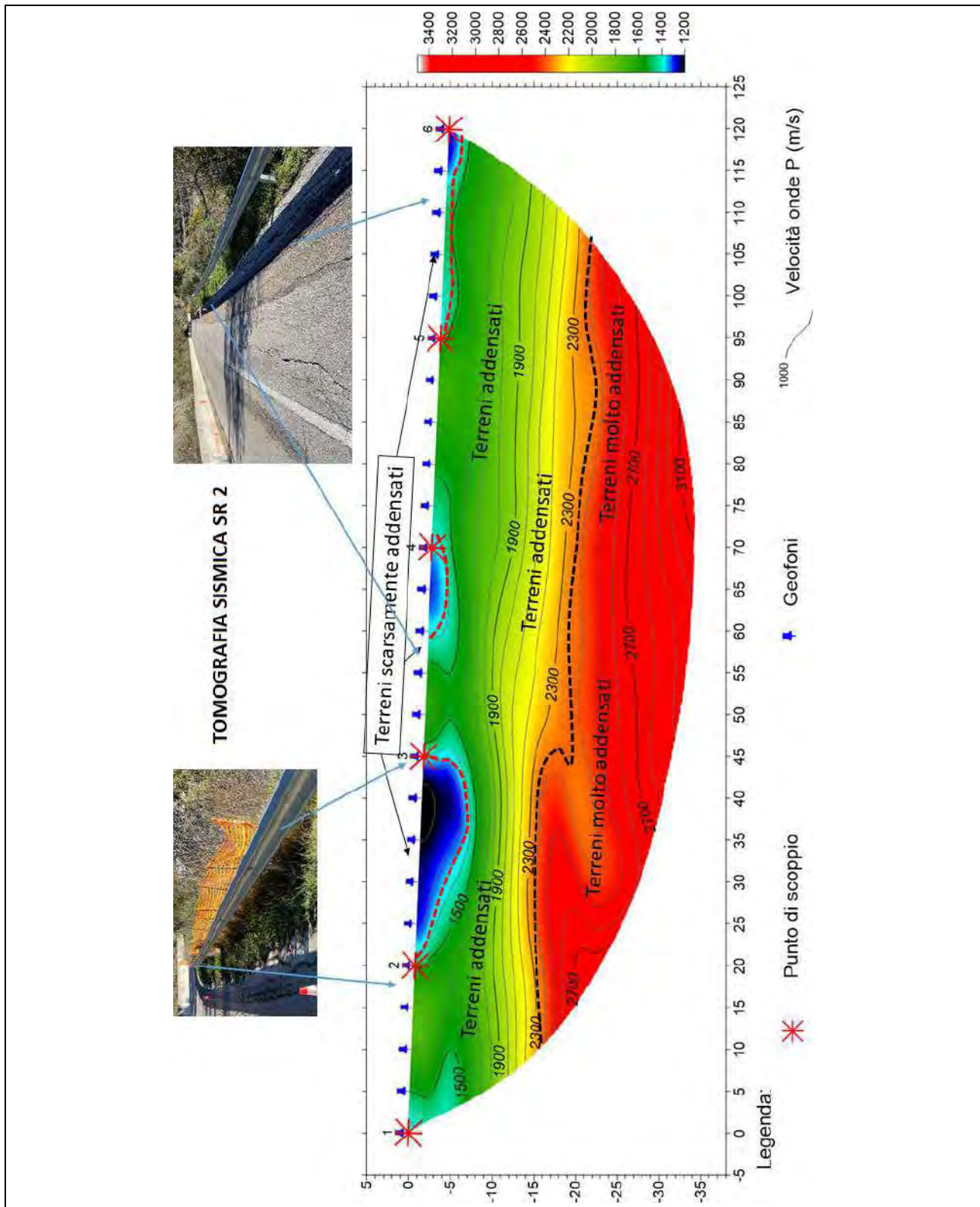
SR 1 – Modello di copertura del percorso d'onda



SR 1 – Dromocrone primi arrivi

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, SN**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**





**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**

VIA DEI MESTIERI, SN

75100 MATERA

P. IVA 00458540770

EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT

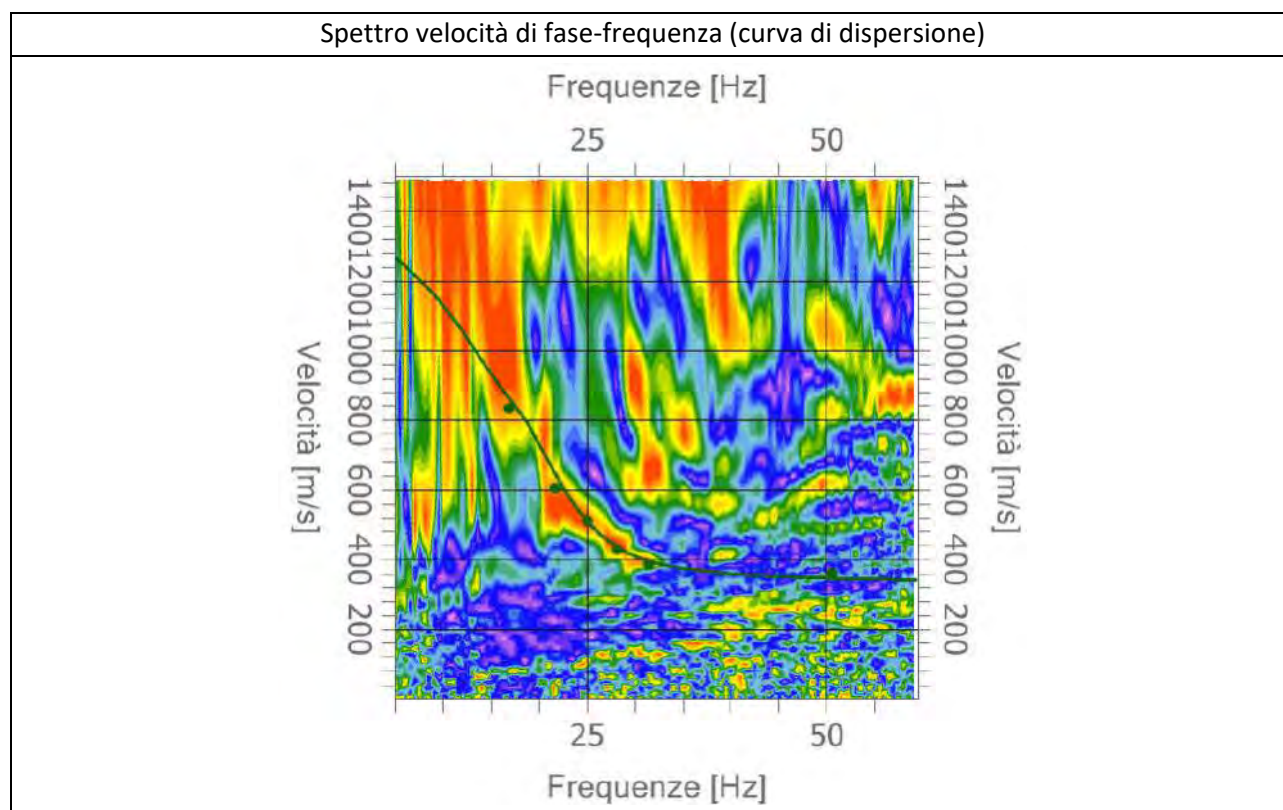
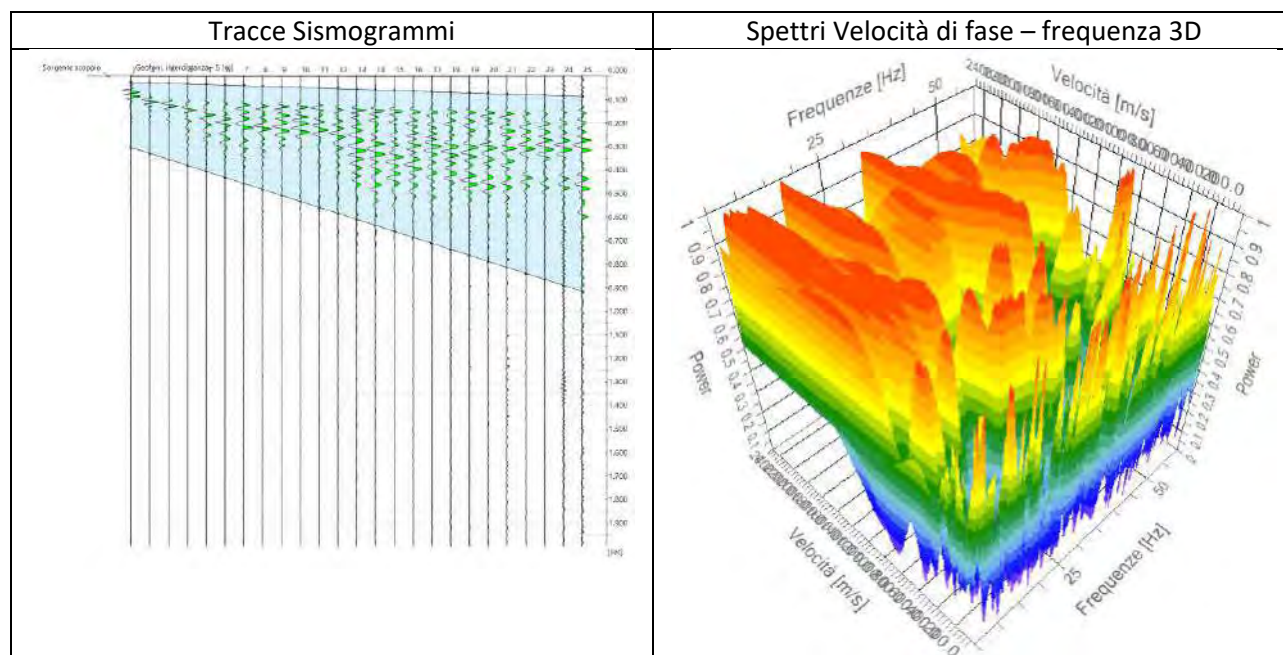
PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.



### 3.2.2 - Sismica MASW 2

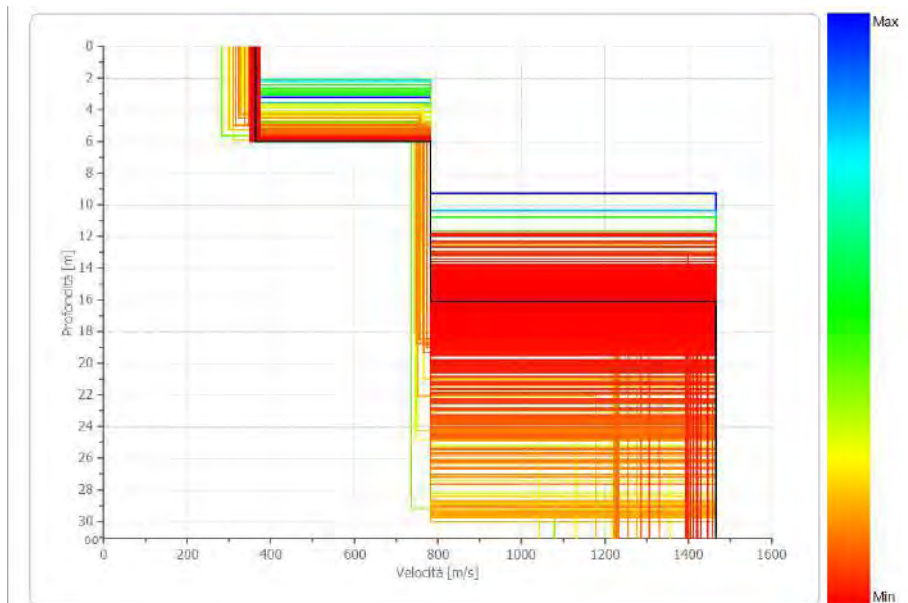
Durata registrazione: 0h00'01". Freq. campionamento: 1024 Hz

Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 80.0 85.0 90.0 95.0 100.0 105.0 110.0 115.0 120.0 m.

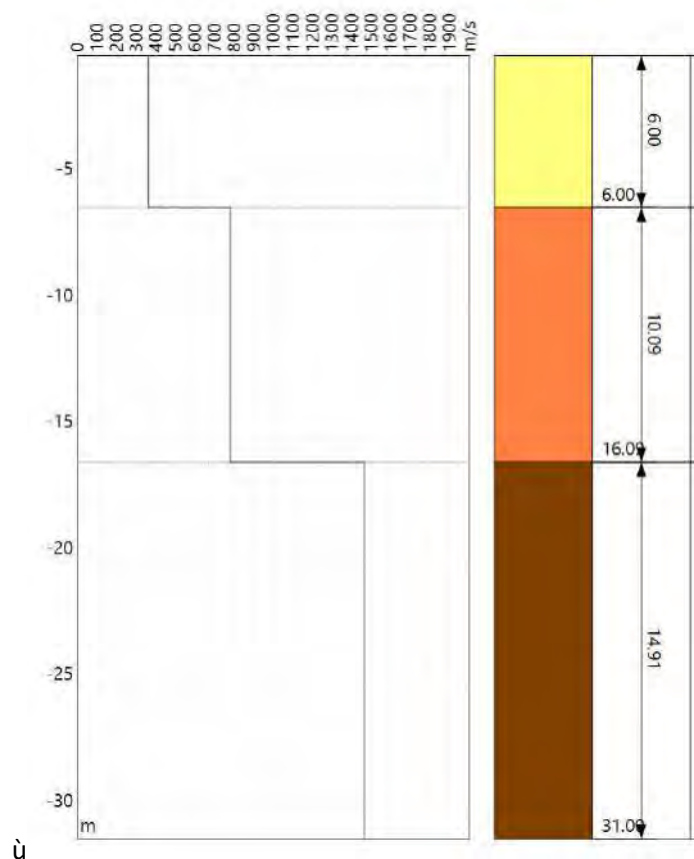


**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, SN**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**

PROFILO DI VELOCITA' Vs



STRATIGRAFIA SISMICA



**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
**VIA DEI MESTIERI, SN**  
**75100 MATERA**  
**P. IVA 00458540770**  
**EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT**  
**PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.**

RISULTATI MASW 1	
Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=16.09 m)	546
Categoria del suolo	B

### Altri parametri geotecnici empirici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]
1	6.00	6.00	362	755	1900	0.35	237	1027	711	640
2	16.09	10.09	782	1552	2000	0.33	1101	4340	2871	2929
3	oo	oo	1465	2740	2100	0.30	3863	13521	8370	10044

G0: Modulo di deformazione al taglio; Ed: Modulo edometrico; M0: Modulo di compressibilità volumetrica; Ey: Modulo di Young;

In riferimento alla **Sismica a MASW 2**, il sito investigato in questo lavoro è caratterizzato dal punto di vista sismo-stratigrafico, a partire dal piano campagna, dalla presenza dei seguenti sismostrati:

- **primo sismostrato** costituito da rilevato stradale, sottofondo e primo sottosuolo alterato, mediamente addensato, con spessore medio di circa 6.00 m, Vs di **362 m/s**, con medio-buona rigidità sismica;
- **secondo sismostrato** costituito da substrato geologico a differente grado di fratturazione, addensato, con spessore medio di circa 10.09 m e Vs di **782 m/s**, con buona rigidità sismica;
- **i sismostrati sottostanti** sono caratterizzati da Vs superiori a **1465 m/s**, alta rigidità sismica e non producono contrasti di impedenza sismica significativi.

La classificazione del terreno di fondazione viene effettuata sulla base del valore di Vs,eq valutato dalla seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.  
VIA DEI MESTIERI, SN  
75100 MATERA  
P. IVA 00458540770  
EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

con:

$h_i$  = spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

In materia di microzonazione sismica, nel sito oggetto di studio sono stati determinati con le metodologie sopra citate i valori di  $V_{S,eq}$ , partendo dal piano campagna, che risultano avere valori di **546 m/s**, dato che conferma l'appartenenza dei sottosuolo alla categoria **B**.



Alla luce delle categorie previste dalle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17 gennaio 2018, e dalle misure effettuate in sito, i terreni di fondazione esaminati si collocano in categoria **"B"** descritta in normativa come: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

---

FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.  
 VIA DEI MESTIERI, SN  
 75100 MATERA  
 P. IVA 00458540770  
 EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
 PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

#### 4 – SONDAGGI MECCANICI A CAROTAGGIO CONTINUO

Nel Sito 1 è stato eseguito n. 1 sondaggio a **carotaggio continuo**, denominati S1, di cui, della profondità di 20.00 m effettuato con trivella a carotiere semplice, marcata **CMV**. Durante la perforazione sono stati prelevati **n. 2 campioni indisturbati**, sottoposti a prove di laboratorio ed effettuate **n. 2 prove SPT in foro**. Le caratteristiche della stratigrafia e i parametri tabellari risultanti dalle prove sono riportati in saguito.

NOME	Profondità	Carotaggio	Prove effettuate	Latitudine	Longitudine
S1	20.00 m	Carotiere semplice	n. 2 campioni indisturbati n. 2 SPT	40.576402°	16.022484°
<b>CASSETTA 1 (0.00 – 5.00 m)</b>  <b>SPT = da 3,50 a 3,95</b> <b>N. colpi = 4 – 8 - 10</b>					
<b>CASSETTA 2 (5.00 – 10.00 m)</b>  <b>Campione C1 da 5.00 a 5.50</b>					

FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.  
VIA DEI MESTIERI, SN  
75100 MATERA  
P. IVA 00458540770  
EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.






<p><b>CASSETTA 3 (10.00 – 15.00 m)</b>  <b>Campione C1 =&gt; 12.00 – 12.50</b></p> <p>SPT da 10,50 a 10,95  <b>N. colpi = 23 – 33 - 50</b></p>	
<p><b>CASSETTA 4 (15.00 – 20.00 m)</b></p>	

FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.  
VIA DEI MESTIERI, SN  
75100 MATERA  
P. IVA 00458540770  
EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.



4.1 – Stratigrafia sondaggio S1 nel Sito 1

Committente Provincia di Potenza VIABILITA' E TRASPORTI		Profondità raggiunta ~20.00 m	Quota Ass. P.C.		Certificato n°		Pagina	
Operatore TOMA FIUMANO s.r.l.		Indagine Sondaggio S.P.16 Marsicana 1° tronco	Nota1		Inizio/Fine Esecuzione 10/11/2021 - 10/11/2021			
Responsabile Geol. Carlo Sarli		Sondaggio S1	Tipo Carotaggio Continuo		Tipo Sonda CMV		Coordinate X/Y	

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Diam. Fori	Metodo Perforazione	Metodo Sfoltimento	Class. Ciclog.	F.dia	Percentuale di carotaggio
-1		Pavimentazione stradale bituminosa e Sottofondo fino a 1.80 m dal p.c.	2.40								
-2		Dreccia e ghiaia fino a 2.40 m dal p.c.									80%
-3		Terreno con forte componente organica e terreno riportato, fino a 4.50 m dal p.c. passante a terreni rimaneggiati e destrutturati di colore marrone e natura di natura limoso argillosa, con sabbie.	4-8-10 -3.50 PC				(CS)				-8.40
-4											
-5											
-6											
-7											
-8											
-9											
-10											
-11											
-12											
-13		Il materiale appare poco addensato e molto plastico.	7-10								
-14											
-15											
-16											
-17											
-18											
-19											
-20											
-21											
-22											
-23											
-24											
-25											
-26											
-27											
-28											
-29											
-30											
-31											
-32											
-33											
-34											
-35											
-36											
-37											
-38											
-39											
-40											
-41											
-42											
-43											
-44											
-45											
-46											
-47											
-48											
-49											
-50											
-51											
-52											
-53											
-54											
-55											
-56											
-57											
-58											
-59											
-60											
-61											
-62											
-63											
-64											
-65											
-66											
-67											
-68											
-69											
-70											
-71											
-72											
-73											
-74											
-75											
-76											
-77											
-78											
-79											
-80											
-81											
-82											
-83											
-84											
-85											
-86											
-87											
-88											
-89											
-90											
-91											
-92											
-93											
-94											
-95											
-96											
-97											
-98											
-99											
-100											

FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.

VIA DEI MESTIERI, SN

75100 MATERA

P. IVA 00458540770

EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT

PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

## CETIFICATI DI LABORATORIO

---

**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L.**  
VIA DEI MESTIERI, SN  
75100 MATERA  
P. IVA 00458540770  
EMAIL: TOMAFI@LIBERO.IT  
PEC: FIUMANOTOMATRIVELLAZIONISRL@PEC.IT.

Prove geotecniche su terre e rocce



Prove per marcatura CE



Indagini geofisiche



Monitoraggio inclinometrico



**Laborgéo s.r.l.**  
**Via Dei Mestieri n° 16 – 75100 MATERA**  
**Tel. 0835.387641 - E-mail: [laborgéo@tin.it](mailto:laborgéo@tin.it)**



UNI EN ISO 9001:2015

Art. 59 DPR 380/2001 – Circ. 7618/STC – C.S.L.P.

Decreto 0000073 del 09.04.2020 Settore "A" e "B"

Prove di laboratorio su Terre, Rocce e Aggregati

**Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16  
Marsicana 1° Tronco – Albano di Lucania (PZ)**

**Committente:**  
**FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI SRL**

**Verbale di accettazione n° 362T/2021 del 12.11.2021**

**Certificati emessi dal n° 6654T/2021 al n° 6669T/2021**



**QUADRO RIASSUNTIVO E INTERPRETATIVO DELLE ANALISI GEOTECNICHE**  
**Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)**

Sond.	Camp.	Profondità m	W %	$V_v$ $\text{KN/m}^3$	$V_d$ $\text{KN/m}^3$	$V_{sat}$ $\text{KN/m}^3$	$V_s$ $\text{KN/m}^3$	e	n %	Sr %	Ghiala %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL %	LP %	IP %	TG CD $\text{c KN/m}^2 - \varphi^\circ$	TG CD residuo $\text{c KN/m}^2 - \varphi^\circ$	EDOMETRICA P (KPa) - Ed (KPa)	CNR-UNI 10006	
1	1	5.00 - 5.40	19.50	19.70	16.50	20.20	26.40	0.600	37.50	87.60	0.90	16.70	55.60	26.80	45.40	28.40	17.00	21.90 - 25.2°	0.00 - 23.4°	50	6250.0	A7-6
																				100	4032.0	
																				200	5038.0	
																				400	7435.0	
																				800	13356.0	
																				1600	23426.0	
																				3200	45198.0	
																				50		
																				100	3704.0	
																				200	4386.0	
																				400	6803.0	
																				800	12195.0	
1	2	12.00 - 12.40	10.50	20.20	18.30	21.30	26.30	0.437	30.40	64.50	4.70	37.00	47.90	10.40	34.90	23.20	11.70	21.90 - 23.6°	0.00 - 20.1°	1600	23810.0	A6
																				3200	47976.0	

Legenda:

W= Unidrità naturale -  $v_v$ = Peso di volume naturale -  $v_d$ = Peso di volume secco -  $v_s$ = Peso specifico - e= Indice dei vuoti - n= Porosità - Sr= Grado di saturazione -  $v_{sat}$ = peso di volume saturo - L.L.= Limite liquido  
L.P.= Limite plastico - L.R.= Limite di ritiro - IP= Indice plastico - cu= Coesione non drenata -  $\varphi^\circ$ = Angolo di attrito interno P= Pressione sul provino - Ed= Modulo edometrico - k= coefficiente di permeabilità

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.

RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	19,5	%
Peso di volume	19,7	kN/m³
Peso di volume secco	16,5	kN/m³
Peso di volume saturo	20,2	kN/m³
Peso specifico	26,4	kN/m³
Indice dei vuoti	0,600	
Porosità	37,5	%
Grado di saturazione	87,6	%
Limite di liquidità	45,4	%
Limite di plasticità	28,4	%
Indice di plasticità	17,0	%
Indice di consistenza	1,52	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A7-6	I.G. = 12

### ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	0,9	%
Sabbia	16,7	%
Limo	55,6	%
Argilla	26,8	%
D 10		mm
D 50	0,016800	mm
D 60	0,025067	mm
D 90	0,339832	mm
Passante set. 10	96,3	%
Passante set. 42	90,8	%
Passante set. 200	82,4	%

### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa
$C_u$	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa
$C_u Rim$	kPa

### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$C'$	21,9	kPa	
$\phi'$	25,2	°	
$C'_{Res}$		kPa	
$\phi'_{Res}$	23,4	°	

### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

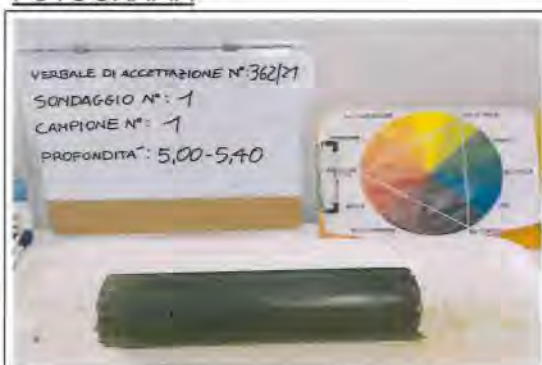
### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm²/sec	k cm/sec
25,0 ÷ 50,0	6250	0,001089	1,71E-08
50,0 ÷ 100,0	4032	0,000657	1,60E-08
100,0 ÷ 200,0	5038	0,000391	7,61E-09
200,0 ÷ 400,0	7435	0,000207	2,73E-09
400,0 ÷ 800,0	13356	0,000175	1,29E-09
800,0 ÷ 1600,0	23426	0,000134	5,62E-10
1600,0 ÷ 3200,0	45198	0,000122	2,64E-10

### FOTOGRAFIA



### OSSERVAZIONI

Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove					cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD	ED						
					0				Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro
					10				
					20				
					30				
					40			40	



COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.

RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

## CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.

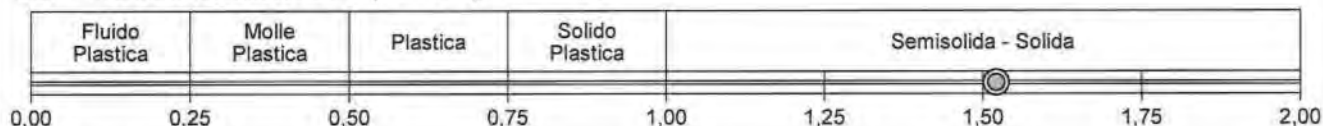
Limo con argilla sabbioso

## CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

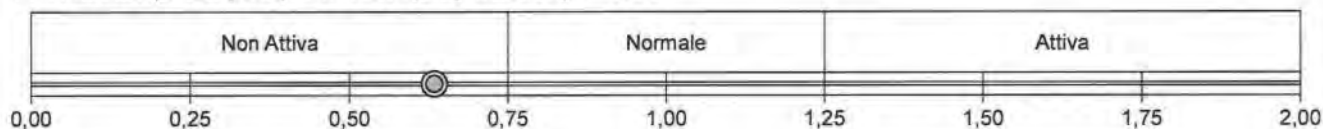
Abaco di plasticità di Casagrande

MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità

I.C. = Indice di consistenza =  $(LL - W_n) / IP = 1,52$



A = Attività (Skempton) =  $IP / CF$  (clay fraction) = 0,63



## CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa

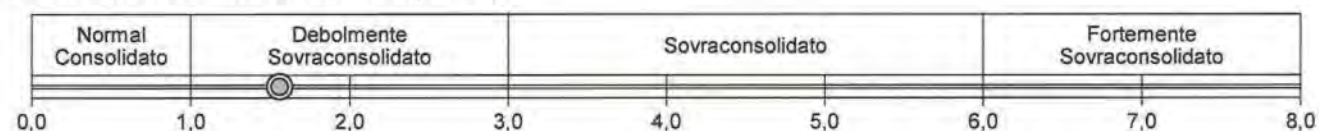


## CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 94,9kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 148,0kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 1,56



Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro



CERTIFICATO DI PROVA N°: 06654	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 01/12/21	Inizio analisi: 16/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21		Apertura campione: 12.11.21	Fine analisi: 17/11/21

COMMITTENTE:	FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.			
RIFERIMENTO:	Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)			
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 5,00 - 5,40

## CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 19,5 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo  
☐ Stratificato  
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro



SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore  
Dr. Geol. Daniele Santospirito

Dr. Geol. Angelo Capodilupo

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06655	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 01/12/21	Inizio analisi: 16/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21		Apertura campione: 12.11.21	Fine analisi: 16/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

### PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

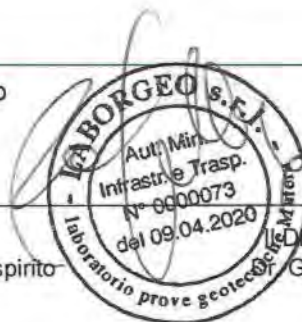
Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 19,7 kN/m³**

Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore  
Dr. Geol. Daniele Santospirito



Il Direttore del Laboratorio  
Geol. Angelo Capodilupo

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06656</b>	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 24/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 25/11/21

<b>COMMITTENTE:</b> FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.
<b>RIFERIMENTO:</b> Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)
<b>SONDAGGIO:</b> 1 <b>CAMPIONE:</b> 1 <b>PROFONDITA':</b> m 5.00 - 5.40

## PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,4 kN/m³

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,4 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 20,0 °C

Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro



SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore  
Dr. Geol. Daniele Santospirito

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Angelo Capodilupo



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06657</b>	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 29/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 30/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

## LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

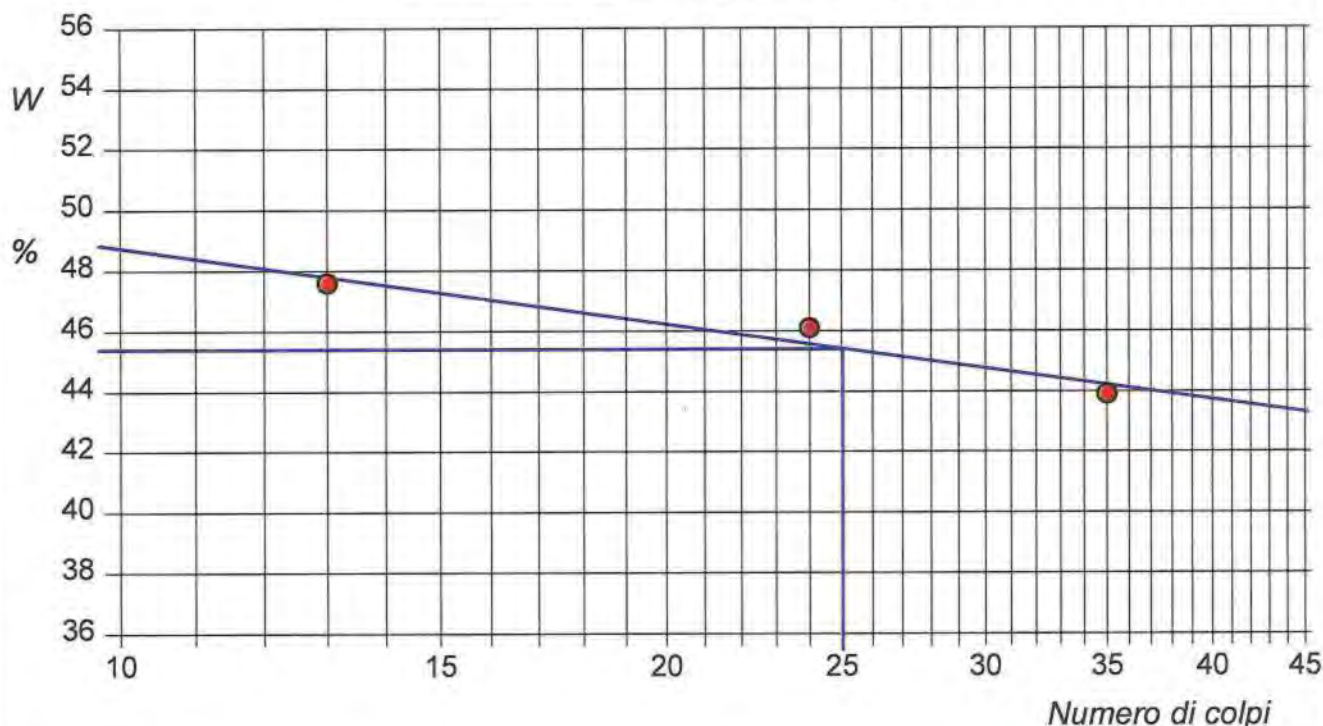
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	45,4 %
Limite di plasticità	28,4 %
Indice di plasticità	17,0 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	13	24	35		Umidità (%)	28,2	28,5
Umidità (%)	47,6	46,1	43,9		Umidità media	28,4	

### Determinazione del Limite di liquidità



Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro

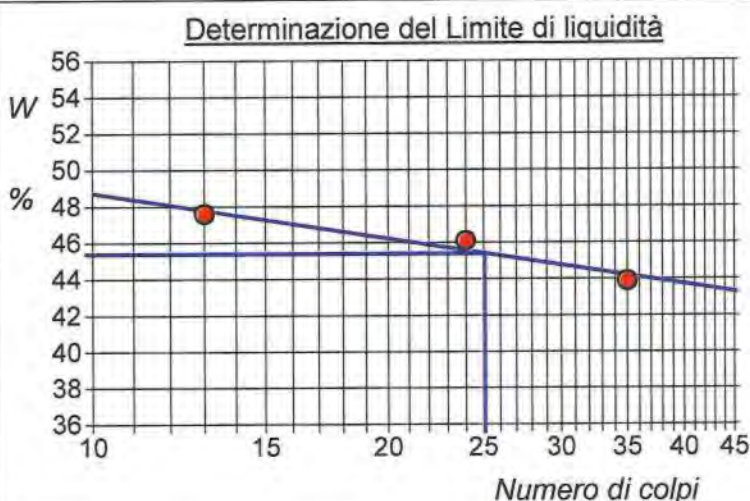
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06657</b>	Allegato 1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 29/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 30/11/21
<b>COMMITTENTE:</b> FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.			
<b>RIFERIMENTO:</b> Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)			
<b>SONDAGGIO:</b> 1	<b>CAMPIONE:</b> 1	<b>PROFONDITA':</b> m 5.00 - 5.40	

## ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

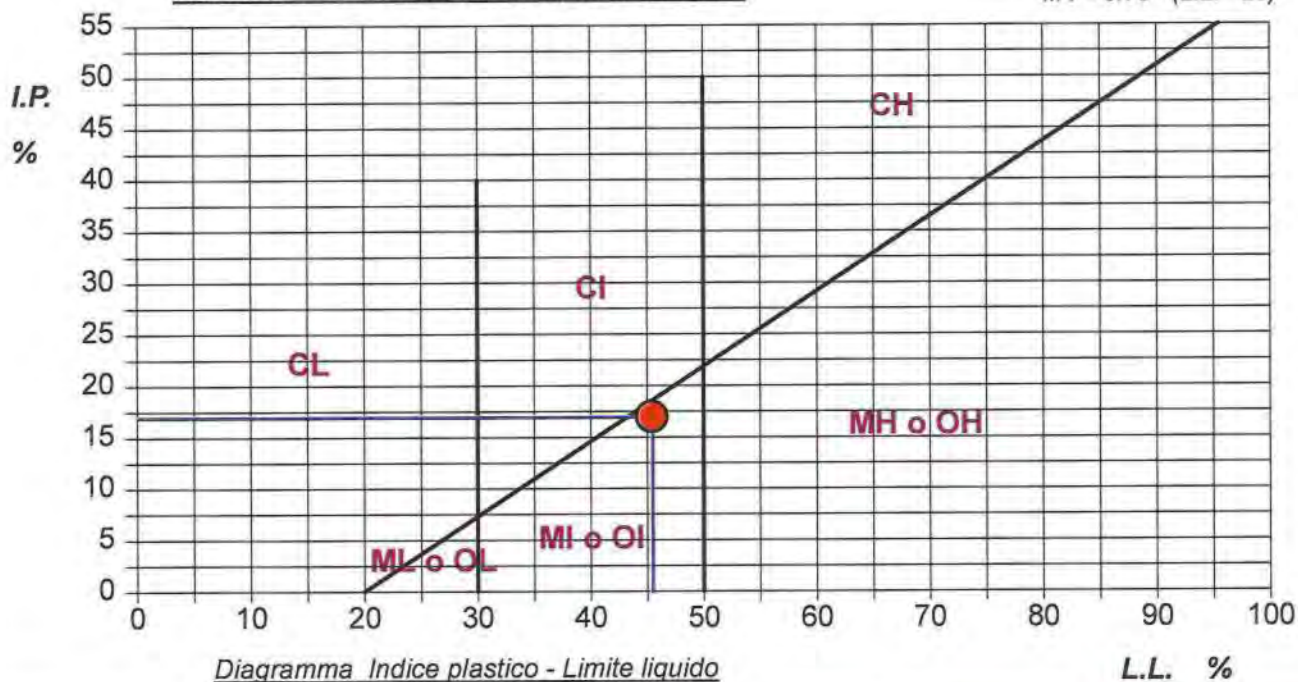
Limite di liquidità	45,4	%
Limite di plasticità	28,4	%
Indice di plasticità	17,0	%
Indice di consistenza	1,52	
Passante al set. n° 40	SI	

C - Argille inorganiche	L - Bassa compressibilità
<u>M - Limi inorganici</u>	<u>I - Media compressibilità</u>
<u>O - Argille e limi organici</u>	H - Alta compressibilità



## ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$



Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro



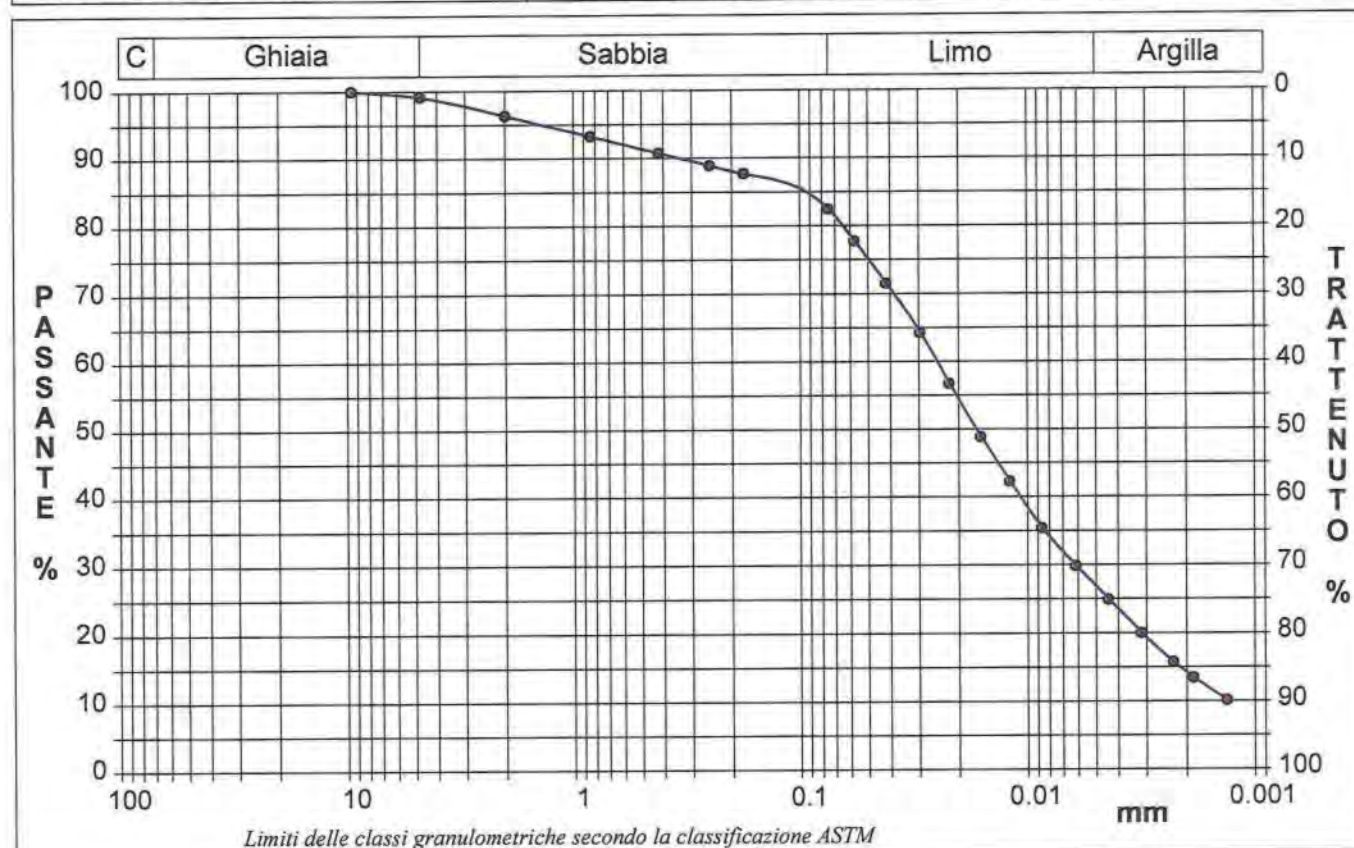
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06658</b>	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 29/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 30/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	0,9 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	96,3 %	D10	— mm
Sabbia	16,7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	90,8 %	D30	0,00620 mm
Limo	55,6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	82,4 %	D50	0,01680 mm
Argilla	26,8 %			D60	0,02507 mm
Coefficiente di uniformità		Coefficiente di curvatura		D90	0,33983 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5000	100,00	0,2500	88,90	0,0296	64,28	0,0061	29,85	0,0013	10,17
4,7500	99,13	0,1770	87,71	0,0221	56,74	0,0044	24,93		
2,0000	96,33	0,0750	82,42	0,0160	48,87	0,0032	20,01		
0,8410	93,28	0,0576	77,73	0,0120	42,31	0,0023	15,74		
0,4200	90,76	0,0418	71,50	0,0087	35,42	0,0019	13,45		

Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06658</b>	<b>Allegato 1</b>	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 29/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 30/11/21

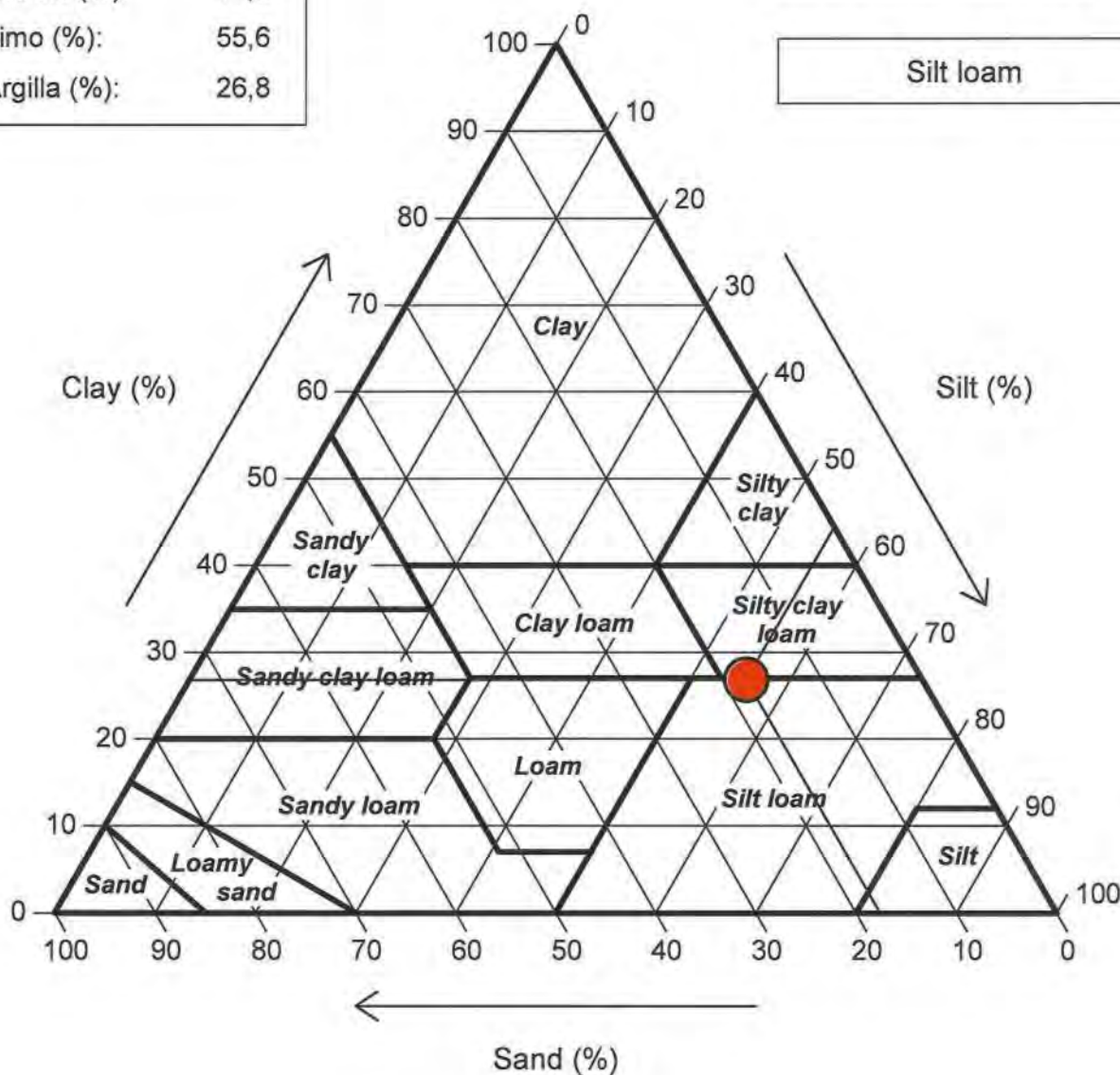
COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

## ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Sabbia (%): 17,6  
Limo (%): 55,6  
Argilla (%): 26,8

### Diagramma U.S.D.A.



Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06658</b>	Allegato 1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 29/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 30/11/21

<b>COMMITTENTE:</b> FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.
<b>RIFERIMENTO:</b> Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)
<b>SONDAGGIO:</b> 1 <b>CAMPIONE:</b> 1 <b>PROFONDITA': m</b> 5.00 - 5.40

## CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

### ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	96,3	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	90,8	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	82,4	%

### LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	45,4	%
Limite di plasticità	28,4	%
Indice di plasticità	17,0	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A7-6**

**INDICE DI GRUPPO: 12**

Tipi usuali dei materiali principali:

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche

Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro

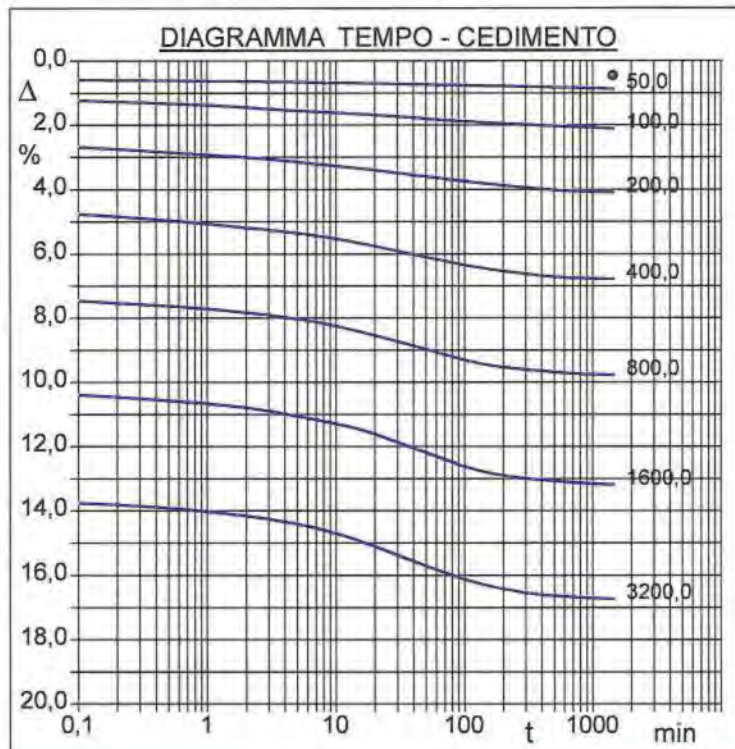
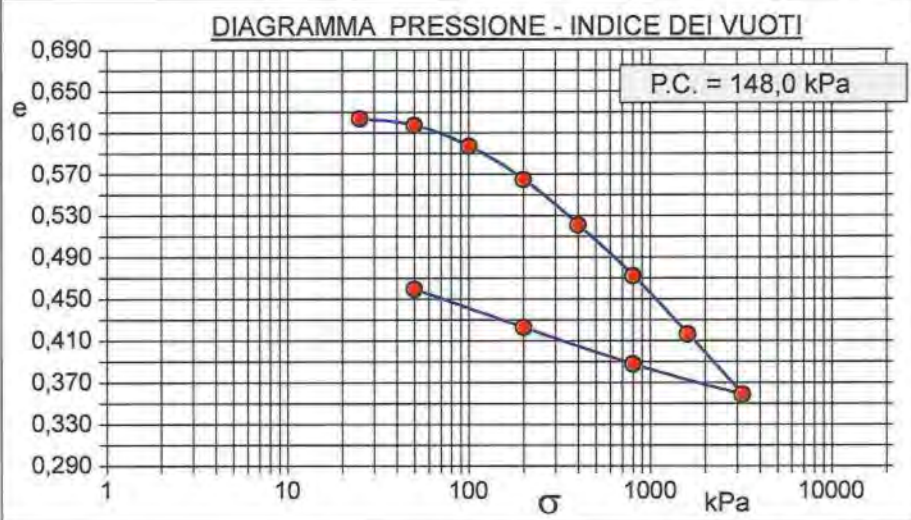
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06659</b>	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 19/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 30/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

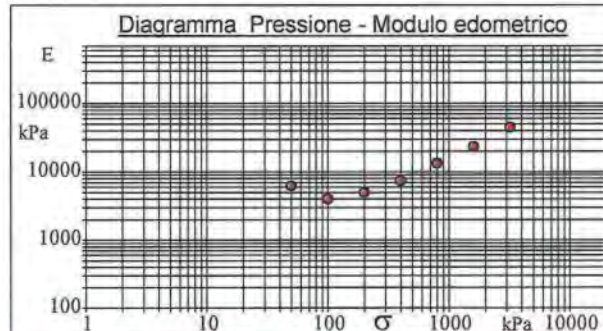
## PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

Caratteristiche del campione	
Peso di volume (kN/m³)	19,35
Umidità (%)	19,7
Peso specifico (kN/m³)	26,38
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	7,14
Sezione provino (cm²)	40,04
Volume provino (cm³)	80,08
Volume dei vuoti (cm³)	30,99
Indice dei vuoti	0,63
Porosità (%)	38,70
Saturazione (%)	83,8



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
25,0	9,0	0,624				
50,0	17,0	0,617	0,022	6250	0,001089	1,71E-08
100,0	41,8	0,597	0,067	4032	0,000657	1,60E-08
200,0	81,5	0,565	0,108	5038	0,000391	7,61E-09
400,0	135,3	0,521	0,146	7435	0,000207	2,73E-09
800,0	195,2	0,472	0,162	13356	0,000175	1,29E-09
1600,0	263,5	0,416	0,185	23426	0,000134	5,62E-10
3200,0	334,3	0,359	0,192	45198	0,000122	2,64E-10
800,0	298,7	0,388				
200,0	255,6	0,423				
50,0	210,5	0,460				



Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06659</b>	Pagina 2/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 19/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 30/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

## PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

### LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 50,0 kPa		Pressione 100,0 kPa		Pressione 200,0 kPa		Pressione 400,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	9,0	0,00	17,0	0,00	41,8	0,00	81,5
0,10	11,3	0,10	24,3	0,10	53,3	0,10	95,0
0,25	11,5	0,25	25,4	0,25	55,1	0,25	97,1
0,50	11,8	0,50	26,2	0,50	56,7	0,50	98,9
1,00	12,0	1,00	27,3	1,00	58,2	1,00	101,0
2,00	12,3	2,00	28,7	2,00	59,8	2,00	103,5
4,00	12,6	4,00	30,3	4,00	61,9	4,00	105,9
8,00	13,0	8,00	31,6	8,00	64,3	8,00	109,2
15,00	13,4	15,00	32,8	15,00	66,6	15,00	113,0
30,00	13,9	30,00	34,3	30,00	69,5	30,00	118,0
60,00	14,4	60,00	36,2	60,00	72,4	60,00	123,1
120,00	14,9	120,00	37,7	120,00	75,3	120,00	127,9
240,00	15,4	240,00	39,0	240,00	77,8	240,00	131,3
480,00	16,0	480,00	40,2	480,00	79,8	480,00	133,9
720,00	16,3	720,00	40,7	720,00	80,6	720,00	134,7
1440,00	17,0	1440,00	41,8	1440,00	81,5	1440,00	135,3

Pressione 800,0 kPa		Pressione 1600,0 kPa		Pressione 3200,0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	135,3	0,00	195,2	0,00	263,5		
0,10	149,0	0,10	207,7	0,10	275,0		
0,25	150,9	0,25	209,6	0,25	276,6		
0,50	152,3	0,50	211,3	0,50	278,3		
1,00	154,1	1,00	213,2	1,00	280,4		
2,00	156,5	2,00	215,8	2,00	283,2		
4,00	159,4	4,00	219,7	4,00	286,8		
8,00	163,3	8,00	224,3	8,00	292,0		
15,00	168,3	15,00	229,2	15,00	298,6		
30,00	174,5	30,00	237,5	30,00	307,6		
60,00	181,2	60,00	246,2	60,00	316,5		
120,00	187,6	120,00	254,4	120,00	324,2		
240,00	191,2	240,00	258,8	240,00	329,4		
480,00	193,3	480,00	261,2	480,00	332,3		
720,00	194,4	720,00	262,3	720,00	333,2		
1440,00	195,2	1440,00	263,5	1440,00	334,3		



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06660</b>	Pagina 1/5	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 22/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 26/11/21

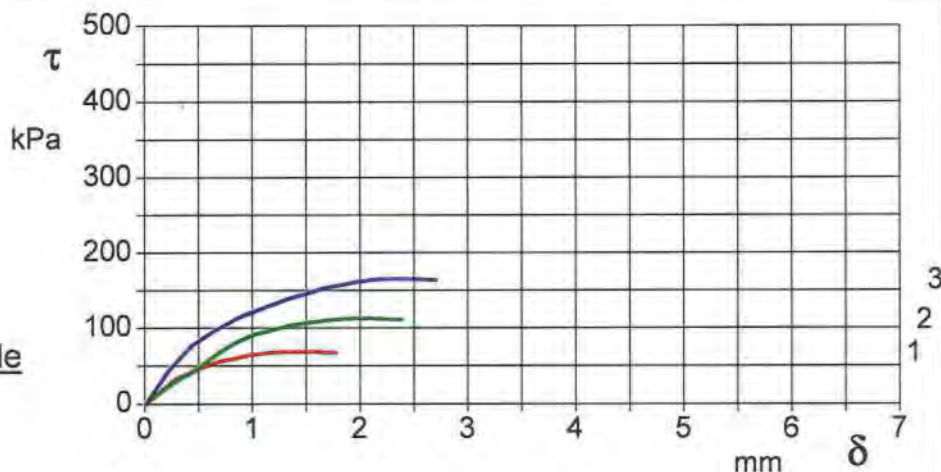
COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

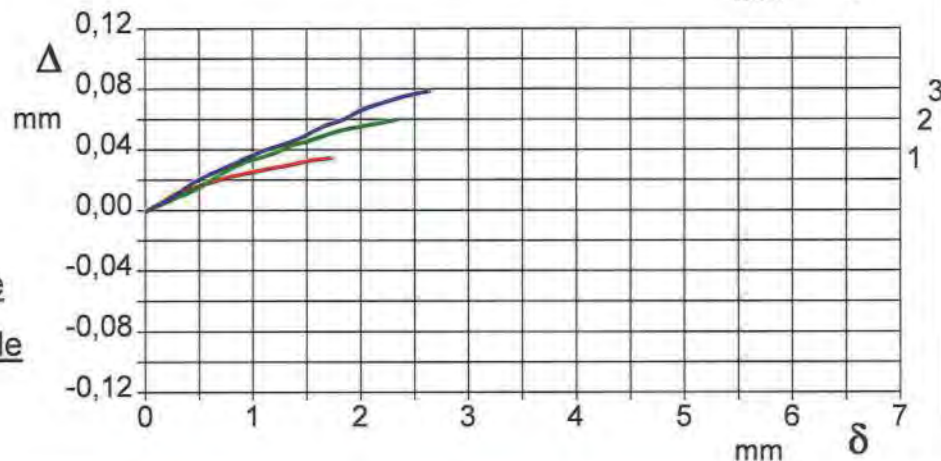
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

<b>Provino n°:</b>	1	2	3
<b>Condizione del provino:</b>	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
<b>Tempo di consolidazione (ore):</b>	24	24	24
<b>Pressione verticale (kPa):</b>	100,0	200,0	300,0
<b>Umidità iniziale e umidità finale (%):</b>	19,4    20,4	19,5    21,0	19,5    21,2
<b>Peso di volume (kN/m³):</b>	19,8	19,9	20,0
<b>Tipo di prova:</b> Consolidata - lenta	<b>Velocità di deformazione:</b> 0,002 mm / min		

**DIAGRAMMA**  
**Tensione**  
**Deformazione orizzontale**



**DIAGRAMMA**  
**Deformazione verticale**  
**Deformazione orizzontale**



Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro



CERTIFICATO DI PROVA N°: 06660	Pagina 2/5	DATA DI EMISSIONE: 01/12/21	Inizio analisi: 22/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21		Apertura campione: 12.11.21	Fine analisi: 26/11/21

COMMITTENTE:	FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.			
RIFERIMENTO:	Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)			
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore  
Dr. Geol. Daniele Santospirito

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Angelo Capodilupo





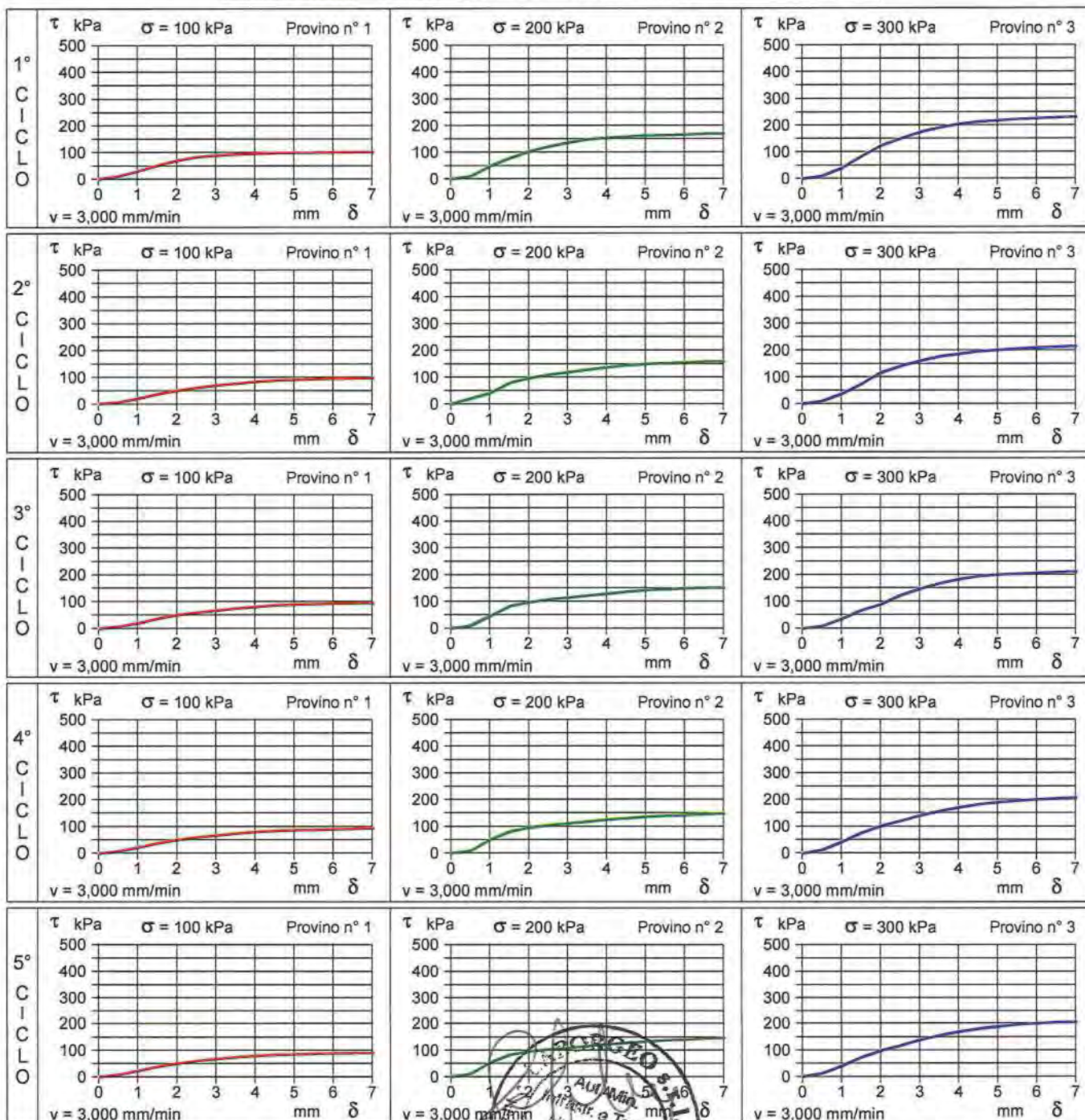
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06660</b>	Pagina 3/5	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 22/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 26/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA - CICLI DI TAGLIO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

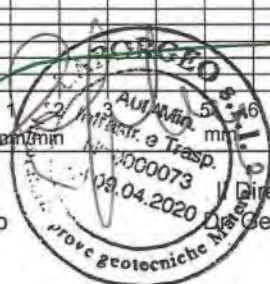
### DIAGRAMMI TENSIONE - DEFORMAZIONE ORIZZONTALE



SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore  
Dr. Geol. Daniele Santospirito

Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Angelo Capodilupo





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06660</b>	Pagina 4/5	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 22/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 26/11/21

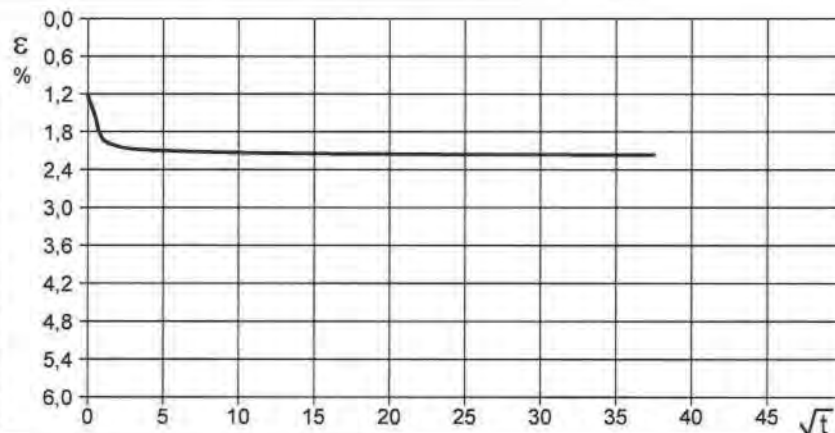
COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

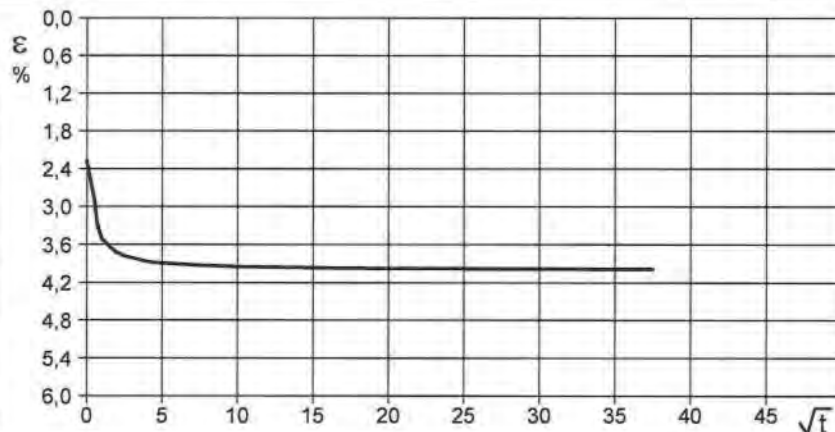
**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,957
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	36,4
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,019



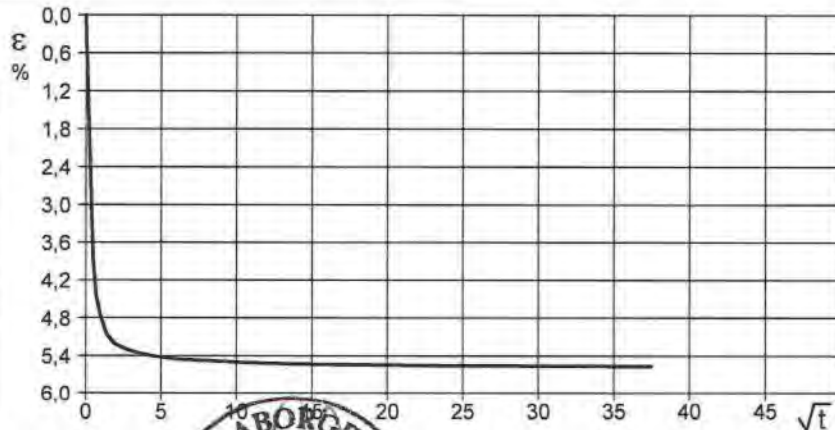
**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,920
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	34,7
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,020



**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,889
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	34,5
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,020



Vs = Velocità stimata di prova    Df = Deformazione rotazionale stimata     $tf = 10 \times T_{100}$     Vs = Df / tf



CERTIFICATO DI PROVA N°: 06660	Pagina 5/5	DATA DI EMISSIONE: 01/12/21	Inizio analisi: 22/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21		Apertura campione: 12.11.21	Fine analisi: 26/11/21

COMMITTENTE:	FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.			
RIFERIMENTO:	Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)			
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

SGEO - Laboratorio 6,2 - 2020

Lo sperimentatore  
Dr. Geol. Daniele Santospirito

Direttore del Laboratorio  
r. Geol. Angelo Capodilupo





CERTIFICATO DI PROVA N°: 06661	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 01/12/21	Inizio analisi: 22/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21		Apertura campione: 12.11.21	Fine analisi: 26/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	19,4    20,4	19,5    21,0	19,5    21,2
Peso di volume (kN/m³):	19,8	19,9	20,0
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Velocità di deformazione: 0,002 mm / min		

DIAGRAMMA  
Tensione  
Deformazione orizzontale

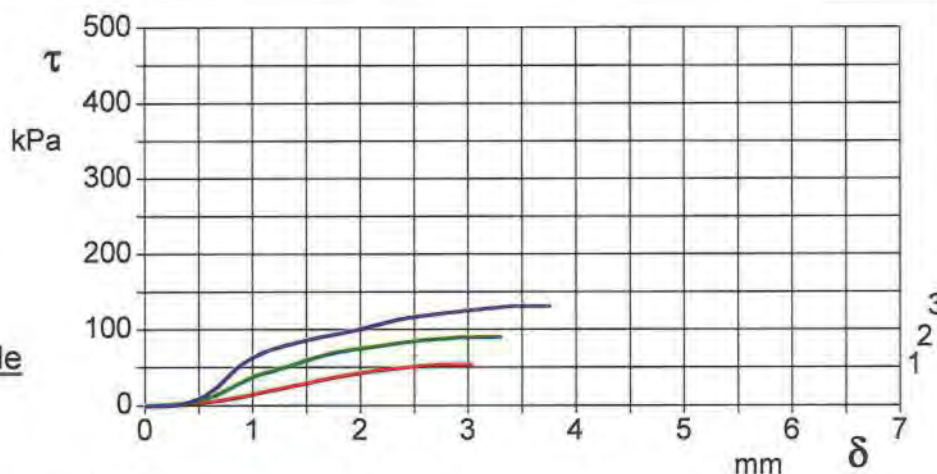
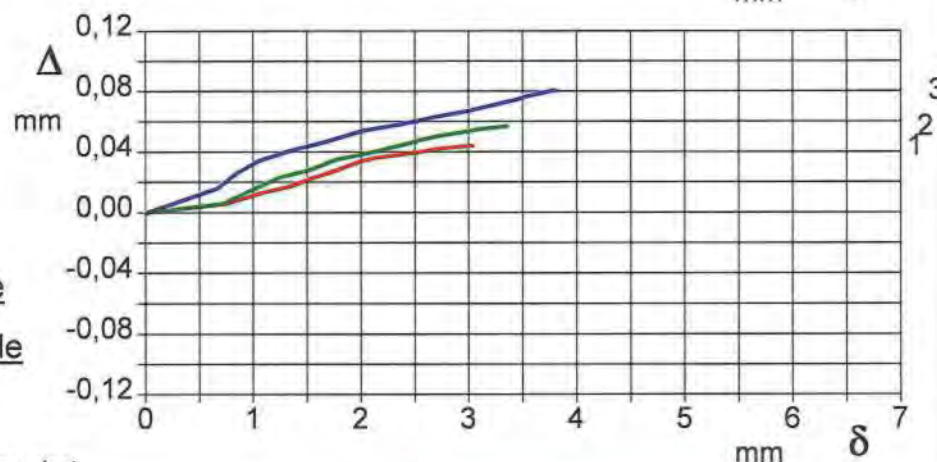


DIAGRAMMA  
Deformazione verticale  
Deformazione orizzontale



Prova eseguita dopo 5 cicli di taglio veloci

Limo argilloso - sabbioso di colore grigiastro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06661	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 01/12/21	Inizio analisi: 22/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21		Apertura campione: 12.11.21	Fine analisi: 26/11/21

COMMITTENTE:	FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.			
RIFERIMENTO:	Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)			
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 5.00 - 5.40

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA

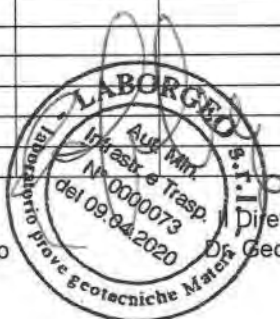
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore  
Dr. Geol. Daniele Santospirito

Direttore del Laboratorio  
Geol. Angelo Capodilupo





COMMITTENTE:	FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.		
RIFERIMENTO:	Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	2 PROFONDITA': m 12.00 - 12.40

### CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	10,5	%
Peso di volume	20,2	kN/m³
Peso di volume secco	18,3	kN/m³
Peso di volume saturo	21,3	kN/m³
Peso specifico	26,3	kN/m³
Indice dei vuoti	0,437	
Porosità	30,4	%
Grado di saturazione	64,5	%
Limite di liquidità	34,9	%
Limite di plasticità	23,2	%
Indice di plasticità	11,7	%
Indice di consistenza	2,08	
Passante al set. n° 40	SI	
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00	A6	I.G. = 5

### ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	4,7	%
Sabbia	37,0	%
Limo	47,9	%
Argilla	10,4	%
D 10	0,004793	mm
D 50	0,046539	mm
D 60	0,104136	mm
D 90	3,271082	mm
Passante set. 10	83,0	%
Passante set. 42	67,5	%
Passante set. 200	58,3	%

### PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

### COMPRESSIONE

$\sigma$	kPa
$c_u$	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_{u Rim}$	kPa

### TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
$c'$	21,9	kPa	
$\phi'$	23,6	°	
$c'_{Res}$		kPa	
$\phi'_{Res}$	20,1	°	

### COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

### PROVA EDOMETRICA

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm²/sec	k cm/sec
50,0 ÷ 100,0	3704	0,015141	4,01E-07
100,0 ÷ 200,0	4386	0,001699	3,80E-08
200,0 ÷ 400,0	6803	0,001967	2,84E-08
400,0 ÷ 800,0	12195	0,001902	1,53E-08
800,0 ÷ 1600,0	23810	0,001634	6,73E-09
1600,0 ÷ 3200,0	47976	0,001263	2,58E-09

### FOTOGRAFIA



### OSSERVAZIONI

Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro

Tipo di campione: Cilindrico Qualità del campione: Q 5

Posizione delle prove					cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	TD	ED						
					0				Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro
					10				
					20				
					30				
					40			40	



COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.

RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 12.00 - 12.40

## CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.

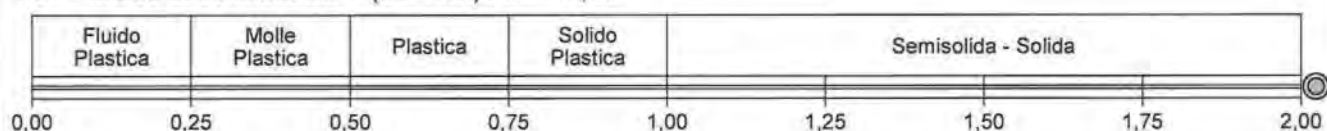
Limo con sabbia argilloso

## CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

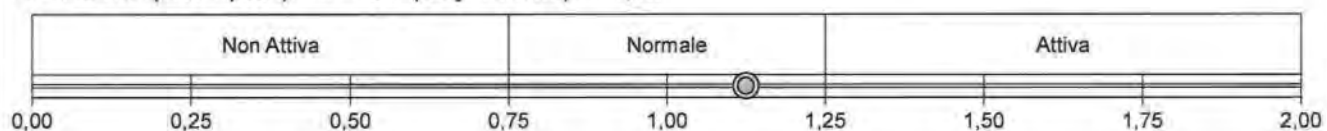
Abaco di plasticità di Casagrande

CI - Argille inorganiche a media compressibilità

I.C. = Indice di consistenza =  $(LL - W_n) / IP = 2,08$

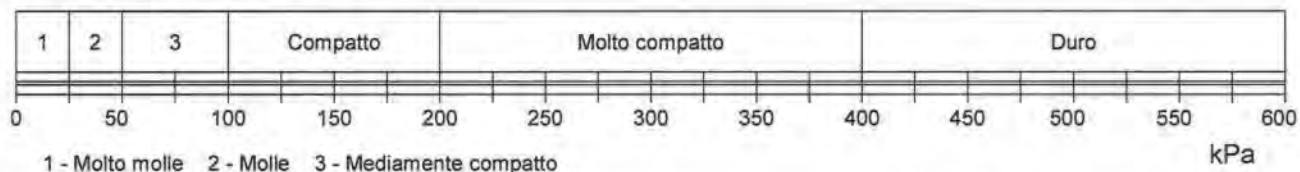


A = Attività (Skempton) =  $IP / CF \text{ (clay fraction)} = 1,13$



## CLASSIFICA BASATA SULLA COESIONE NON DRENATA

Coesione non drenata = 0 kPa

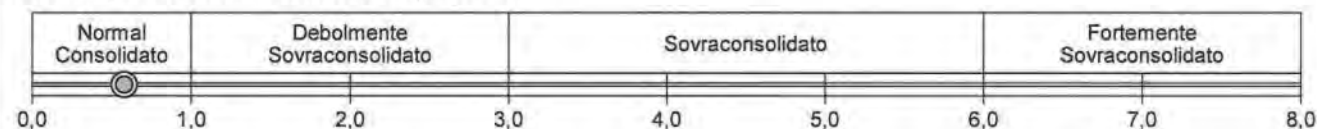


## CLASSIFICA BASATA SULLA PRECONSOLIDAZIONE

Pressione del campione in sito = 227,7kPa

Pressione di preconsolidazione [da Prova Edometrica] = 132,1kPa

O.C.R. (Over Consolidation Ratio) = 0,58



Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06662	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 01/12/21	Inizio analisi: 16/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21		Apertura campione: 12.11.21	Fine analisi: 17/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 12.00 - 12.40

## CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216

**Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 10,5 %**

Struttura del materiale:

☒ Omogeneo  
☐ Stratificato  
☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06663</b>	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 16/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 16/11/21

<b>COMMITTENTE:</b> FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.
<b>RIFERIMENTO:</b> Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)
<b>SONDAGGIO:</b> 1 <b>CAMPIONE:</b> 2 <b>PROFONDITA':</b> m 12.00 - 12.40

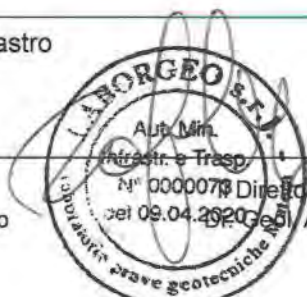
## PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

**Peso di volume allo stato naturale = 20,2 kN/m³**

Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06664</b>	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 24/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 25/11/21

<b>COMMITTENTE:</b> FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.
<b>RIFERIMENTO:</b> Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)
<b>SONDAGGIO:</b> 1 <b>CAMPIONE:</b> 2 <b>PROFONDITA':</b> m 12.00 - 12.40

## PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D 854

$\gamma_s$  = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) (kN/m³) = 26,3 kN/m³

$\gamma_{sc}$  = Peso specifico dei granuli corretto a 20° (kN/m³) = 26,3 kN/m³

Metodo: ☒ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 20,0 °C

Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06665</b>	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 01/12/21	Inizio analisi: 29/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		Apertura campione: 12.11.21	Fine analisi: 30/11/21

<b>COMMITTENTE:</b> FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.			
<b>RIFERIMENTO:</b> Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)			
<b>SONDAGGIO:</b> 1	<b>CAMPIONE:</b> 2	<b>PROFONDITA':</b> m 12.00 - 12.40	

## LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

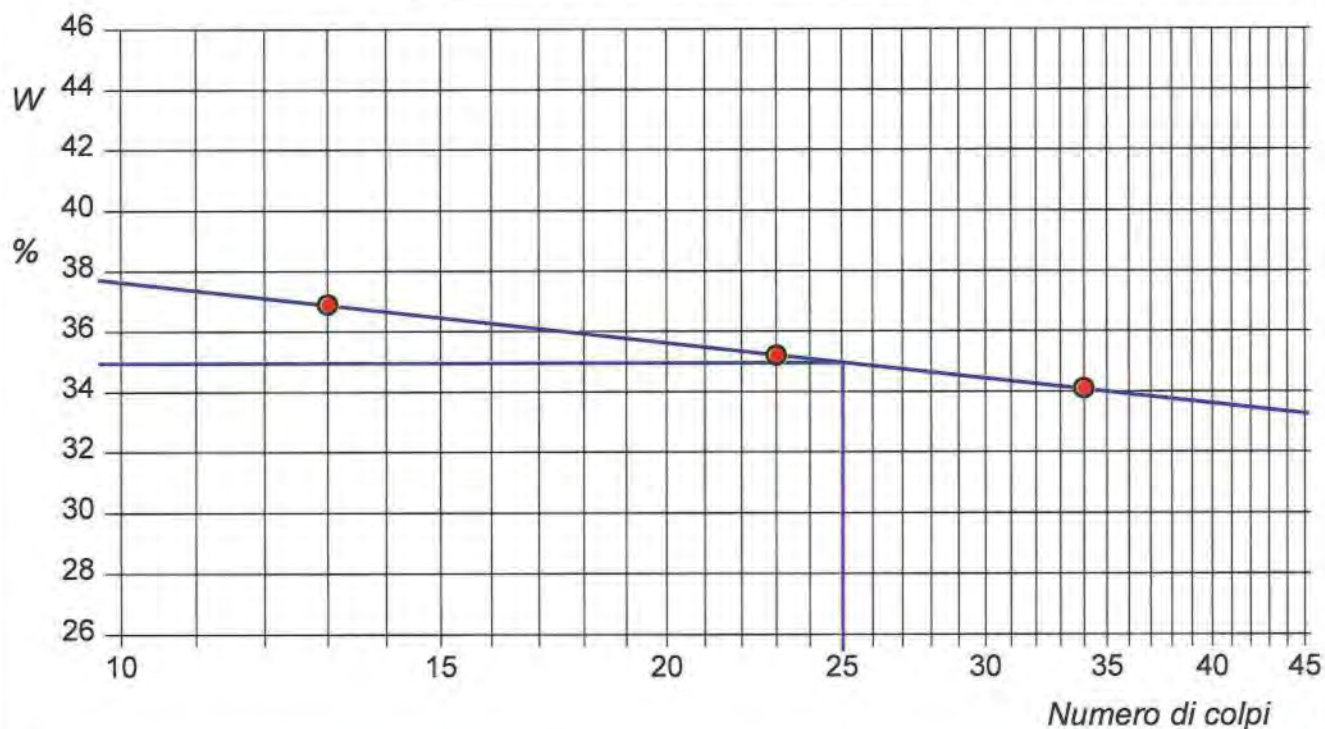
Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	34,9 %
Limite di plasticità	23,2 %
Indice di plasticità	11,7 %

La prova è stata eseguita sulla frazione granulometrica passante al setaccio n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'					LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	13	23	34		Umidità (%)	22,8	23,5
Umidità (%)	36,9	35,2	34,1		Umidità media	23,2	

### Determinazione del Limite di liquidità



Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro



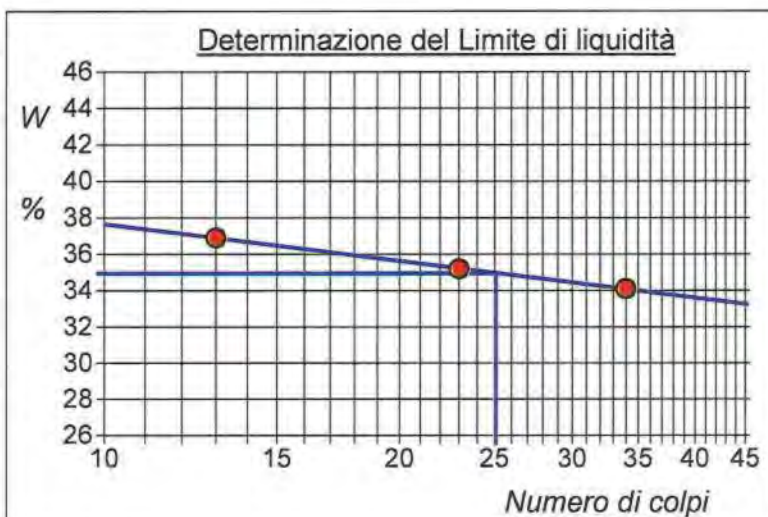
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06665</b>	Allegato 1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 29/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 30/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.			
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	12.00 - 12.40

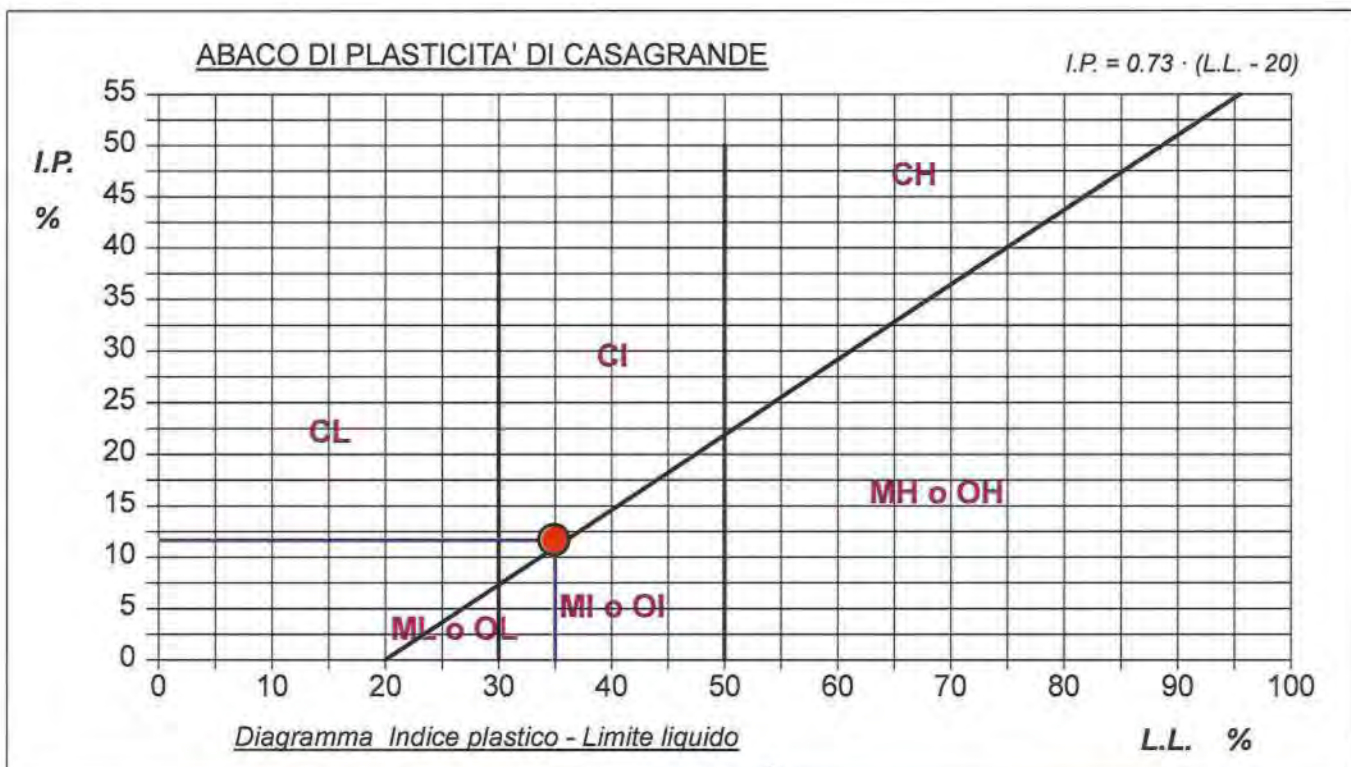
## ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	34,9	%
Limite di plasticità	23,2	%
Indice di plasticità	11,7	%
Indice di consistenza	2,08	
Passante al set. n° 40	SI	



<b>C - Argille inorganiche</b>	L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici	<b>I - Media compressibilità</b>
O - Argille e limi organici	H - Alta compressibilità



Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro



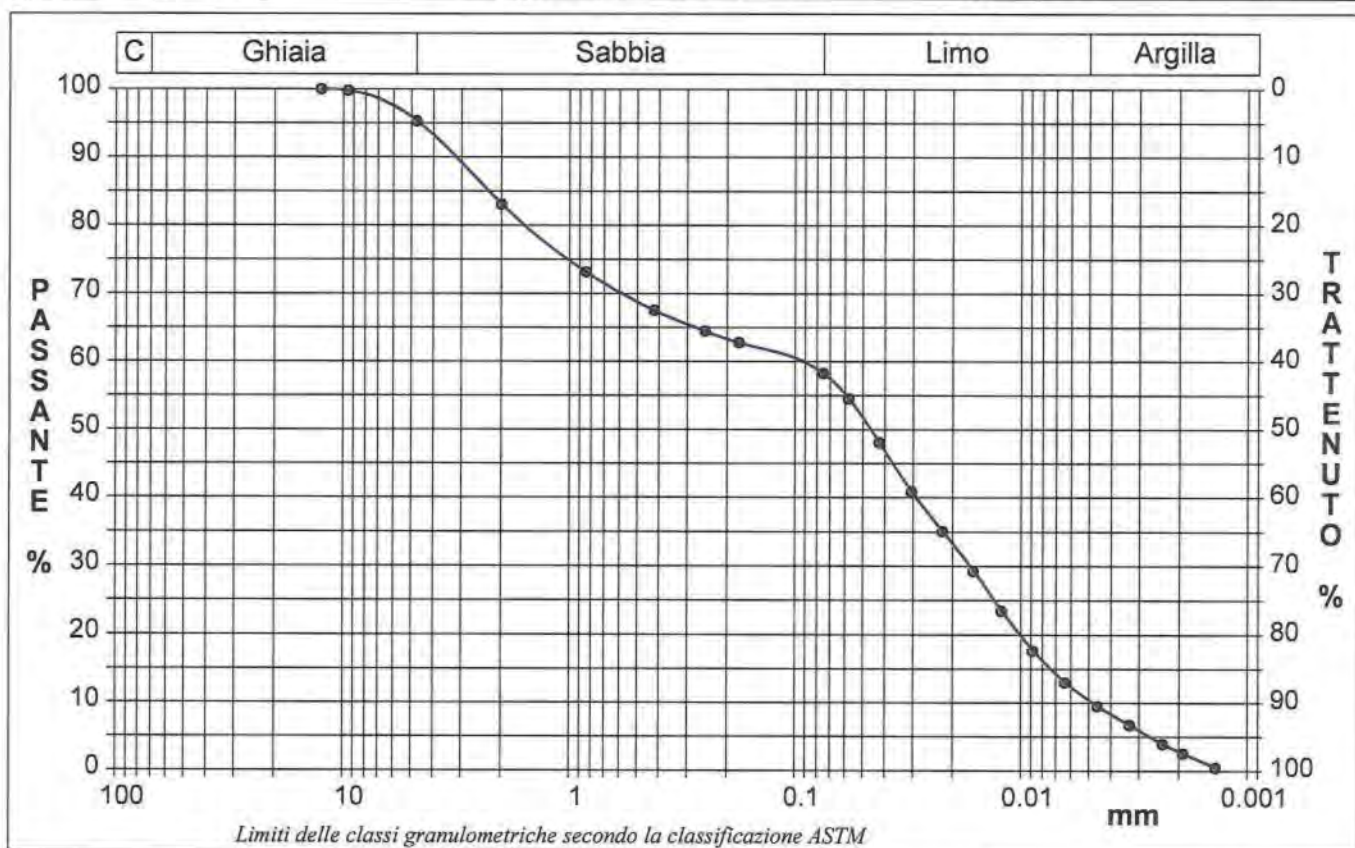
<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06666</b>	Pagina 1/1	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 29/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 30/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.			
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	12.00 - 12.40

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	4,7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	83,0 %	D10	0,00479 mm	
Sabbia	37,0 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	67,5 %	D30	0,01688 mm	
Limo	47,9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	58,3 %	D50	0,04654 mm	
Argilla	10,4 %			D60	0,10414 mm	
Coefficiente di uniformità		21,73	Coefficiente di curvatura	0,57	D90	3,27108 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
12,5000	100,00	0,4200	67,53	0,0424	48,06	0,0088	17,64	0,0019	2,55
9,5200	99,78	0,2500	64,48	0,0305	40,86	0,0064	13,00	0,0014	0,46
4,7500	95,27	0,1770	62,79	0,0222	35,06	0,0046	9,52		
2,0000	83,04	0,0750	58,27	0,0162	29,25	0,0033	6,73		
0,8410	73,15	0,0578	54,56	0,0122	23,45	0,0024	3,95		

Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 06666** Allegato 1

**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21**

**DATA DI EMISSIONE:** 01/12/21

**Inizio analisi:** 29/11/21

**Apertura campione:** 12.11.21

**Fine analisi:** 30/11/21

**COMMITTENTE:** FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.

**RIFERIMENTO:** Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)

**SONDAGGIO:** 1

**CAMPIONE:** 2

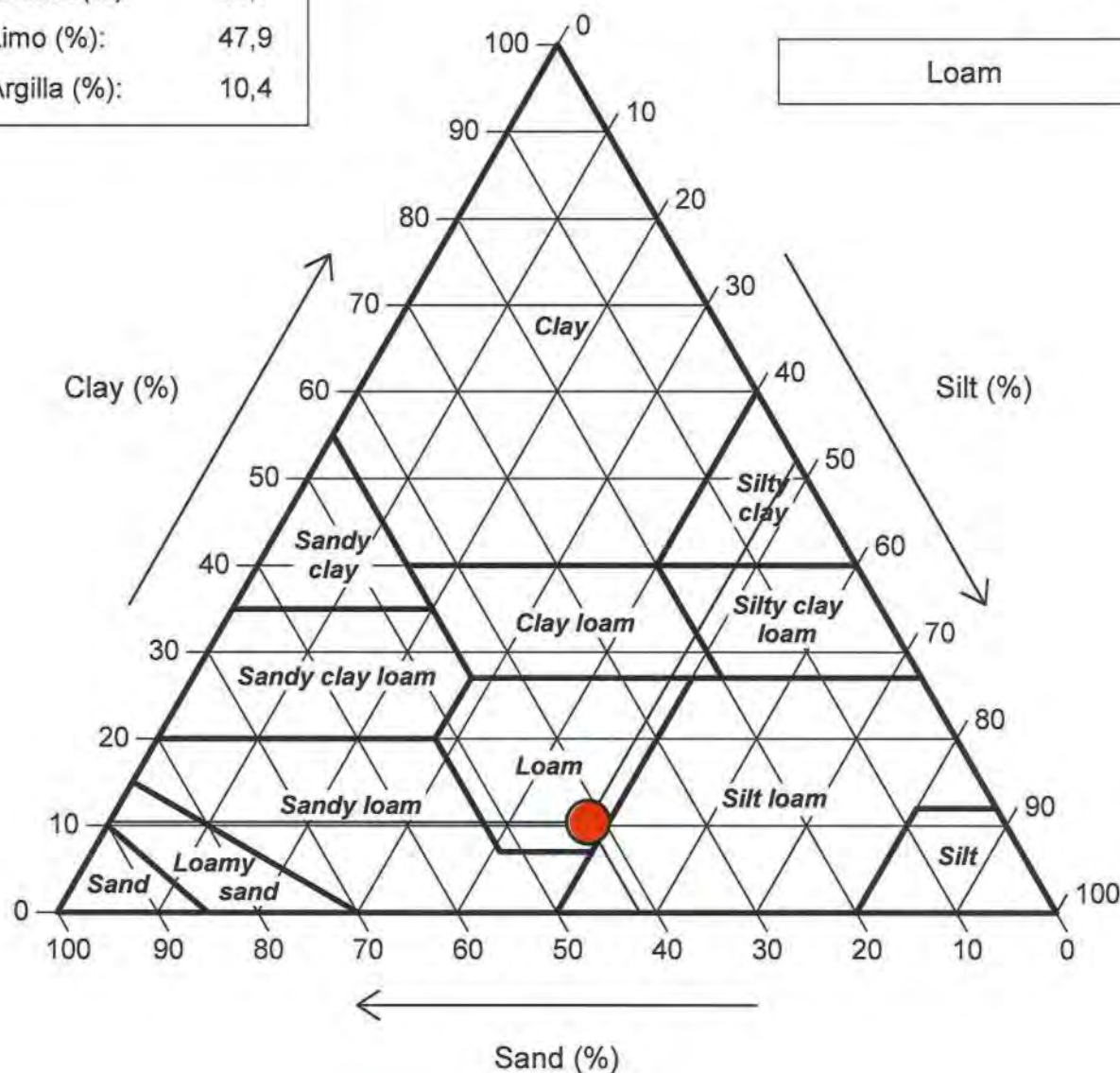
**PROFONDITA':** m 12.00 - 12.40

## ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Sabbia (%): 41,7  
Limo (%): 47,9  
Argilla (%): 10,4

### Diagramma U.S.D.A.



Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06666</b>	<b>Allegato 1</b>	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 29/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 30/11/21

<b>COMMITTENTE:</b> FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.
<b>RIFERIMENTO:</b> Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)
<b>SONDAGGIO:</b> 1 <b>CAMPIONE:</b> 2 <b>PROFONDITA':</b> m 12.00 - 12.40

## CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO

Classificazione secondo: CNR-UNI 10006/00

### ANALISI GRANULOMETRICA

Passante setaccio 10 (2 mm)	83,0	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	67,5	%
Passante setaccio 200 (0.075 mm)	58,3	%

### LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	34,9	%
Limite di plasticità	23,2	%
Indice di plasticità	11,7	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6**

**INDICE DI GRUPPO: 5**

Tipi usuali dei materiali principali:  
 Argille poco compressibili

Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore  
 Dr. Geol. Daniele Santospirito



Il Direttore del Laboratorio  
 Dr. Geol. Angelo Capodilupo



**CERTIFICATO DI PROVA N°: 06667** Pagina 1/2  
**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21**

**DATA DI EMISSIONE:** 01/12/21 **Inizio analisi:** 18/11/21  
**Apertura campione:** 12.11.21 **Fine analisi:** 29/11/21

**COMMITTENTE:** FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.

**RIFERIMENTO:** Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)

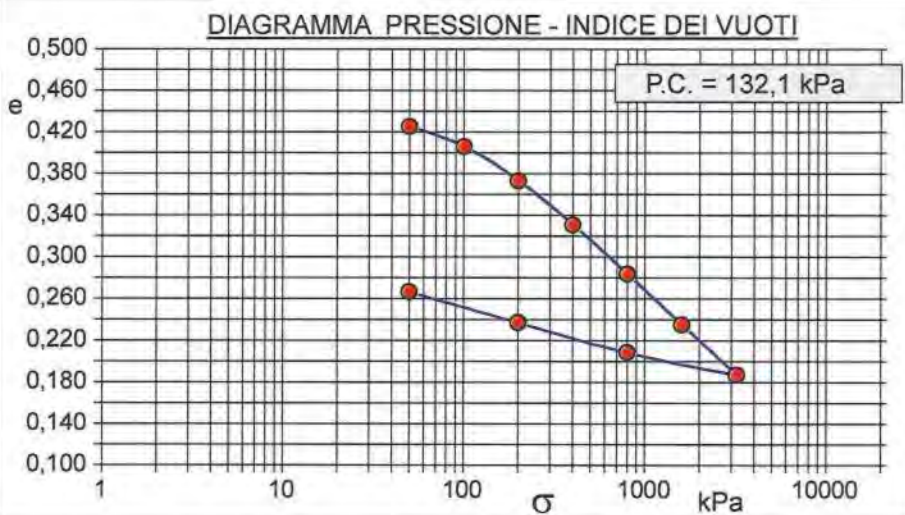
**SONDAGGIO:** 1 **CAMPIONE:** 2 **PROFONDITA':** m 12.00 - 12.40

## PROVA EDOMETRICA

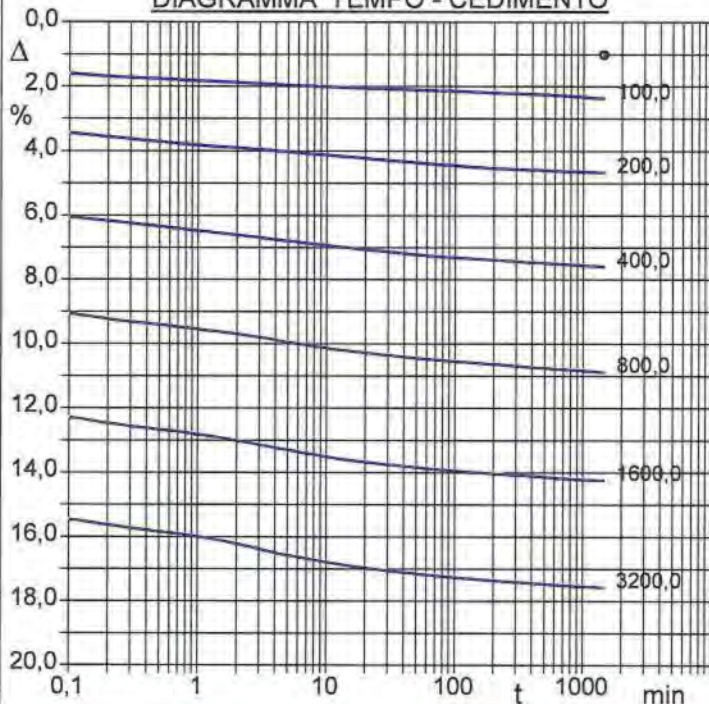
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

### Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	20,25
Umidità (%)	10,7
Peso specifico (kN/m³)	26,33
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	7,14
Sezione provino (cm²)	40,04
Volume provino (cm³)	80,08
Volume dei vuoti (cm³)	24,47
Indice dei vuoti	0,44
Porosità (%)	30,56
Saturazione (%)	65,5

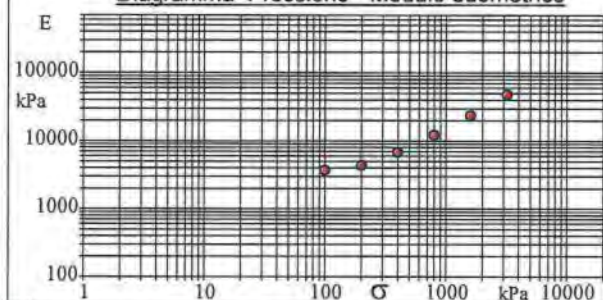


### DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
50,0	20,2	0,425				
100,0	47,2	0,406	0,065	3704	0,015141	4,01E-07
200,0	92,8	0,373	0,109	4386	0,001699	3,80E-08
400,0	151,6	0,331	0,141	6803	0,001967	2,84E-08
800,0	217,2	0,284	0,157	12195	0,001902	1,53E-08
1600,0	284,4	0,235	0,161	23810	0,001634	6,73E-09
3200,0	351,1	0,187	0,160	47976	0,001263	2,58E-09
800,0	321,2	0,209				
200,0	281,6	0,237				
50,0	240,9	0,267				

### Diagramma Pressione - Modulo edometrico



Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06667</b>	<b>Pagina 2/2</b>	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 18/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 29/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 12.00 - 12.40

## PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435

### LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 100,0 kPa		Pressione 200,0 kPa		Pressione 400,0 kPa		Pressione 800,0 kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	20,2	0,00	47,2	0,00	92,8	0,00	151,6
0,10	32,0	0,10	68,6	0,10	120,7	0,10	180,8
0,25	34,1	0,25	71,9	0,25	124,1	0,25	185,4
0,50	35,2	0,50	74,1	0,50	126,7	0,50	187,9
1,00	36,4	1,00	76,3	1,00	129,4	1,00	190,7
2,00	37,5	2,00	77,9	2,00	132,0	2,00	193,7
4,00	38,7	4,00	79,7	4,00	134,8	4,00	197,5
8,00	39,7	8,00	81,6	8,00	137,5	8,00	201,3
15,00	40,6	15,00	83,5	15,00	140,0	15,00	204,2
30,00	41,3	30,00	85,5	30,00	142,3	30,00	206,8
60,00	42,1	60,00	87,4	60,00	144,7	60,00	209,1
120,00	43,0	120,00	89,2	120,00	146,2	120,00	211,0
240,00	43,9	240,00	90,6	240,00	147,8	240,00	212,8
480,00	44,8	480,00	91,5	480,00	149,3	480,00	214,6
720,00	45,6	720,00	92,1	720,00	150,0	720,00	215,5
1440,00	47,2	1440,00	92,8	1440,00	151,6	1440,00	217,2

Pressione 1600,0 kPa		Pressione 3200,0 kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0,00	217,2	0,00	284,4				
0,10	245,5	0,10	308,8				
0,25	250,3	0,25	313,5				
0,50	253,1	0,50	316,5				
1,00	256,2	1,00	319,7				
2,00	260,1	2,00	324,1				
4,00	264,5	4,00	329,8				
8,00	268,7	8,00	334,2				
15,00	272,1	15,00	337,8				
30,00	274,7	30,00	340,7				
60,00	277,0	60,00	343,2				
120,00	279,0	120,00	345,5				
240,00	280,7	240,00	347,2				
480,00	282,2	480,00	348,9				
720,00	283,3	720,00	349,8				
1440,00	284,4	1440,00	351,1				



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06668</b>	Pagina 1/5	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 22/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 26/11/21

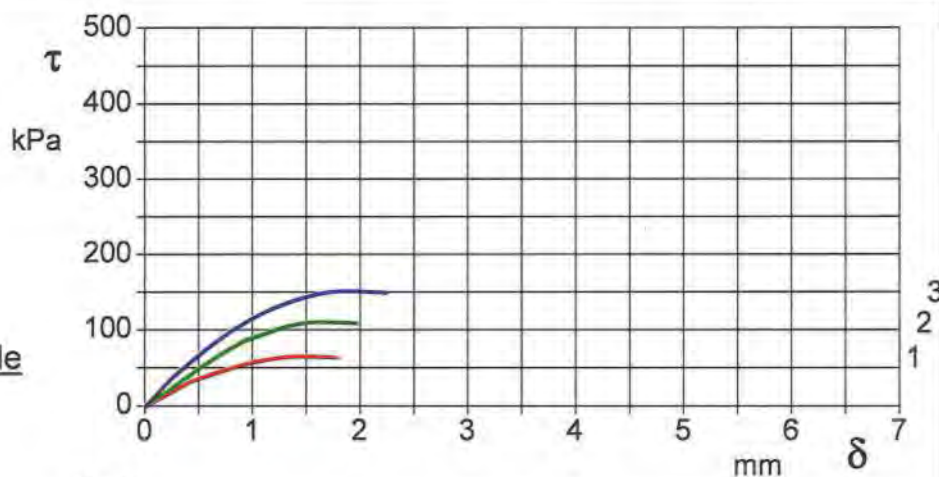
COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.			
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	12.00 - 12.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

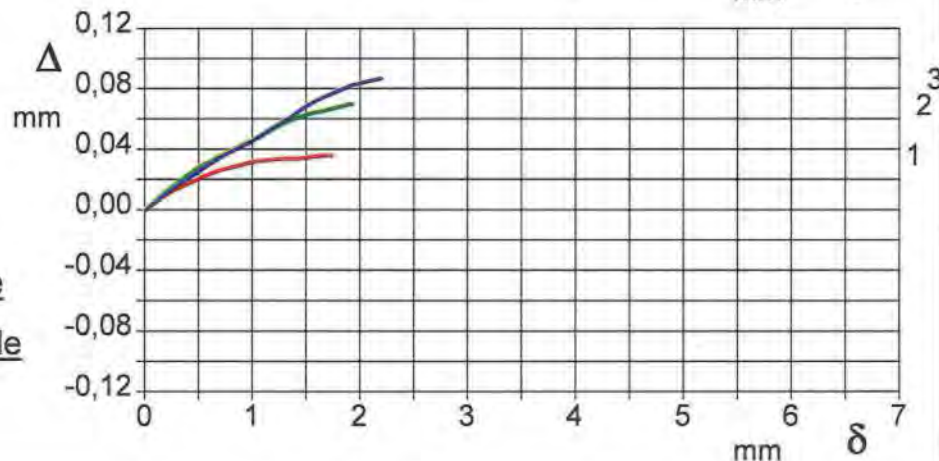
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

<b>Provino n°:</b>	1	2	3
<b>Condizione del provino:</b>	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
<b>Tempo di consolidazione (ore):</b>	24	24	24
<b>Pressione verticale (kPa):</b>	100,0	200,0	300,0
<b>Umidità iniziale e umidità finale (%):</b>	10,5    11,3	10,2    11,1	10,5    11,2
<b>Peso di volume (kN/m³):</b>	20,2	20,2	20,2
<b>Tipo di prova:</b> Consolidata - lenta	<b>Velocità di deformazione:</b> 0,002 mm / min		

**DIAGRAMMA**  
Tensione  
Deformazione orizzontale



**DIAGRAMMA**  
Deformazione verticale  
Deformazione orizzontale



Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro



CERTIFICATO DI PROVA N°: 06668	Pagina 2/5	DATA DI EMISSIONE: 01/12/21	Inizio analisi: 22/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21		Apertura campione: 12.11.21	Fine analisi: 26/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.

**RIFERIMENTO:** Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)

SONDAGGIO: 1                      CAMPIONE: 2                      PROFONDITA': m    12.00 - 12.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore  
Dr. Geol. Daniele Santospirito

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Angelo Capodilupo





<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06668</b>	Pagina 3/5	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 22/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 26/11/21

**COMMITTENTE:** FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.

**RIFERIMENTO:** Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)

**SONDAGGIO:** 1

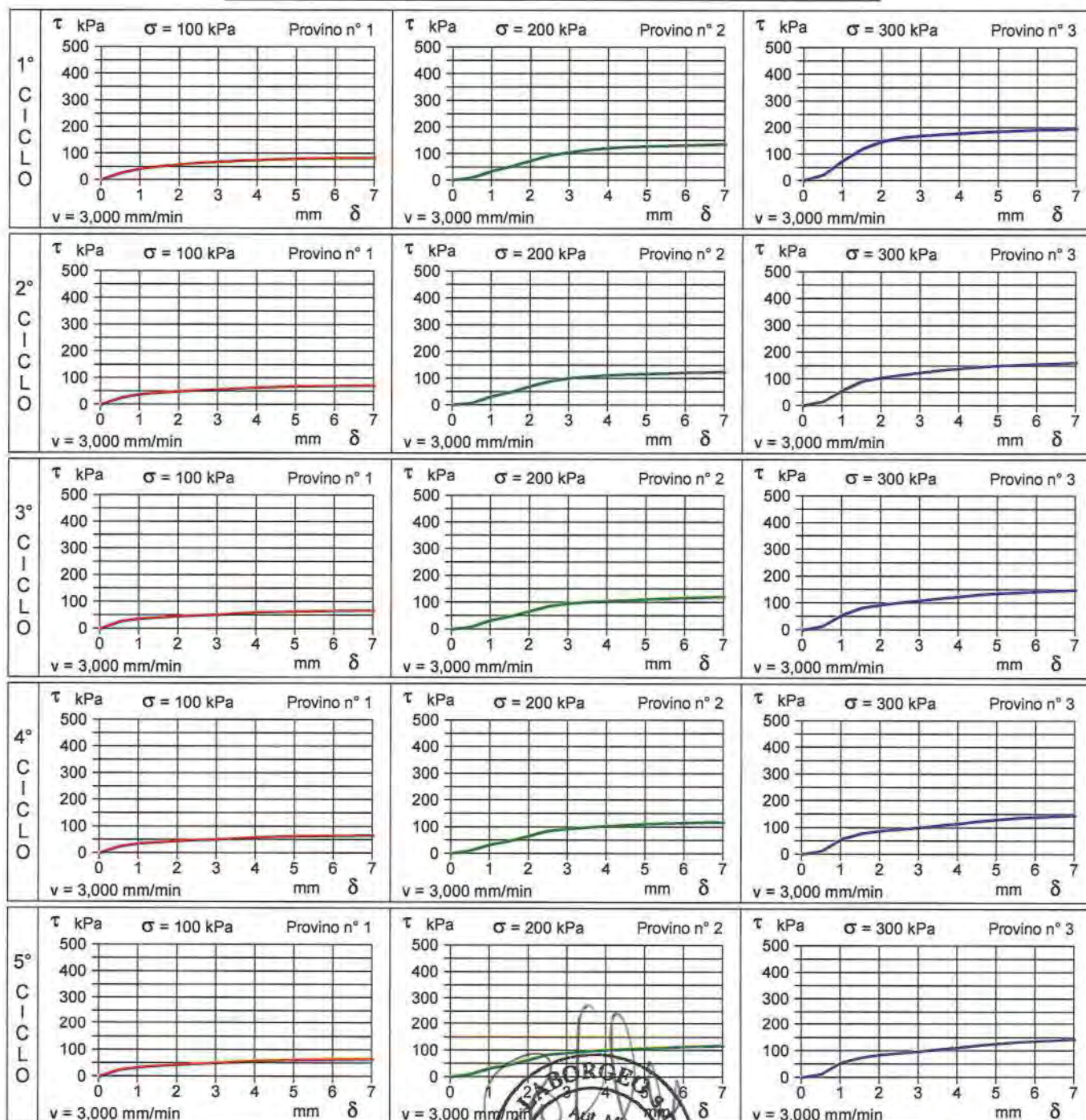
**CAMPIONE:** 2

**PROFONDITA':** m 12.00 - 12.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA - CICLI DI TAGLIO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

### DIAGRAMMI TENSIONE - DEFORMAZIONE ORIZZONTALE



SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore  
Dr. Geol. Daniele Santospirito

Aut. Min. Infrastr. e Trasp. II Direttore del Laboratorio  
N° 0000073 del 09.04.2020  
Dr. Geol. Angelo Capodilupo  
Laboratorio prove geotecniche Matera



<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06668</b>	Pagina 4/5	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 22/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 26/11/21

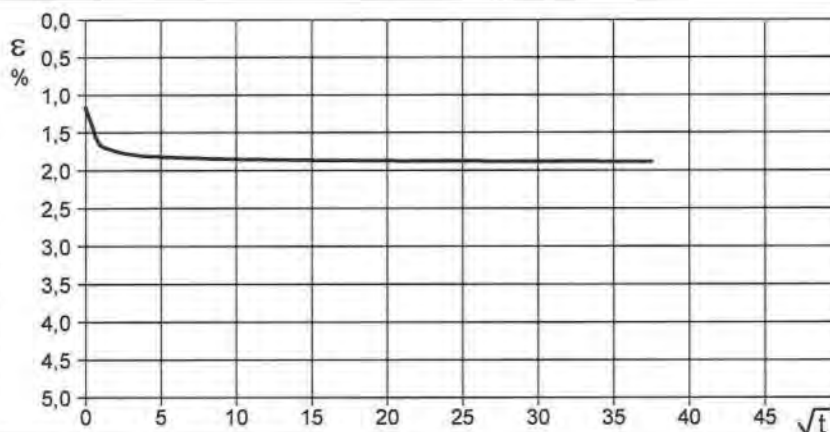
COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 12.00 - 12.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

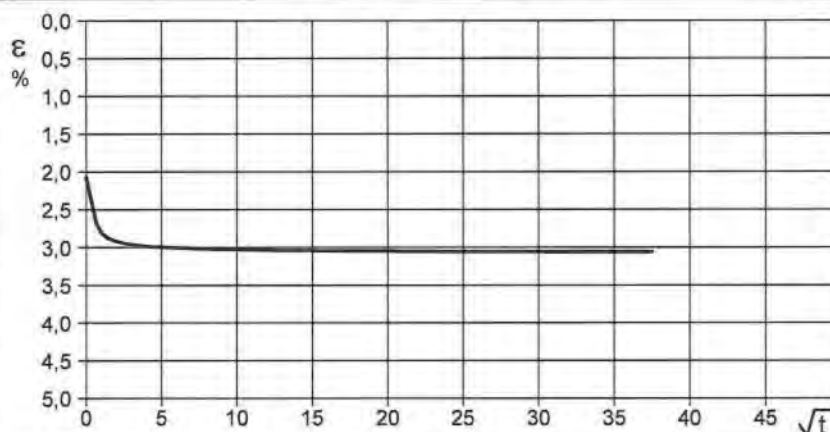
**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,962
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	39,2
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,018



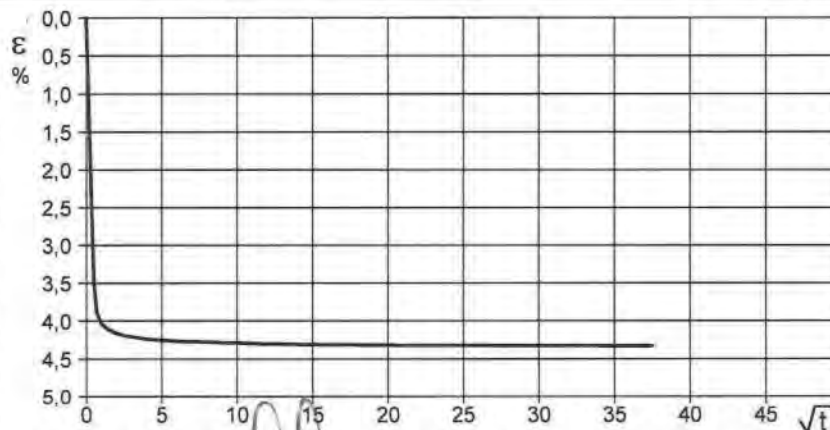
**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,939
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	37,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,019



**Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,913
Sezione (cm²):	36,00
T <sub>100</sub> (min)	35,1
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,020



$V_s$  = Velocità stimata di prova     $D_f$  = Deformazione a rottura     $t_f = 10 \times T_{100}$      $V_s = D_f / t_f$





CERTIFICATO DI PROVA N°: 06668	Pagina 5/5	DATA DI EMISSIONE: 01/12/21	Inizio analisi: 22/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21		Apertura campione: 12.11.21	Fine analisi: 26/11/21

COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.				
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)				
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	12.00 - 12.40	

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore  
Dr. Geol. Daniele Santospirito

Il Direttore del Laboratorio  
Geol. Angelo Capodilupo

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 06669</b>	Pagina 1/2	<b>DATA DI EMISSIONE:</b> 01/12/21	<b>Inizio analisi:</b> 22/11/21
<b>VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21</b>		<b>Apertura campione:</b> 12.11.21	<b>Fine analisi:</b> 26/11/21

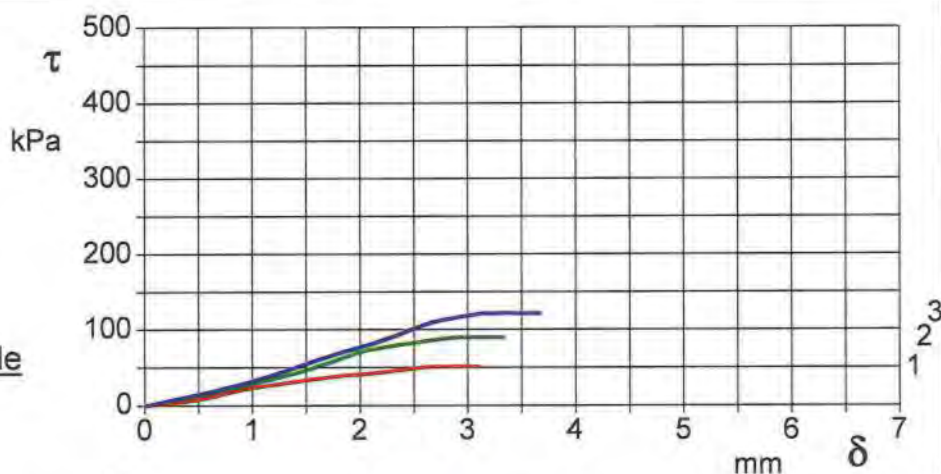
COMMITTENTE: FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.			
RIFERIMENTO: Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 2	PROFONDITA': m	12.00 - 12.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA

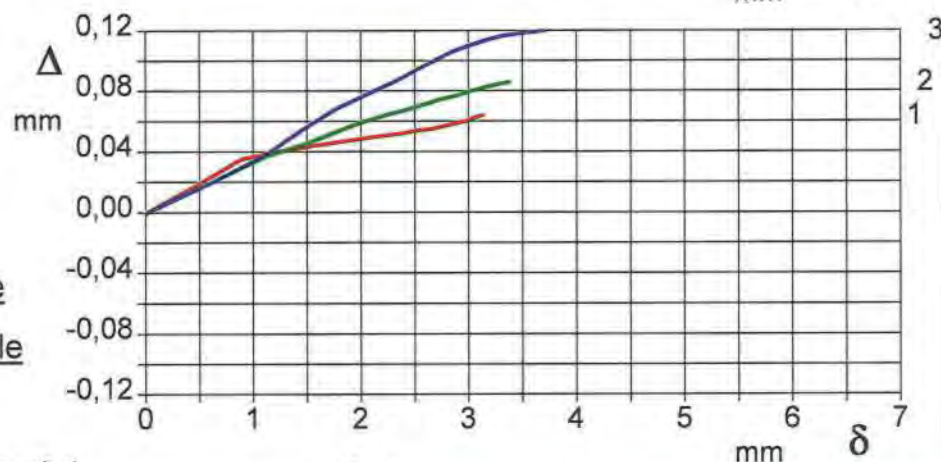
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

<b>Provino n°:</b>	1	2	3
<b>Condizione del provino:</b>	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
<b>Tempo di consolidazione (ore):</b>	24	24	24
<b>Pressione verticale (kPa):</b>	100,0	200,0	300,0
<b>Umidità iniziale e umidità finale (%):</b>	10,5    11,3	10,2    11,1	10,5    11,2
<b>Peso di volume (kN/m³):</b>	20,2	20,2	20,2
<b>Tipo di prova:</b> Consolidata - lenta	<b>Velocità di deformazione:</b> 0,002 mm / min		

**DIAGRAMMA**  
**Tensione**  
**Deformazione orizzontale**



**DIAGRAMMA**  
**Deformazione verticale**  
**Deformazione orizzontale**



Prova eseguita dopo 5 cicli di taglio veloci

Limo sabbioso - argilloso di colore grigio - verdastro



CERTIFICATO DI PROVA N°: 06669	Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 01/12/21	Inizio analisi: 22/11/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 362T-21 del 12.11.21		Apertura campione: 12.11.21	Fine analisi: 26/11/21

COMMITTENTE:	FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l.			
RIFERIMENTO:	Lavori di costruzione e messa in sicurezza della S.P. n° 16 Marsicana 1° Tronco - Albano di Lucania (PZ)			
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	2	PROFONDITA': m 12.00 - 12.40

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO - RESISTENZA RESIDUA

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

[illegible]

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Lo sperimentatore  
Dr. Geol. Daniele Santospirito

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Angelo Capodilupo

