



**REGIONE CAMPANIA**  
**PROVINCIA DI AVELLINO**



**Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico sito nel Comune di Ariano Irpino (AV)**  
**Località "Masseria delle Monache"**



**COMUNE DI ARIANO IRPINO**

**COMMITTENTE**

**Helios One s.r.l.**

Via Giovanni Boccaccio, 7 - 20123 Milano  
p.iva 15735841007

**PROGETTAZIONE**

**Leukos**



**Horus**  
Green Energy Investment

**FDGL**

LEUKOS Consorzio Stabile  
Via Giuseppe Mengoni n. 4  
20121 Milano  
www.leukos.org

FDGL s.r.l.  
Via Ferriera n. 39  
83100 Avellino  
www.fdgl.it

Progettista:  
Ing. Fabrizio Davide



Geologo:  
Dott. Geol. Davide Mazza

**PROGETTO DEFINITIVO**

*Elaborato:*

**DEF-REL.02 - Relazione Geologica**

SCALA	---	DATA	11/2022	FORMATO STAMPA	-
REDATTO	APPROVATO	DESCRIZIONE E REVISIONE DOCUMENTO	DATA:	REV.N°	

## Sommario

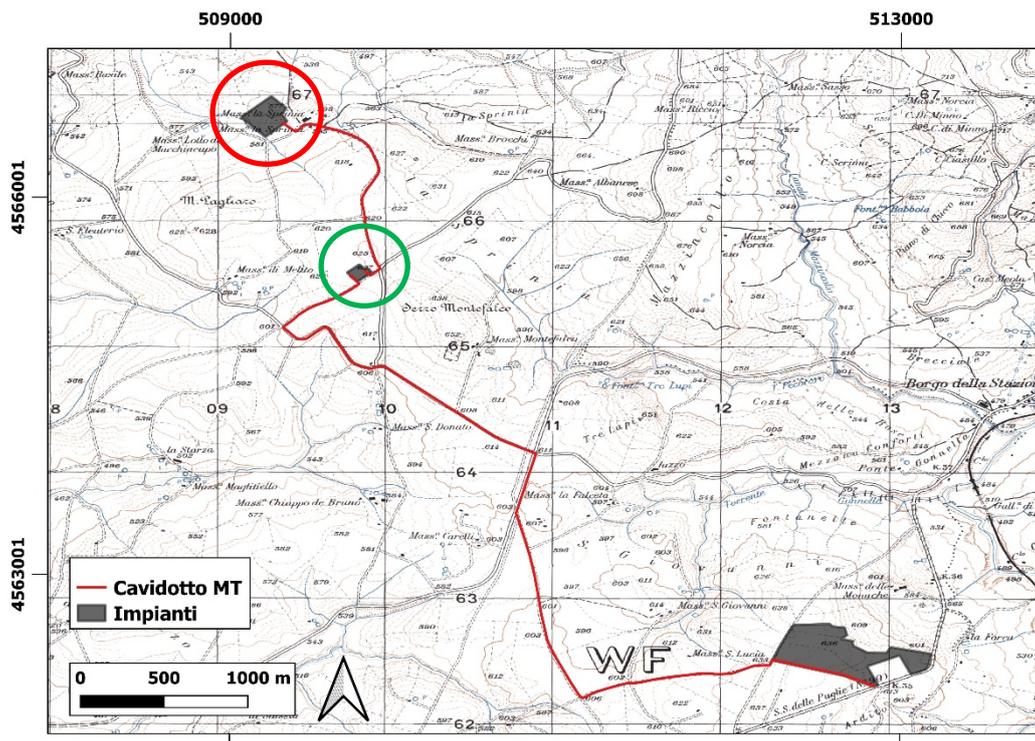
PREMESSA .....	2
GEOLOGIA DEL SOTTOSUOLO.....	3
CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGRAFICHE .....	5
CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	10
VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	11
INDAGINI IN SITO E MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO .....	11
MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO COSTRUZIONE .....	13
INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI.....	13
SISMICITA' DELL'AREA .....	16
CONCLUSIONI .....	17

## Allegati

1. Report indagini geognostiche e geofisiche con annessi certificati di laboratorio geotecnico per i campioni S1C1- S1C2 ed ubicazione;

## PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Geologo Davide Mazza, nel mese di Settembre 2022, ha ricevuto incarico dalla Helio One S.r.l., di redigere uno studio di compatibilità idrogeologica per la realizzazione di un impianto fotovoltaico da 17,169 MWp e le relative opere di connessione, nel comune di Ariano Irpino (Av) in località "Masseria delle Monache" (Fig. 1).



*Figura 1: Inquadramento area di studio su base cartografica I.G.M. In rosso è evidenziata la stazione di trasformazione RTN di Terna S.p.A mentre in verde la sottostazione utente. Coordinate in WGS84 – UTM 33N.*

Le aree oggetto di studio si distribuiscono all'interno dei territori di competenza delle Autorità di Bacino (A.d.B.) dei fiumi Liri-Garigliano-Volturno e della Puglia.

Tale studio, quindi, è stato effettuato tenendo conto delle seguenti norme ed in ottemperanza alla normativa vigente relativa alla progettazione in 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";*

- D.M n° 42 del 17/01/2018: "Aggiornamento Norme Tecniche per le costruzioni";
- Circolare n° 7 del 21/01/2019: "Istruzioni per l'Applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al decreto Ministeriale 17/01/2018";
- Norme di Attuazione relative al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno;
- Norme di Attuazione relative al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia;

Per il presente studio, si è proceduto, per una conoscenza esatta del sito esaminato, a:

- Un puntuale rilevamento geologico esteso ad un'ampia area circostante;
- Indagini geognostiche e geofisiche svolte in prossimità delle aree di interesse, allegato n. 1, che sono consistite in:
  - n. 1 sondaggio geognostico S1 con esecuzione di prove SPT e prelievo di campioni indisturbati;
  - n. 1 prospezione sismica di superficie con metodologia MASW, allegato n.1;
- Certificato prova di laboratorio geotecnico S1C1, allegato n.1;
- Certificato prova di laboratorio geotecnico S1C2, allegato n.1;
- Analisi dello studio geologico relativo al PUC;
- Consultazione di diverse carte tematiche presenti in letteratura scientifico-tecnica;

## **GEOLOGIA DEL SOTTOSUOLO**

Dagli studi condotti nell'area di interesse risulta che i siti esaminati sono caratterizzati da terreni ben inquadrati nel contesto geologico regionale ed in particolare in quello tettonico-stratigrafico dell'Appennino Meridionale.

Ai fini della ricostruzione della storia evolutiva dell'area di studio è necessario sottolineare che la genesi dell'Appennino Meridionale è collocabile a cavallo tra il Mesozoico ed il Paleogene: in quel tempo infatti il margine occidentale di Adria era costituito da un sistema di piattaforme e bacini. Procedendo da Est verso Ovest, si

rinvenivano la Piattaforma Apula (anche detta piattaforma esterna o foreland), il Bacino Lagonegrese-Molisano (anche detto bacino esterno), la Piattaforma Appenninica (anche detta piattaforma interna o hinterland) ed in fine il Bacino Liguride-Sicilide (anche detto bacino interno). Questi domini paleogeografici hanno dato vita alle principali unità stratigrafico-strutturali che oggi formano l'impalcatura orogenica appenninica. A partire dal Miocene Medio, proprio le unità del Bacino Liguride-Sicilide, sono state le prime ad essere coinvolte dal fronte orogenico che è successivamente e gradualmente migrato verso Est andando a coinvolgere gli altri domini paleogeografici. Tale migrazione fu causata dalla subduzione verso Ovest della litosfera della Piattaforma Apula e si è (parzialmente) conclusa solo nel Pliocene. Man mano che il fronte orogenico è avanzato tuttavia le varie unità stratigrafiche si sono sovrapposte: le Unità del Bacino Liguride sono sovrascorse su quelle della Piattaforma Appenninica che a loro volta sono sovrascorse sulle Unità del Bacino Lagonegrese-Molisano. Tale cinematica evolutiva ha fatto sì che le unità tettoniche ad oggi rinvenibili in appennino vengano classificate in "Unità pre-orogene", "Unità sin-orogene" e "Unità post-orogene". Tettonicamente parlando dunque l'attuale struttura appenninica meridionale va interpretata come un complesso sistema di *duplex*, con accavallamenti di unità tettoniche (*over-thrust*) derivanti da *domini* paleogeografici interni su unità più esterne, a loro volta sovrascorse su unità ancora più esterne. Tale *tettonica a thrust* è stata accompagnata e seguita da faglie trascorrenti e da faglie dirette.

In tale contesto, un rilevamento geolitologico di dettaglio, esteso necessariamente ad una area più vasta, ha permesso di distinguere i tipi litologici presenti nell'area di interesse. Il rilevamento eseguito, ha rappresentato inoltre lo strumento di base su cui sono state articolate tutte le considerazioni successivamente esposte.

Il substrato della rilievo collinare (Figura 2) sul quale dovrà sorgere l'impianto, nonché le relative opere accessorie, è formato prevalentemente dai terreni flyschoidi del Gruppo delle Argille Variegata (Cretacico Superiore – Burdigaliano). Lungo i versanti, la sua litofacies calcareo-marnosa è maggiormente affiorante. L'ambiente deposizionale di tale gruppo, appartenente all'Unità cinematica sin-

orogena del Fortore, è di bacino (Bacino Lagonegrese-Molisano) con apporti torbiditici di base scarpata.

I terreni di copertura sono formati da depositi di natura eluvio-colluviale nonché, localmente, da detriti di frana (Quaternario).

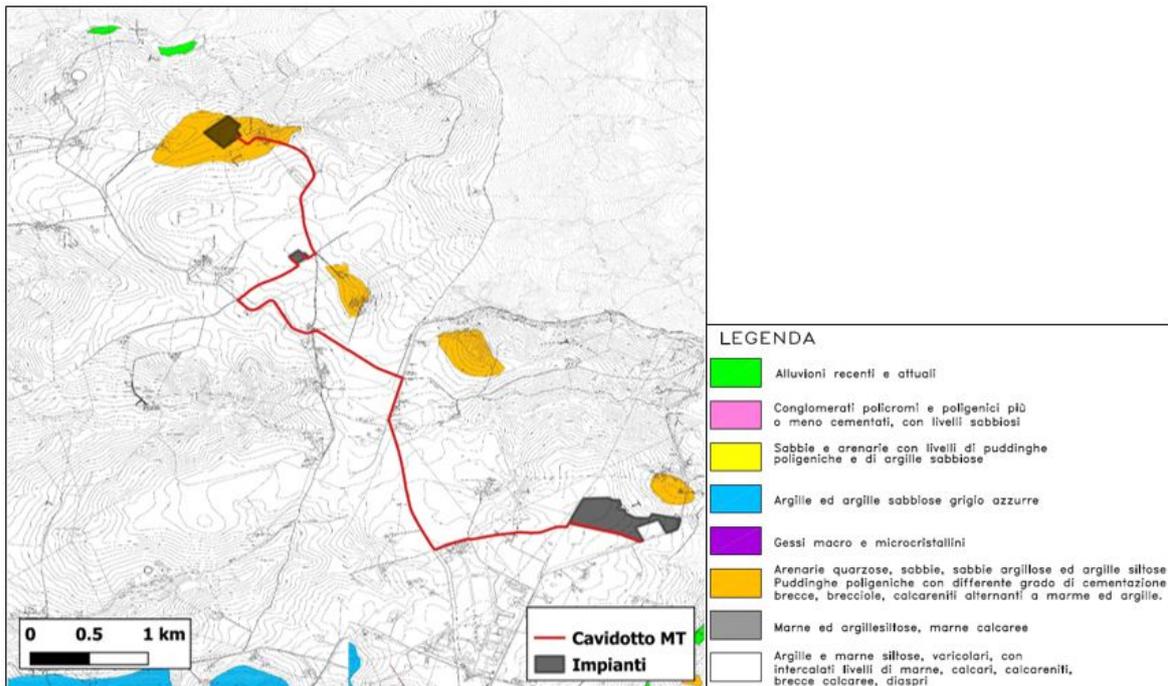


Figura 2: Stralcio Carta geologica relativa al PUC del Comune di Ariano Irpino.

## CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGRAFICHE

L'area oggetto di studio è ubicata nell'estremo settore settentrionale del territorio comunale di Ariano Irpino, in area prevalentemente collinare con rilievi che non superano i 700 m.s.l.m. Il rilievo che ospiterà le opere progettuali risulta essere significativamente inciso e delimitato Nord-Ovest dal Fiume Miscano mentre a Sud-Est dal Torrente Cervaro. Inoltre, sono presenti anche incisioni secondarie ad opera di aste torrentizie più o meno ben sviluppate, appartenenti rispettivamente ai bacini idrografici dei suddetti fiumi. (Figura 3).

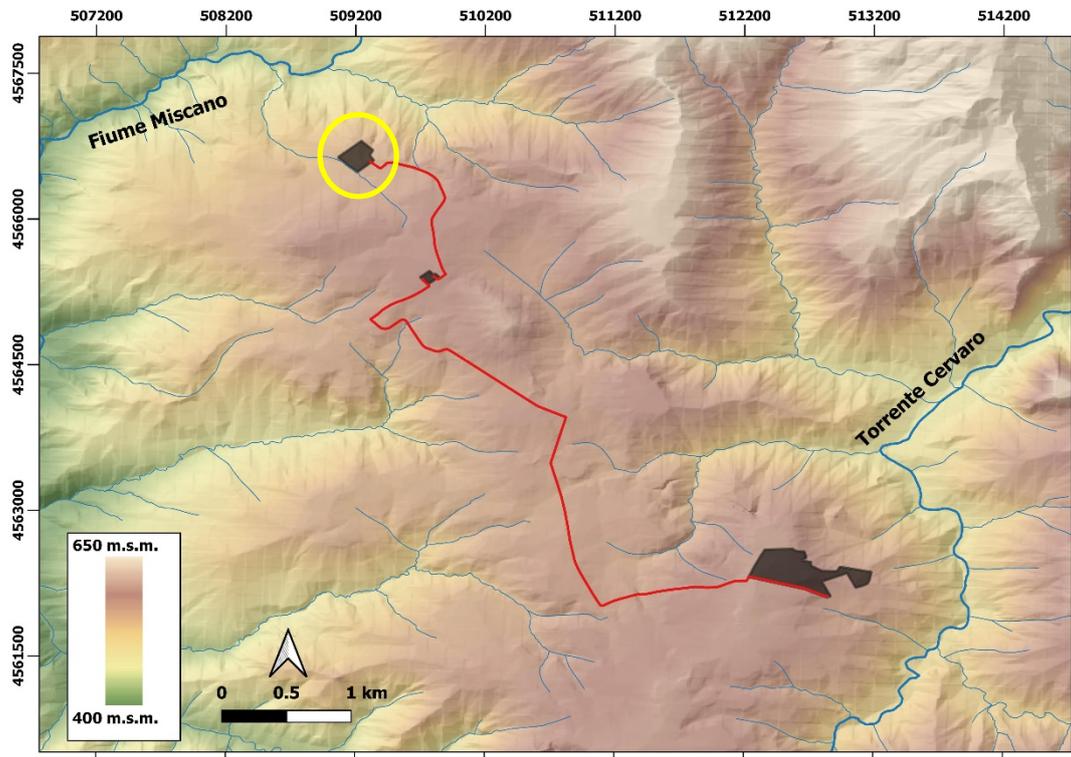
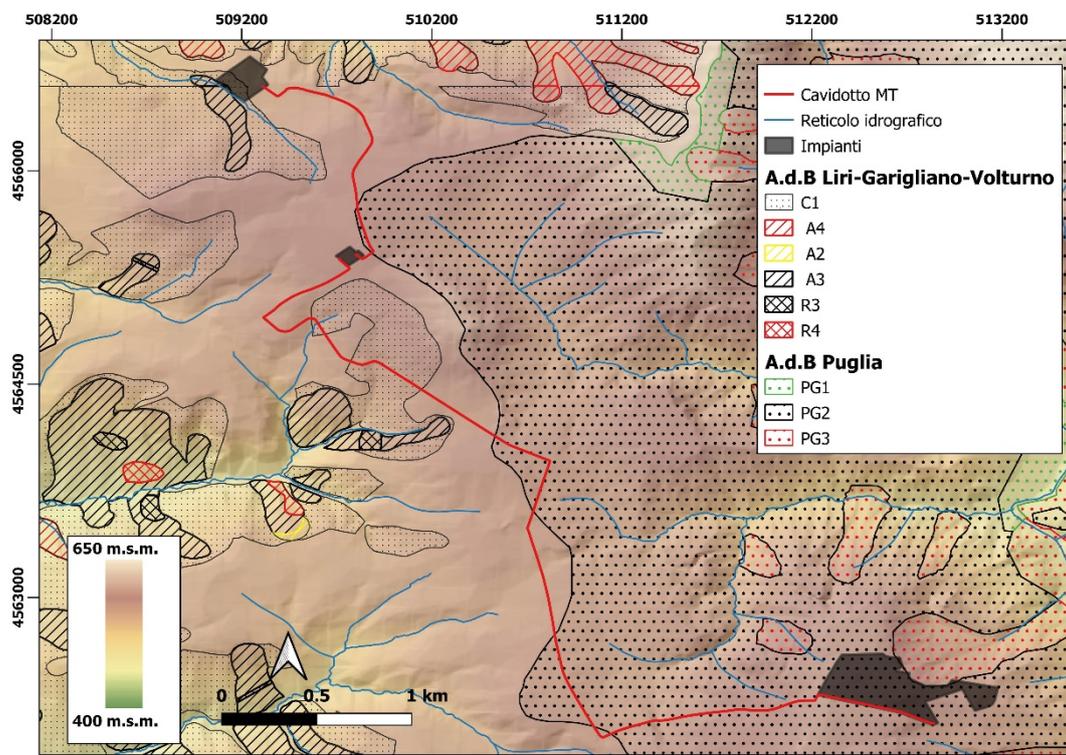


Figura 3: Carta topografica con reticolo idrografico. In giallo è evidenziata la stazione di trasformazione RTN di Terna S.p.A. Coordinate in WGS84 – UTM 33N.

La morfologia attuale dell'area è dovuta alla natura prevalentemente argillosa dei terreni costituenti il substrato a livello locale. Proprio questa natura dei terreni determina un elevato deflusso superficiale delle acque meteoriche durante gli eventi piovosi di media ed elevata intensità. Il prevalente ruscellamento delle acque piovane ha permesso lo sviluppo non soltanto di un sistema di drenaggio lineare a carattere prevalentemente torrentizio, ma anche il verificarsi di intensi fenomeni di erosione areale (*sheet erosion*).

Tali dinamiche geomorfologiche, unite a delle scarse proprietà geotecniche dei terreni presenti in loco ed una forte tettonizzazione dell'intera area, sono alla base dell'elevata suscettibilità dell'intero territorio ad essere interessato sia da movimenti franosi di tipo superficiale (colamenti lenti) sia da movimenti più profondi (scivolamenti rotazionali e/o traslativi).

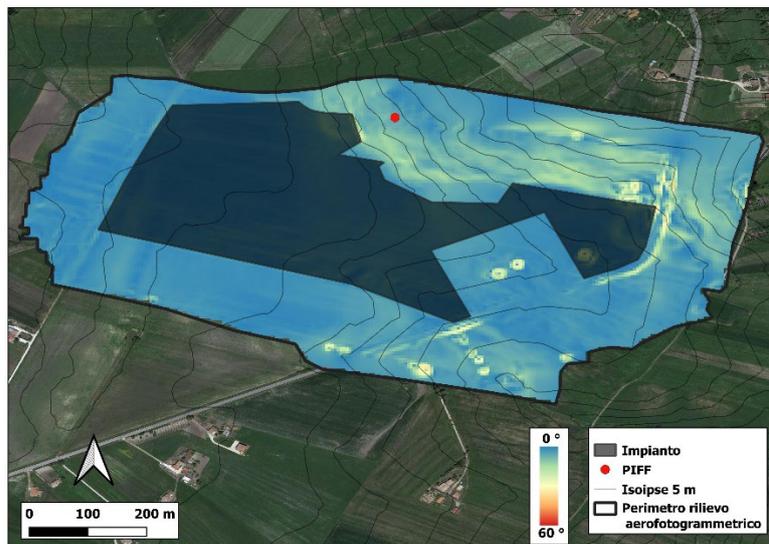
Nell'ambito della cartografia del rischio da frana, prodotta per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico da parte della già citata Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno e della Puglia, l'area che ospiterà l'impianto fotovoltaico, con i relativi sottocampi, risulta essere perimetrata in area PG2 e confinante con area PG3. Nella stessa perimetrazione ricadono anche porzioni di tratto di cavidotto MT. Per quanto attiene i territori ricadenti nell' A.d.B. Liri-Garigliano-Volturno, quest'ultimo invece attraverserà aree perimetrata come C1 (Figura 4). In Tabella 1 è sintetizzato il significato delle suddette classi di rischio.



*Figura 4: Carta distribuzione dei fenomeni franosi descritti secondo P.S.A.I. e relativa posizione delle opere progettuali. Coordinate in WGS84 – UTM 33N.*

Tuttavia, l'area in cui sorgerà l'impianto fotovoltaico risulta essere per lo più pianeggiante. Il rilievo geomorfologico eseguito ha escluso la presenza di fenomeni gravitativi attivi per gran parte del perimetro di interesse, anche alla luce degli scarsi valori di pendenza misurati, mediamente inferiori ai 5 ° (Figura 5). Poco oltre il confine del perimetro di interesse, in area PG3, tuttavia la Carta Inventario dei Fenomeni Franosi (IFFI) ha localizzato una deformazione gravitativa profonda del

versante (DGPV). Secondo la classificazione di Cruden e Varnes (1994), tali fenomeni risultano avere un'evoluzione estremamente lenta conferendogli una bassa intensità e risultante in limitato o basso danno potenziale per il costruito. Anche gran parte del tracciato del cavidotto MT attraverserà aree a scarsa pendenza (Figura 6), correndo congiuntamente alla viabilità esistente che, allo stato attuale, risulta essere priva di movimenti gravitativi in atto o di rilevante intensità. La stabilità delle suddette aree è inoltre confermata anche dalle misure interferometriche, disponibili dal 2016 al 2020, ed effettuate dall'European Ground Motion Service (EGMS). Tale servizio, offerto da Copernicus, si basa su misure interferometriche multi-temporali delle immagini radar Sentinel-1. Nella fattispecie, la tecnica interferometrica, date le ridotte velocità di spostamento delle principali tipologie di frane presenti nell'area, risulta essere un valido strumento per l'analisi del territorio in esame. Per i tratti indagati, sono stati individuati almeno 5 punti (*permanent scatters*) lungo il tracciato.



*Figura 5: Carta delle pendenze ricavata da DSM con risoluzione geometrica di 0,5 m. Ai fini rappresentativi il raster è stato ricampionato a 5 m/pixel. E' riportato, inoltre, quello che secondo il progetto IFFI è il punto identificativo fenomeno franoso (PIFF) rappresentante il punto più elevato del coronamento della frana.*

Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico sito nel Comune di Ariano Irpino (AV) in loc. "Masseria delle Monache" e relative opere di connessione

PROGETTO DEFINITIVO – Relazione geologica

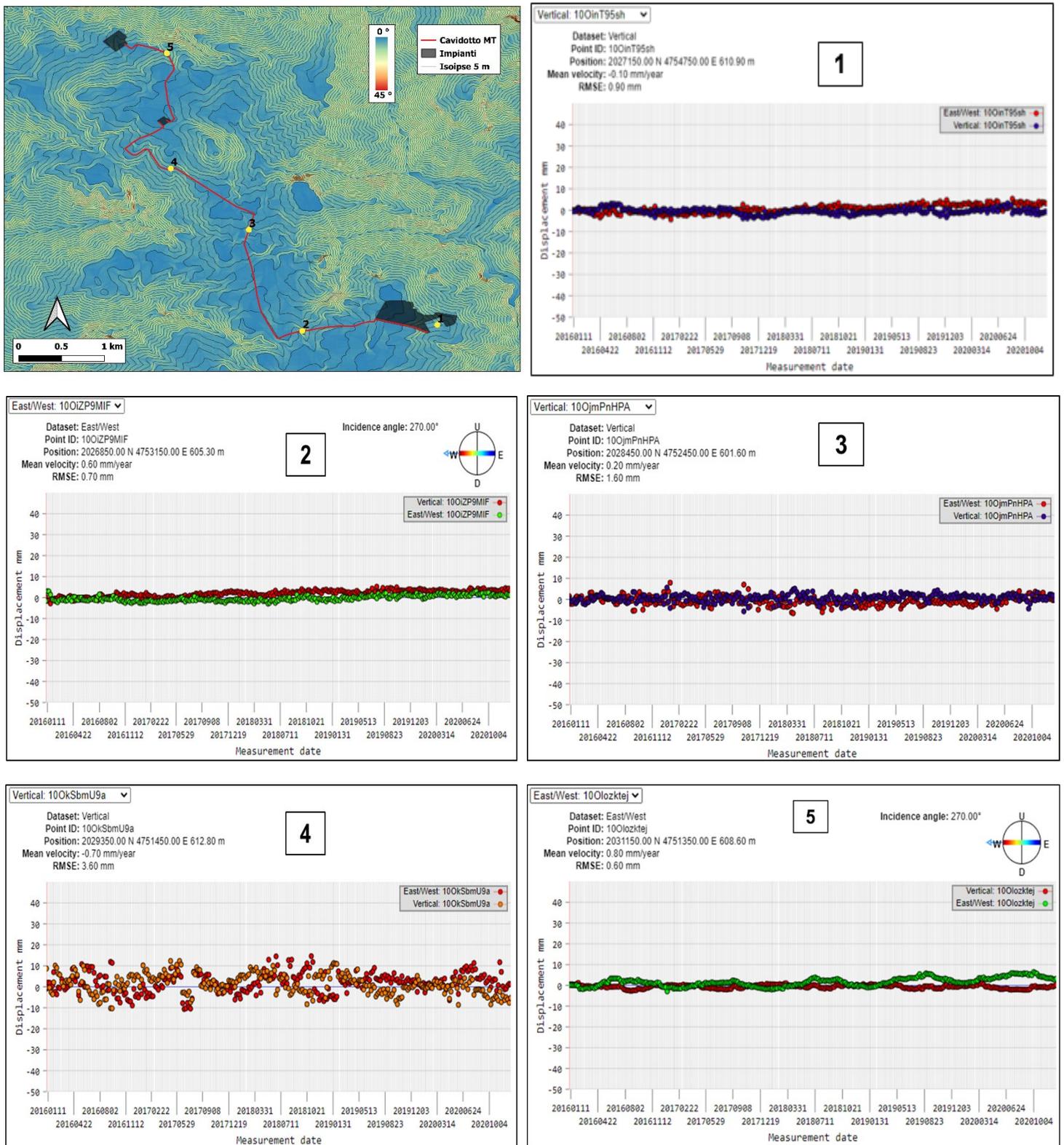


Figura 6: In alto a sinistra la carta delle pendenze ricavata da DTM con risoluzione geometrica di 10 m. In giallo sono rappresentati i punti di controllo, le cui rispettive serie temporali di spostamento sono evidenziate nei successivi riquadri.

*Tabella 1: Descrizione classi di rischio menzionate.*

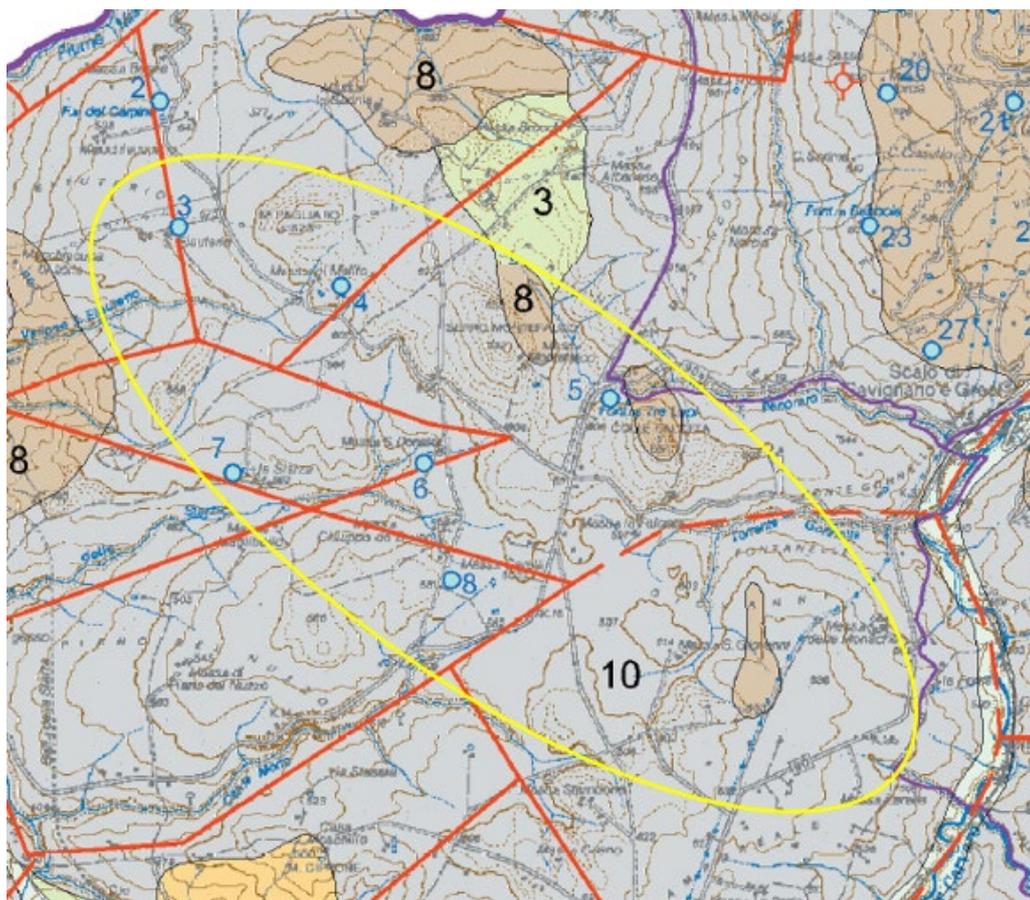
<b>Classe di rischio</b>	<b>Descrizione</b>
<b>PG2</b>	Porzione di territorio caratterizzata dalla presenza di due o più fattori geomorfologici predisponenti l'occorrenza di instabilità di versante e/o sede di frana stabilizzata.
<b>PG3</b>	Porzione di territorio interessata da fenomeni franosi attivi o quiescenti.
<b>C1</b>	Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati, ovvero fenomeni di primo distacco.

### **CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE**

La natura prevalentemente argillosa dei terreni che compongono l'area oggetto di indagine limita fortemente lo sviluppo di un'importante circolazione sotterranea, la quale tende dunque unicamente ad instaurarsi laddove i termini sabbiosi-arenacei della suddetta formazione geologica tendono a giustapporsi a quelli calcareo-marnosi ed argillosi-marnosi (la maggioranza). Questi ultimi infatti tendono a fungere da "impermeabile relativo" portando alla creazione di effimeri corpi idrici superficiali intraformazionali di natura stagionale.

Scarse e piccole dunque anche le manifestazioni sorgentizie, risultando essere a carattere principalmente stagionale con portate mediamente inferiori a 1 l/s.

Il complesso idrogeologico prevalente risulta dunque essere quello argilloso, avente un grado di permeabilità relativa estremamente basso o basso e con una tipologia di permeabilità quasi completamente per porosità (Figura 7).



**10** **Complesso argilloso:** argilliti varicolori, con intercalazioni di calcareniti e calcilutiti torbiditiche, a stratificazione sottile ( *Unità Sicilidi, Unità Lagonegresi* ); argille bituminose e siltiti, passanti ad argille siltose e a depositi argilloso-arenacei. Argille Varicolori e marne, con intercalazioni di calcareniti bioclastiche torbiditiche ( *Flysch Galestrino, Unità Daunia, Unità del Fortore, etc.* ).

Figura 7: Stralcio carta idrogeologica Provincia di Avellino (Aquino et. ali., 2006). In giallo è evidenziata l'area di interesse. I punti blu rappresentano le manifestazioni sorgentizie.

### **VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE**

Al paragrafo 7.11.3.4 del DM del 17/01/18 viene definita la stabilità del sito di costruzione rispetto alla liquefazione indotta da eventi sismici.

La verifica alla stessa, con riferimento al modello geologico del sottosuolo descritto nel paragrafo successivo ed in assenza di falda, è stata omessa secondo quanto prescritto dalle suddette norme.

### **INDAGINI IN SITO E MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO**

Le analisi eseguite nell'area, con un puntuale rilevamento geologico di trincee geologiche e di affioramenti presenti, con le indagini geognostiche eseguite, allegati

n.1, e lo studio degli elaborati del PUC hanno permesso di stimare la stratigrafia dei terreni presenti e la loro caratterizzazione geotecnica.

Il modello geologico del sito su cui sorgerà l'impianto fotovoltaico è il seguente:

da **0.00 a 1.00 m**: Terreno vegetale bruno limoso sabbioso

da **1.00 a 6.00 m**: Sabbia con limo argillosa poco addensata

da **6.00 a 10.00 m**: Argilla sabbiosa addensata

da **10.00 a 30.00 m**: Argilla grigia compatta

In Tabella 2 e 3 invece sono sintetizzati i risultati delle analisi fisico-meccaniche eseguite sui campioni indisturbati S1C1 e S1C2 prelevati rispettivamente tra i 2,50-3,00 m e gli 8,00-8.50 m di profondità dal sondaggio geognostico eseguito in prossimità del sito di interesse, allegati n.1.

*Tabella 2: Sintesi parametri geotecnici campione S1C1.*

<b>Contenuto d'acqua (j)</b>	%	26,11
<b>Peso unità di volume naturale (γ)</b>	kN/m <sup>3</sup>	16,45
<b>Peso unità di volume saturo (γ<sub>SAT</sub>)</b>	kN/m <sup>3</sup>	18,03
<b>Indice dei vuoti (e)</b>		0,99
<b>Angolo d'attrito (φ)</b>	gradi	25
<b>Coesione drenata</b>	(kPa)	12

Tabella 3: Sintesi parametri geotecnici campione S1C2.

<b>Contenuto d'acqua (<math>\omega</math>)</b>	%	20,65
<b>Peso unità di volume naturale (<math>\gamma</math>)</b>	kN/m <sup>3</sup>	20,20
<b>Peso unità di volume saturo (<math>\gamma_{SAT}</math>)</b>	kN/m <sup>3</sup>	20,51
<b>Indice dei vuoti (<math>e</math>)</b>		0,603
<b>Angolo d'attrito (<math>\varphi</math>)</b>	gradi	24
<b>Coesione non drenata</b>	(kPa)	133,9

## MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO COSTRUZIONE

Per la modellazione sismica del sito di costruzione è stata effettuata n.1 prospezione sismica di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh).

La tecnica MASW è attendibile fino a profondità pari alla metà della lunghezza dello stendimento effettuato ed ha permesso di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio orizzontali Vs fino allo spessore del substrato sismico e di classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

Gli elaborati relativi alle prove effettuate sono riportati nell'allegato n.1.

## INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

Le indagini sismiche effettuate, considerando il sito di interesse in Categoria topografica T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $\leq 15^\circ$ ), hanno fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in **categoria B** del D.M. 17 Gennaio 2018. La  $V_{seq}$  è risultata essere pari a **454,92 m/s**.

Questo valore è stato ricavato, come da normativa, dalla relazione:

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

Dove  $h_i$  e  $V_{s,i}$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti fino alla profondità del substrato ( $H$ ) al di sotto del piano fondale. Substrato è definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

In Tabella 4 è riportata la schematizzazione geosismica del sito.

*Tabella 4: Profilo verticale 1D delle VS dei dati da tecniche MASW.*

<b>Profondità di base sismostrato (m)</b>	<b><math>V_s</math></b>
3	190
12	400
30	650

In Figura 8 è riportato il profilo di velocità delle onde di taglio. I dati sono stati confrontati con indagini geognostiche puntuali.

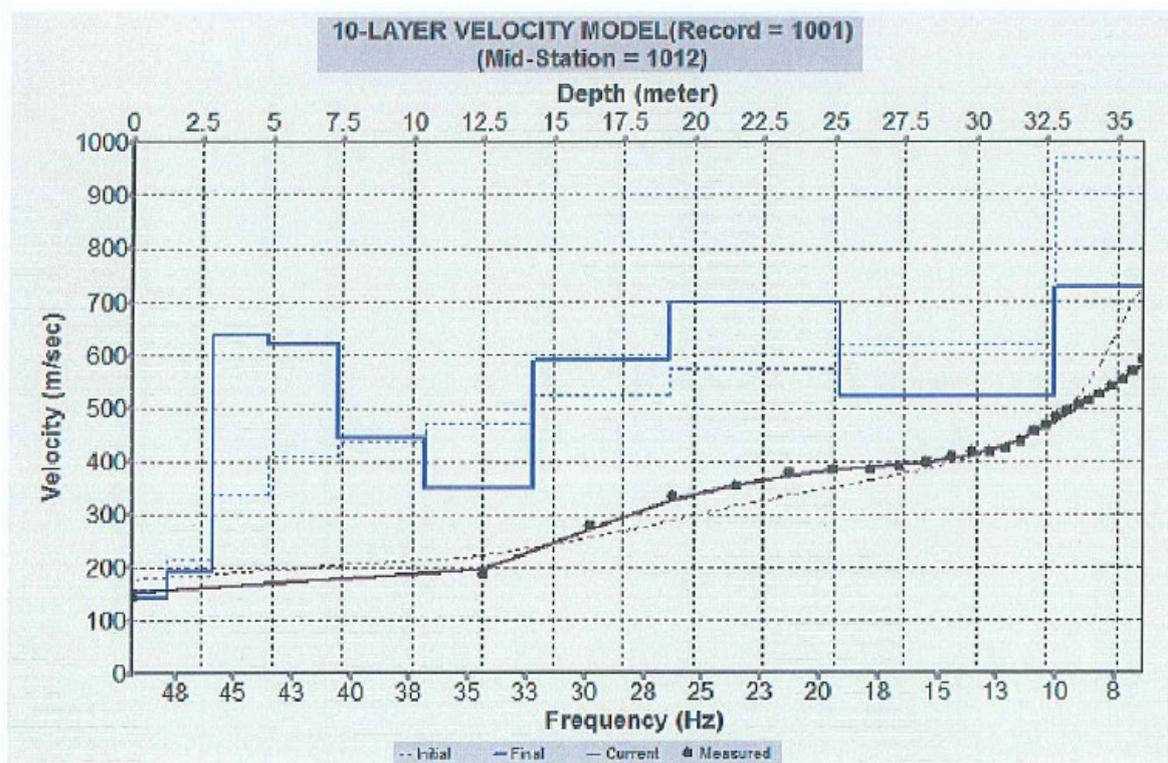


Figura 8: andamento delle Vs in funzione della profondità.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, il D.M. 17 Gennaio 2018 definisce 5 categorie di profilo stratigrafici del suolo di fondazioni. Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle NTC 2018.

In Figura 9 vengono riportate le categorie dei suoli di fondazione espresse nel suddetto decreto.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	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.
C	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.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 9: Tabella suoli di fondazione secondo D.M. 17 Gennaio 2018.

## SISMICITA' DELL'AREA

A seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, il territorio comunale di **Ariano Irpino (Av)** è classificato in I categoria  $a_g=0.35g$  (Fig.10).

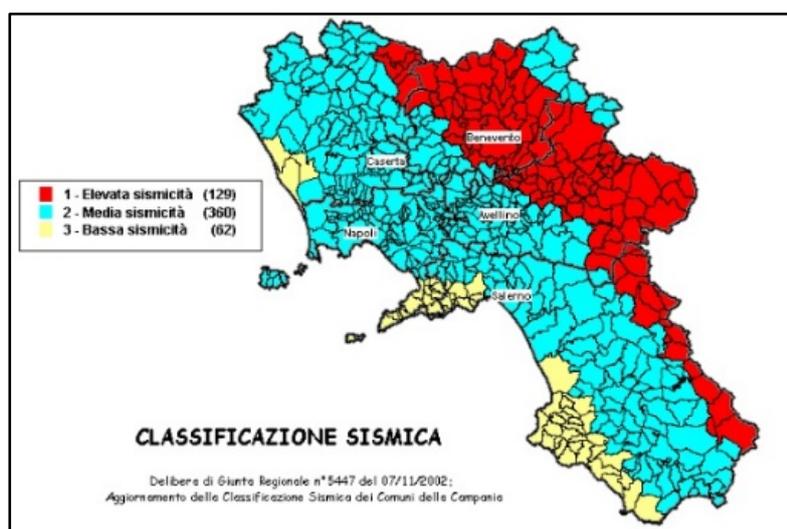


Figura 10: Classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania. Zona 1, valore di  $a_g=0.35g$ ; Zona 2, valore di  $a_g=0.25g$ ; Zona 3, valore di  $a_g=0.15g$ .

Invece, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica disponibile online sul sito dell'INGV di Milano (Fig.11), redatta secondo le Norme Tecniche per le

Costruzioni (D.M. 17/01/2018), indica che l'area di interesse rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento da un minimo di 0.250g ad un massimo di 0.350g.

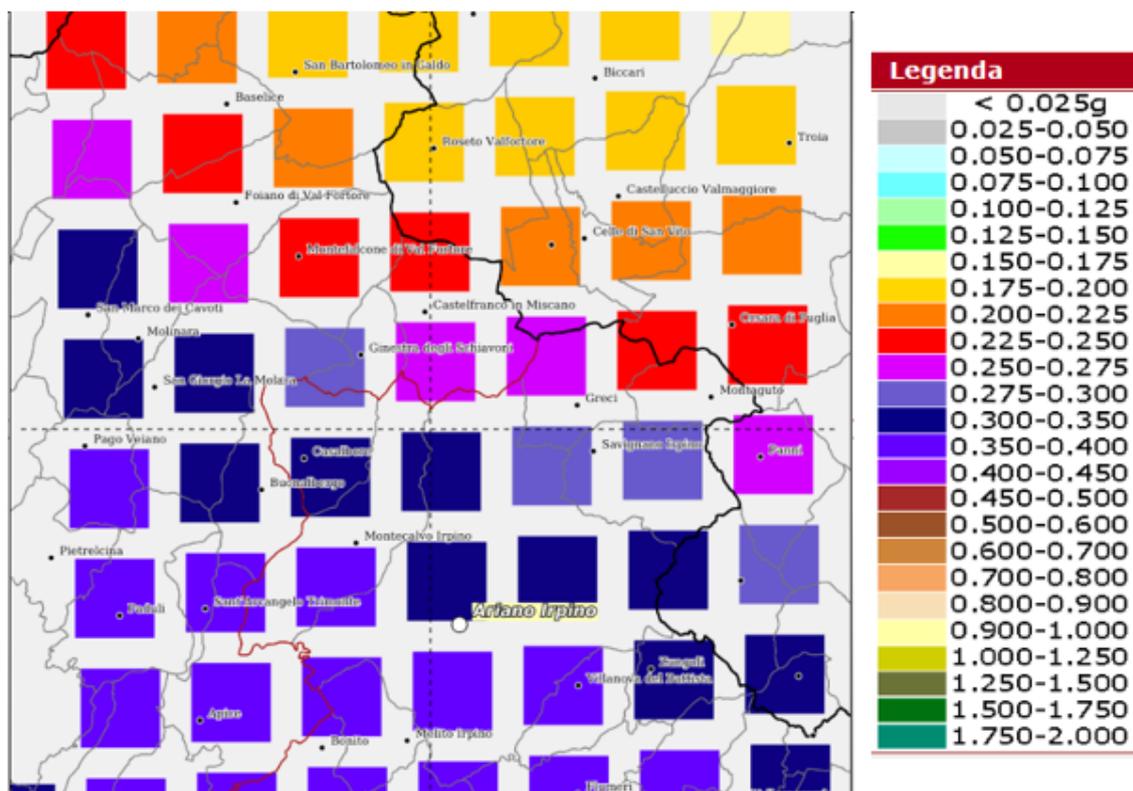


Figura 11: mappa della pericolosità sismica redatta dall'INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018); punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 5%; percentile 50.

## CONCLUSIONI

Considerata l'estensione areale delle opere di progetto, un quadro senza dubbio più robusto del modello geologico e geotecnico del sottosuolo è possibile realizzarlo solo attraverso ulteriori indagini geognostiche e sismiche, tuttavia i dati tecnici (geotecnici e sismici) proposti nei paragrafi precedenti risultano essere sufficienti per dipingere un primo quadro descrittivo utile ai fini progettuali.

In virtù di quanto sino ad ora detto è possibile affermare che, allo stato attuale delle conoscenze, non sussistono particolari problemi geologici ad eccezione di quelli di

natura geomorfologica interessanti comunque un'areale confinante rispetto a quello sul quale sorgerà l'impianto. Tuttavia, data:

- la tipologia di fondazione dei generatori fotovoltaici, ben descritti nella relazione tecnica facente parte degli elaborati progettuali, interessante soltanto volumi geotecnici perlopiù superficiali tali da non interagire con le dinamiche profonde del pendio coinvolto;
- i trascurabili sovraccarichi indotti dagli stessi;
- la loro ubicazione su di un'area per lo più sub-pianeggiante che per tale ragione risulta essere poco suscettibile ad eventi gravitativi;

e considerando:

- che il tracciato del cavidotto MT correrà parallelamente alla viabilità esistente, senza incremento del carico insediativo e dunque dell'attuale livello di rischio, e non precluderà la possibilità di attenuare e/o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio stesso,

tutti gli interventi a farsi non avranno un significativo impatto sulla stabilità dell'area interessata. Ciononostante, e con particolare riferimento all'area in cui sorgerà l'impianto, una parziale nuova perimetrazione del suddetto sarà valutata in sede di progettazione esecutiva.

Al netto delle prescrizioni riportate, il progetto nel suo complesso risulta pienamente fattibile e compatibile dal punto di vista geologico ed idrogeologico con le attuali condizioni del territorio in cui andrà a collocarsi.

Tanto dovevasi per incarico ricevuto.

Atripalda (AV), Ottobre 2022

il geologo

**Dott. Geol. Davide Mazza**



Laboratorio Prove su materiali da costruzione  
Prove di collaudo strutture  
Prove non distruttive  
Indagini Geognostiche e Geofisiche  
Laboratorio Geotecnico  
Laboratorio Chimico

Autorizzazione Legge 1086/71 - D.M. n° 414 del 27/11/2015

## COMUNE DI ARIANO IRPINO

Provincia di Avellino

### RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO SITO NEL  
COMUNE DI ARIANO IRPINO (AV) IN LOC. "MASSERIE DELLE MONACHE" E RELATIVE  
OPERE DI CONNESSIONE"

**Committente:** HELIOS ONE s.r.l.

**Data:** Luglio 2022

La Ditta  
GEOCONSULTLAB S.r.l.



Il Direttore  
Dott. Nicola Polzone



Su incarico della HELIOS ONE s.r.l. è stata condotta una campagna geognostica nel Comune di Ariano Irpino (AV) ai fini del **“PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO SITO NEL COMUNE DI ARIANO IRPINO (AV) IN LOC. “MASSERIE DELLE MONACHE” E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE”**.

La campagna geognostica in questione è consistita nella esecuzione delle seguenti indagini:

- N. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo;
- N. 2 prelievi di campioni indisturbati;
- N. 2 prove in foro del tipo S.P.T.;
- N.1 indagine sismica M.A.S.W..

Di seguito verranno descritte nel dettaglio le indagini effettuate per tale campagna geognostica.

### **SONDAGGIO GEOGNOSTICO**

Come già specificato poc'anzi per la suddetta campagna geognostica è stato eseguito un unico sondaggio geognostico a carotaggio continuo (S1), spinto sino ad una profondità di 30,0 m dal p.c.. All'interno del sondaggio geognostico S1 sono stati prelevati n.2 campioni terrigeni indisturbati sui quali eseguire le prove di laboratorio, nonché sono state svolte n.2 prove penetrometriche del tipo S.P.T..

Per l'esecuzione dei suddetti sondaggi geognostici è stata utilizzata una sonda meccanica idraulica cingolata CMV MK 1000, provvista di testa di rotazione di 720 kgf, azionata da motore idraulico a cilindrata variabile e cambio meccanico a cinque marce.

La perforazione è stata eseguita con carotiere semplice di diametro pari a 101 mm e corone a widia con minime quantità di fluido di perforazione. Le carote estratte sono state disposte all'interno di apposite cassette catalogatrici in pvc, con scomparti divisorii, sulle quali sono state riportate:

- la denominazione del sondaggio,
- il numero della cassetta;
- le quote progressive di prelievo;

- le quote di prelievo di campioni indisturbati;
- le quote di esecuzione di prove S.P.T..

Di seguito si riporta una tabella con uno schema riassuntivo del sondaggio eseguito dove viene specificata la profondità di investigazione rispetto al piano campagna, la profondità di esecuzione di prelievo campioni e prove S.P.T..

SONDAGGIO	METRI INVESTIGATI	CAMPIONE	PROFONDITA' PRELIEVO CAMPIONE	S.P.T.	PROFONDITA' ESECUZIONE S.P.T. (METRI)
S1	30.0	S1C1	2.50 – 3.00	N.1	3.00 – 3.45
		S1C2	8.00 – 8.50	N.2	8.50 – 8.95

Dall'osservazione del prospetto riassuntivo si evince che sono stati eseguite in totale n.2 prove S.P.T. ed effettuati n.2 prelievi di campione indisturbato.

La stratigrafia relativa al sondaggio eseguito all'interno del sito oggetto d'intervento è allegata a codesta relazione, dove vengono descritte le litologie investigate sino alla profondità di perforazione raggiunta, nonché i relativi spessori. Inoltre sono riportate le profondità di esecuzione delle prove S.P.T. svolte all'interno del sondaggio ed il relativo numero di colpi registrati durante la trivellazione.

### **PROVE S.P.T.**

Come già descritto in precedenza durante questa campagna geognostica sono state effettuate in totale n.2 prove penetrometriche del tipo S.P.T. all'interno del foro di sondaggio S1.

La prova S.P.T. consiste nel far cadere ripetutamente un maglio, del peso di 63,5kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato un campionatore di dimensioni standardizzate registrando durante la penetrazione:

- il numero di colpi di maglio N1 necessario a produrre l'infissione per i primi 15cm (tratto di avviamento) inclusa l'eventuale penetrazione quasi statica per gravità,
- il numero di colpi di maglio N2 necessario a produrre l'infissione per altri 15cm,
- il numero di colpi di maglio N3 necessario a produrre l'infissione per ulteriori 15cm.

Si riporta di seguito un prospetto riassuntivo sulle prove S.P.T. svolte durante la campagna d'indagine:

SONDAGGIO	PROFONDITA' ESECUZIONE S.P.T. (METRI)	NUMERO COLPI S.P.T.
S1	3.00 – 3.45	6 – 5 – 7
	8.50 – 8.95	15 – 17 – 23

### **CAMPIONI INDISTURBATI**

Come già specificato in precedenza all'interno del sondaggio geognostico svolto sono stati prelevati n.2 campioni indisturbati di materiale terrigeno (vedi stratigrafia allegata).

Per campioni indisturbati (o a disturbo limitato) s'intendono quelli prelevati con apparecchiature idonee a conferire il massimo grado di qualità compatibilmente con la natura del terreno e cioè, in base alla classificazione proposta dalle Raccomandazioni AGI.

Ogni campionamento deve essere preceduto dalle seguenti operazioni:

- adeguata stabilizzazione del foro mediante rivestimento provvisorio o fluido di perforazione, con pulizia del fondo;
- controllo della profondità dopo l'introduzione del campionatore;
- ulteriore manovra di pulizia con metodi adeguati, qualora si accertasse la presenza di detriti sul fondo foro per un'altezza incompatibile con la lunghezza del campionatore; la tolleranza in tal senso può essere maggiore nel caso di apparecchi muniti di pistone e cioè "chiusi" alla base prima dell'infissione.

Ultimata l'infissione, il campionatore viene estratto usando gli accorgimenti necessari per staccare il campione dal terreno sottostante e per ridurre il disturbo dovuto alla decompressione ed al risucchio. Il campione deve essere conservato nello stesso tubo o contenitore di prelievo, ripulito alle estremità, sigillato ermeticamente con paraffina fusa o tappi a tenuta e munito di etichetta (non degradabile con l'umidità) in cui siano indicati:

- designazione del committente, del cantiere e del sondaggio;
- profondità del prelievo (da/a metri rispetto al p.c. o ad altro riferimento prescritto);
- data di prelievo.

Di seguito si riporta un prospetto dei campioni indisturbati prelevati nel foro di sondaggio S1.

<i>Sondaggio</i>	<i>Campione</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Profondità prelievo dal p.c. (metri)</i>
<b>S1</b>	S1C1	indisturbato	2.50 – 3.00
	S1C2	indisturbato	8.00 – 8.50

Su tale campione sono state condotte le analisi per la determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche da parte del laboratorio certificato GEO.ECO.TEST.

Le prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati in linea generale sono le seguenti:

- Caratteristiche fisiche e naturali generali;
- Granulometria;
- Prova di taglio diretto;
- Prova triassiale U.U..

Nel dettaglio le prove di laboratorio eseguite su ciascun campione sono le seguenti:

<b>CAMPIONE</b>	<b>CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI</b>	<b>GRANULOMETRIA</b>	<b>PROVA DI TAGLIO DIRETTO</b>	<b>PROVA TRIASSIALE U.U.</b>
S1C1	X	X	X	/
S1C2	X	X	X	X
<b>TOTALE PROVE ESEGUITE</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

Attraverso l'esecuzione delle prove di laboratorio è stato possibile ricavare i principali parametri geotecnici relativi alla litologia investigata. Tali prove sono state eseguite dal laboratorio autorizzato GEO.ECO.TEST, i cui certificati sono allegati a codesta relazione.

Al fine di semplificare la consultazione dei risultati delle prove di laboratorio di seguito si riporta una tabella riassuntiva dove sono riportati i principali parametri geotecnici relativi ai campioni prelevati.

CAMPIONE	GRANULOMETRIA	PESO DI VOLUME $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ANGOLO DI ATTRITO $\phi'$ (°)	COESIONE DRENATA $C'$ (kPa)	COESIONE NON DRENATA $C_u$ (kPa)
S1C1	Sabbia con limo argillosa	16,45	25	12	-
S1C2	Argilla con sabbia limosa	20,20	24	34	133,9

Le metodologie applicate ed i relativi risultati sono riportati in dettaglio nei certificati allegati.

### **INDAGINE SISMICA M.A.S.W.**

Come già specificato in precedenza per questa campagna geognostica è stato realizzato un unico stendimento per la prova sismica di tipo M.A.S.W., il quale ha permesso il calcolo del parametro  $V_{S,eq}$  indispensabile per la definizione della categoria di sottosuolo (D.M. 17/01/18).

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei risultati ottenuti per la prova in questione:

<b>PROVA M.A.S.W.</b>	<b><math>V_{Seq}-V_{S30}</math> (m/s)</b>	<b>CATEGORIA DI SUOLO (D.M.2018)</b>
MASW N.1	454,92	<b>B</b>

Nel caso specifico essendo il substrato sismico, ovvero il sismostrato con velocità superiori ad 800 m/s, a profondità superiori di 30 m dal p.c., per l'individuazione della categoria di suolo sono state calcolate le  $V_{S,30}$ , in linea con quanto disposto dal D.M. 2018.

Le metodologie applicate ed i relativi risultati sono riportati in dettaglio nei certificati allegati.



*Laboratorio Prove su materiali da costruzione  
Prove di collaudo strutture  
Prove non distruttive  
Indagini Geognostiche e Geofisiche  
Laboratorio Geotecnico  
Laboratorio Chimico*

*Autorizzazione Legge 1086/71 - D.M. n° 414 del 27/11/2015*

---

Di seguito si riportano i seguenti allegati:

- Ubicazione indagini;
- Report fotografico e stratigrafia sondaggio geognostico;
- Certificati prove di laboratorio;
- Indagine sismica MASW.

## UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE





*Laboratorio Prove su materiali da costruzione  
Prove di collaudo strutture  
Prove non distruttive  
Indagini Geognostiche e Geofisiche  
Laboratorio Geotecnico  
Laboratorio Chimico*

Autorizzazione Legge 1086/71 - D.M. n° 414 del 27/11/2015

---

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO  
FOTOVOLTAICO SITO NEL COMUNE DI ARIANO IRPINO (AV) IN  
LOC. "MASSERIE DELLE MONACHE" E RELATIVE OPERE DI  
CONNESSIONE**

**SONDAGGIO GEOGNOSTICO**

## REPORT FOTOGRAFICO



S1C1 - Cassetta da 0,00 m a 5,00 m



S1C2 - Cassetta da 5,00 m a 10,00 m



S1C3 - Cassetta da 10,00 m a 15,00 m



S1C4 - Cassetta da 15,00 m a 20,00 m



S1C5 - Cassetta da 20,00 m a 25,00 m



S1C6 - Cassetta da 25,00 m a 30,00 m





STRATIGRAFIA

Accettazione N°042/22      Certificato N° 086/22 del 15/06/2022  
 Committente: HELIOS TWO s.r.l.      Cantiere: Camporeale - Ariano Irpino  
 Oggetto: Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico sito nel Comune di Ariano Irpino (AV) in loc. "Masserie delle Monache" e relative opere di connessione.  
 Sondaggio: S1      Data inizio: 15/06/2022      Data fine: 15/06/2022  
 Strumentazione : CMW MK 1000 D      Diam. Perforaz.: 101 mm  
 Tipologia perforazione : Carotaggio continuo       Distruzione

Scala 1:150

Coordinate WGS84: 512290.38 m E, 4562446.80 m N

Profondità dal p.c. (m.)	Potenza degli strati (m.)	Quota assoluta s.l.m. (m.)	Simbologia	Percentuale di carotaggio	Campioni	Campionatore	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Pocket Penetrometer (kg/cm²)	Tipo S.P.T.	Profondità S.P.T. (m.dal p.c.)	S.P.T. N1-N2-N3	Falda (m.dal p.c.)	Rivestim. provv.	Attrezzatura installate in foro
1.00	1.0			20% 40% 60% 80% 100%			TERRENO VEGETALE BRUNO LIMOSO SABBIOSO.							
	5.0				2.5 3.0 She		SABBIA CON LIMO ARGILLOSA DI COLORE MARRONE POCO ADDENSATA.		P.C.	3.50 3.95		6-5-7		
	6.00						ARGILLA SABBIOSA GIALLASTRA COMPATTA.		P.C.	8.50 8.95		15-17-23		
	10.00				8.0 8.5 She		ARGILLA GRIGIA COMPATTA.							
	20.0													
	30.00													



Lo Sperimentatore  
dott.ssa geol. Fiammetta Sargento

P.C.= punta chiusa  
She= shelby

FINE SONDAGGIO

Pag. 1 di 1

Il Direttore  
dott. geol. Nicola Polzone



*Laboratorio Prove su materiali da costruzione  
Prove di collaudo strutture  
Prove non distruttive  
Indagini Geognostiche e Geofisiche  
Laboratorio Geotecnico  
Laboratorio Chimico*

*Autorizzazione Legge 1086/71 - D.M. n° 414 del 27/11/2015*

---

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO  
FOTOVOLTAICO SITO NEL COMUNE DI ARIANO IRPINO (AV) IN  
LOC. "MASSERIE DELLE MONACHE" E RELATIVE OPERE DI  
CONNESSIONE**

**PROVE DI LABORATORIO**

## SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE



**N° D'ORDINE:** 64/22  
**COMMITTENTE:** Helios One srl  
**CANTIERE:** Impianto fotovoltaico da 37351 MW  
**LOCALITA':** Camporeale - Ariano Irpino (AV)  
**SONDAGGIO:** 1  
**CAMPIONE:** 1  
**PROFONDITA':** 2,5-3,0  
**DATA INIZIO:** 04/07/22  
**DATA FINE:** 12/07/22

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
PESO DI VOLUME APPARENTE	$\gamma$	16,45	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	13,05	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	18,03	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME IMMERSO	$\gamma_i$	8,03	kN/m <sup>3</sup>
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	25,99	kN/m <sup>3</sup>
INDICE DEI VUOTI	e	0,992	
POROSITA'	n	49,80	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	S <sub>r</sub>	68,40	%
UMIDITA' NATURALE	w	26,11	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL		%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP		%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	I <sub>c</sub>		
<b>QUALITA' DEL CAMPIONE</b>		<b>Q5</b>	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	$\phi'$	25	°
COESIONE DRENATA	c'	12,0	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	$\phi_{res}$	-	°
COESIONE NON DRENATA	c <sub>u</sub>	-	kPa
<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
(% trattenuta al setaccio n°200)	1,13	41,24	57,63
PARTE FINA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
(% passante al setaccio n°200)	3,42	52,44	44,14
<b>GRANULOMETRIA CUMULATIVA</b>			
	GHIAIA	SABBIA	LIMO
	1,13	43,21	30,22
<b>CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006</b>			
<b>INDICE DI GRUPPO</b>			

DESCRIZIONE: Sabbia con limo argilloso di colore marrone

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

# ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA



N. d'Ordine : 64/22

N. Certificato : 626/22

Indagine : Impianto fotovoltaico da 37351 MW

Committente : Helios One srl

Località : Camporeale - Ariano Irpino (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 2,5-3,0

Ricevimento campione: 04/07/22

Data apertura campione: 04/07/22

Data esecuzione prova: 04/07/22

Descrizione del campione : Sabbia con limo argilloso di colore marrone

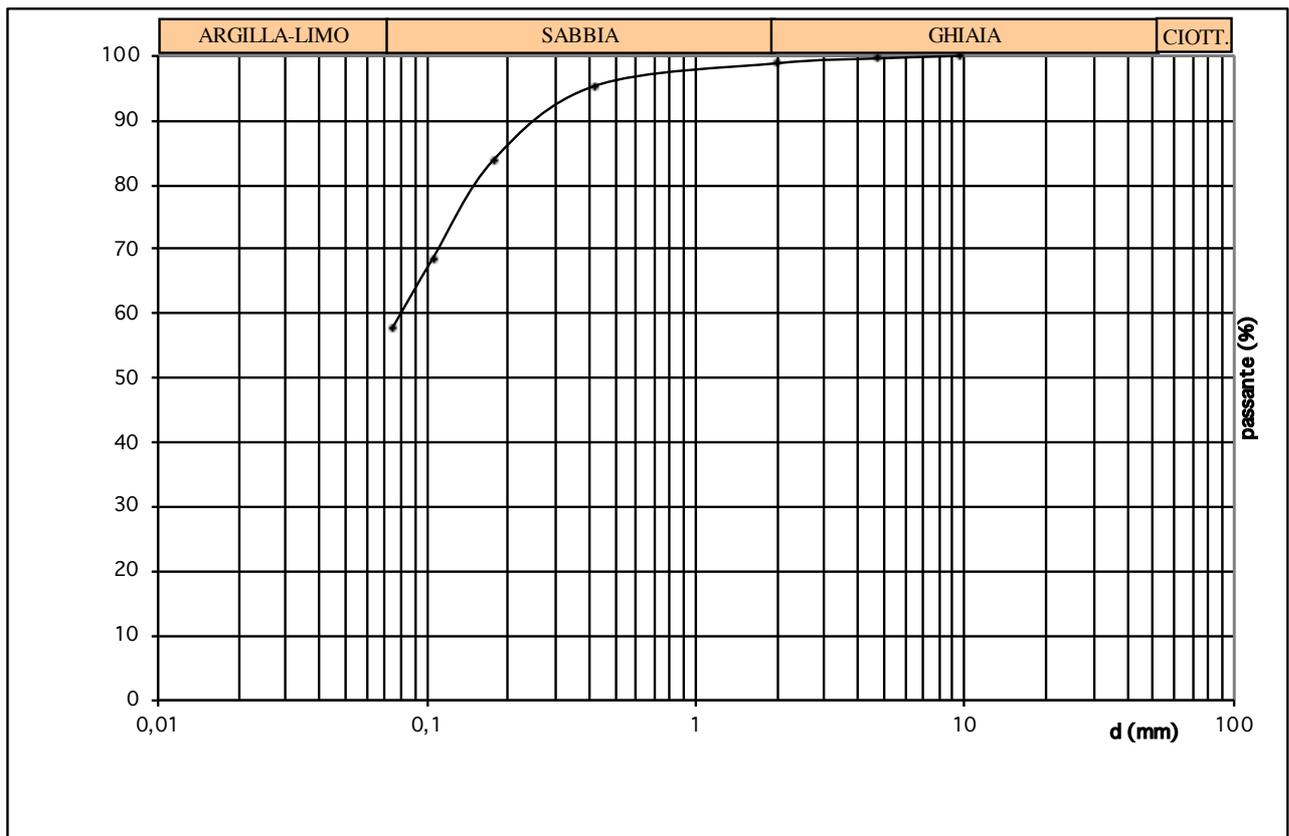
Tipo di prova: per via umida

Umidità (%) : 26,1

Peso totale del campione (g): 1003

Peso secco (g) : 795

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
3/8	9,53	0	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>
N4	4,76	3	<b>0,38</b>	<b>99,62</b>
N10	2,00	9	<b>1,13</b>	<b>98,87</b>
N40	0,42	37	<b>4,65</b>	<b>95,35</b>
N80	0,177	128	<b>16,09</b>	<b>83,91</b>
N140	0,105	250	<b>31,43</b>	<b>68,57</b>
N200	0,074	337	<b>42,37</b>	<b>57,63</b>



Lo sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1

## ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE



N. d'Ordine : 64/22

N. Certificato : 627/22

Indagine : Impianto fotovoltaico da 37351 MW

Committente : Helios One srl

Località : Camporeale - Ariano Irpino (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 2,5-3,0

Data ricevimento campione: 04/07/22

Data apertura campione: 04/07/22

Data esecuzione prova: 07/07/22

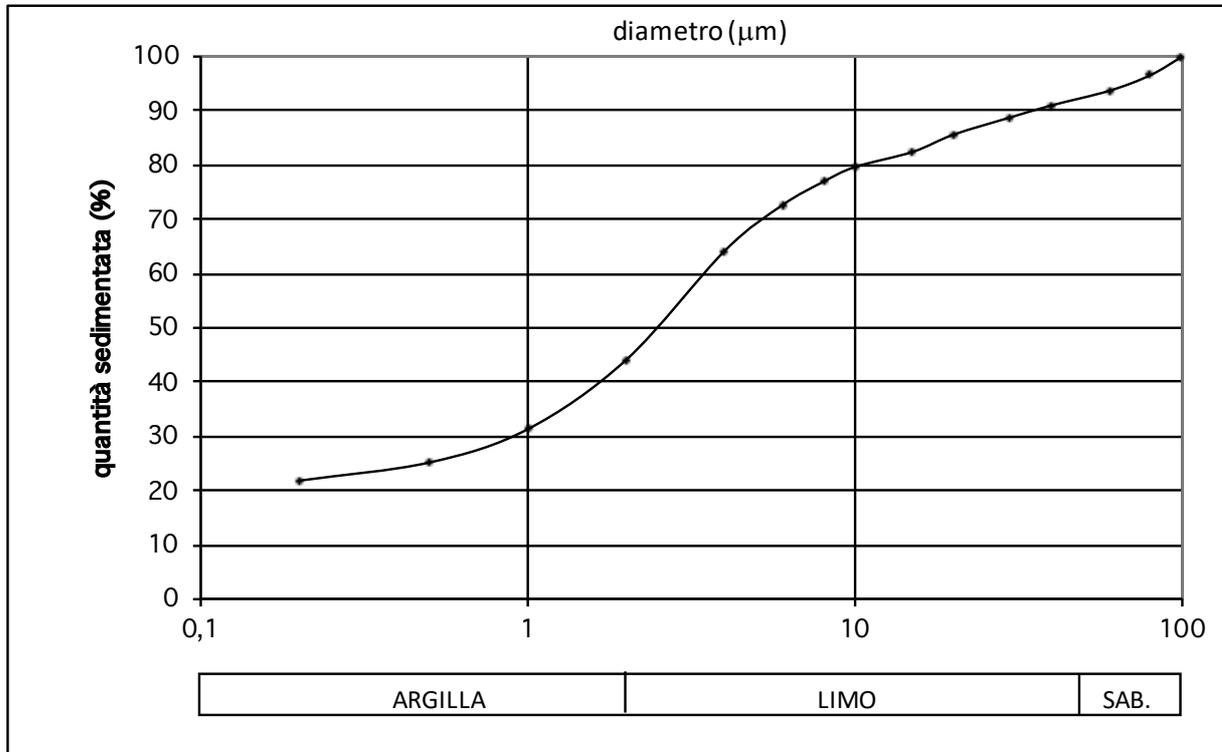
Descrizione del campione : Sabbia con limo argilloso di colore marrone

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 20

Peso specifico dei granuli (kN/m<sup>3</sup>): 25,99

DIAMETRO		QUANTITA'
( $\mu\text{m}$ )		%
0,2	Argilla	21,84
0,5		25,19
1		31,34
2		44,14
4	Limo	64,22
6		72,63
8		76,92
10		79,65
15		82,43
20		85,61
30		88,83
40		91,02
60	93,71	
80	Sabbia	96,58
100		100,00



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO



N. d'Ordine : 64/22

N. Certificato : 628/22

Indagine : Impianto fotovoltaico da 37351 MW

Committente : Helios One srl

Località : Camporeale - Ariano Irpino (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 1

Profondità di prelievo (m) : 2,5-3,0

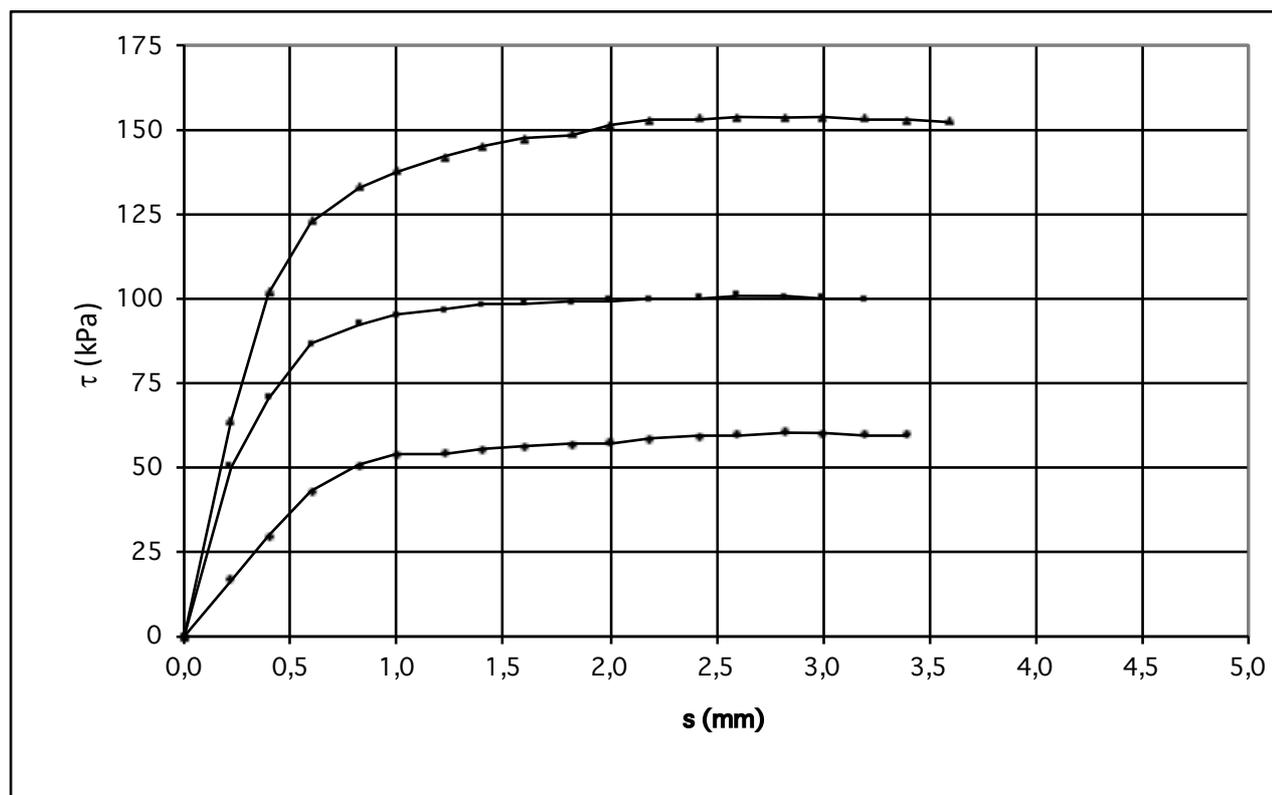
Data ricevimento campione: 04/07/22

Data apertura campione: 04/07/22

Data esecuzione prova: 04/07/22

Descrizione del campione : Sabbia con limo argilloso di colore marrone

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	16,44	16,42	16,40
Contenuto naturale d'acqua (%)	26,11	26,11	26,11
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
<b>CARATTERISTICHE DELLA PROVA</b>			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,001		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

N. d'Ordine : 64/22  
Indagine : Impianto fotovoltaico da 37351 MW  
Committente : Helios One srl  
Località : Camporeale - Ariano Irpino (AV)  
Sondaggio n° : 1  
Profondità di prelievo (m) : 2,5-3,0  
Data apertura campione: 04/07/22  
Descrizione del campione : Sabbia con limo argilloso di colore marrone

N. Certificato : 628/22  
Campione n° : 1  
Data ricevimento campione: 04/07/22  
Data esecuzione prova: 04/07/22

### VALORI DEGLI SFORZI DI TAGLIO

Spostamento s (mm)	Provino 1 $\tau$ (kPa)	Provino 2 $\tau$ (kPa)	Provino 3 $\tau$ (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	16,8	50,3	63,8
0,4	29,6	70,6	101,6
0,6	42,7	86,7	122,7
0,8	50,8	92,4	133,1
1,0	53,6	95,2	137,5
1,2	54,1	96,7	141,8
1,4	55,2	98,1	144,9
1,6	56,2	98,5	147,3
1,8	56,9	98,9	148,7
2,0	57,3	99,3	151,3
2,2	58,6	99,6	152,7
2,4	59,2	100,3	153,2
2,6	59,8	100,8	153,5
2,8	60,3	100,5	153,6
3,0	60,1	100,2	153,4
3,2	59,7	99,8	153,1
3,4	59,6		152,8
3,6			152,3
3,8			
4,0			
4,2			
4,4			
4,6			
4,8			
5,0			

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

## SCHEDA RIASSUNTIVA DEL CAMPIONE



**N° D'ORDINE:** 64/22  
**COMMITTENTE:** Helios One srl  
**CANTIERE:** Impianto fotovoltaico da 37351 MW  
**LOCALITA':** Camporeale - Ariano Irpino (AV)  
**SONDAGGIO:** 1  
**CAMPIONE:** 2  
**PROFONDITA':** 8,0-8,5  
**DATA INIZIO:** 04/07/22  
**DATA FINE:** 12/07/22

PARAMETRO GEOTECNICO	SIMBOLO	VALORE	UNITA' DI MISURA
PESO DI VOLUME APPARENTE	$\gamma$	20,20	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SECCO	$\gamma_d$	16,75	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME SATURO	$\gamma_{sat}$	20,51	kN/m <sup>3</sup>
PESO DI VOLUME IMMERSO	$\gamma_i$	10,51	kN/m <sup>3</sup>
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	$\gamma_s$	26,85	kN/m <sup>3</sup>
INDICE DEI VUOTI	e	0,603	
POROSITA'	n	37,63	%
GRADO DI SATURAZIONE INIZIALE	S <sub>r</sub>	91,88	%
UMIDITA' NATURALE	w	20,65	%
LIMITE DI LIQUIDITA'	LL		%
LIMITE DI PLASTICITA'	LP		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP		%
LIMITE DI RITIRO	LR		%
INDICE DI CONSISTENZA	I <sub>c</sub>		
<b>QUALITA' DEL CAMPIONE</b>		<b>Q5</b>	
ANGOLO DI ATTRITO DI PICCO	$\phi'$	24	°
COESIONE DRENATA	c'	34,0	kPa
ANGOLO DI ATTRITO RESIDUO	$\phi_{res}$	-	°
COESIONE NON DRENATA	c <sub>u</sub>	133,9	kPa
<b>ANALISI GRANULOMETRICA</b>			
PARTE GROSSOLANA	GHIAIA	SABBIA	LIMO+ARGILLA
(% trattenuta al setaccio n°200)	0,27	29,65	70,08
PARTE FINA	SABBIA	LIMO	ARGILLA
(% passante al setaccio n°200)	2,91	33,82	63,27
<b>GRANULOMETRIA CUMULATIVA</b>			
	GHIAIA	SABBIA	LIMO
	0,27	31,69	23,70
<b>CLASSIFICAZIONE CNR UNI 10006</b>			
<b>INDICE DI GRUPPO</b>			

DESCRIZIONE: Argilla sabbiosa giallastra

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

# ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA



N. d'Ordine : 64/22

N. Certificato : 629/22

Indagine : Impianto fotovoltaico da 37351 MW

Committente : Helios One srl

Località : Camporeale - Ariano Irpino (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 2

Profondità di prelievo (m) : 8,0-8,5

Ricevimento campione: 04/07/22

Data apertura campione: 04/07/22

Data esecuzione prova: 04/07/22

Descrizione del campione : Argilla sabbiosa giallastra

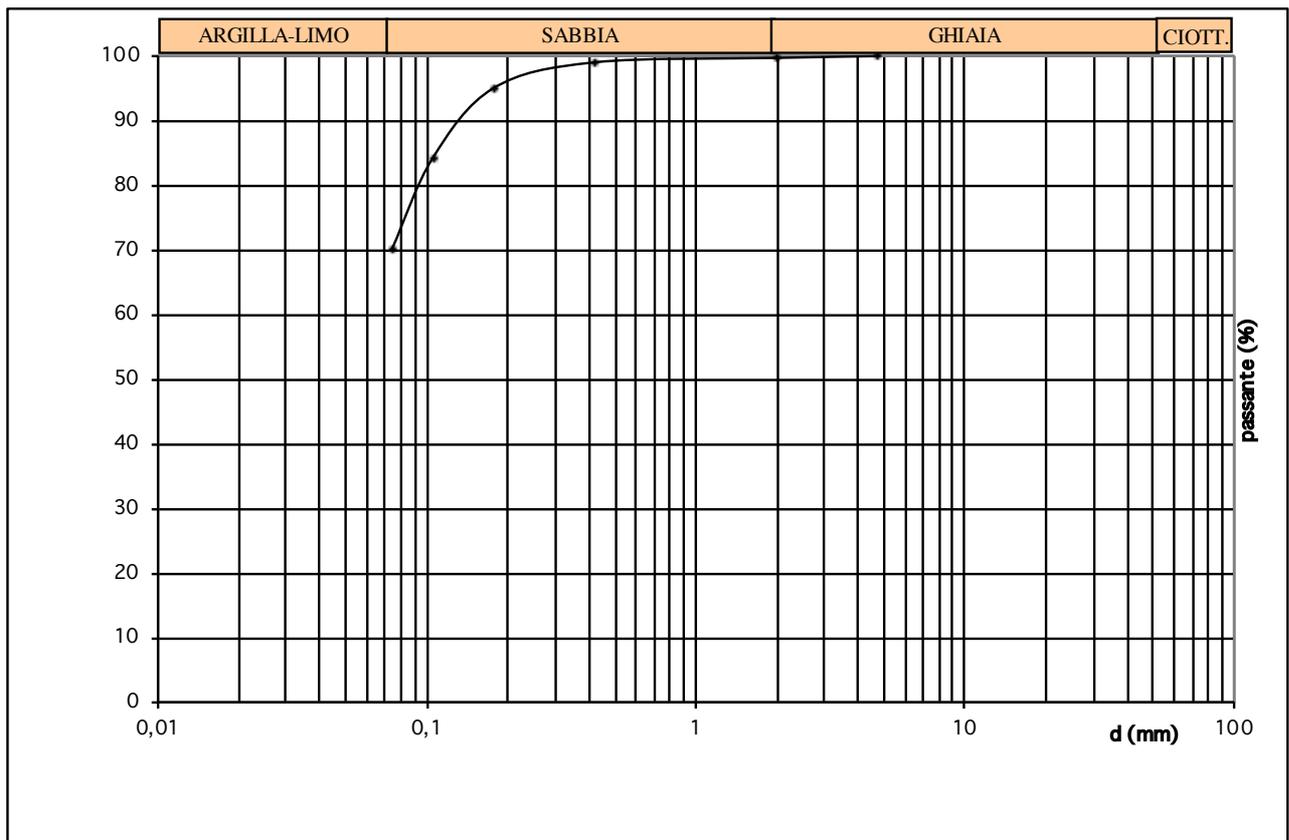
Tipo di prova: per via umida

Umidità (%) : 20,6

Peso totale del campione (g): 879

Peso secco (g) : 729

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
N4	4,76	0	<b>0,00</b>	<b>100,00</b>
N10	2,00	2	<b>0,27</b>	<b>99,73</b>
N40	0,42	7	<b>0,96</b>	<b>99,04</b>
N80	0,177	36	<b>4,94</b>	<b>95,06</b>
N140	0,105	115	<b>15,78</b>	<b>84,22</b>
N200	0,074	218	<b>29,92</b>	<b>70,08</b>



Lo sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

*David Severini*

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*Fabio Bonazzi Bonaca*

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1

Procedura UNI CEN ISO/TS 17892-4:2005

PO-12a

## ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE



N. d'Ordine : 64/22

N. Certificato : 630/22

Indagine : Impianto fotovoltaico da 37351 MW

Committente : Helios One srl

Località : Camporeale - Ariano Irpino (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 2

Profondità di prelievo (m) : 8,0-8,5

Data ricevimento campione: 04/07/22

Data apertura campione: 04/07/22

Data esecuzione prova: 07/07/22

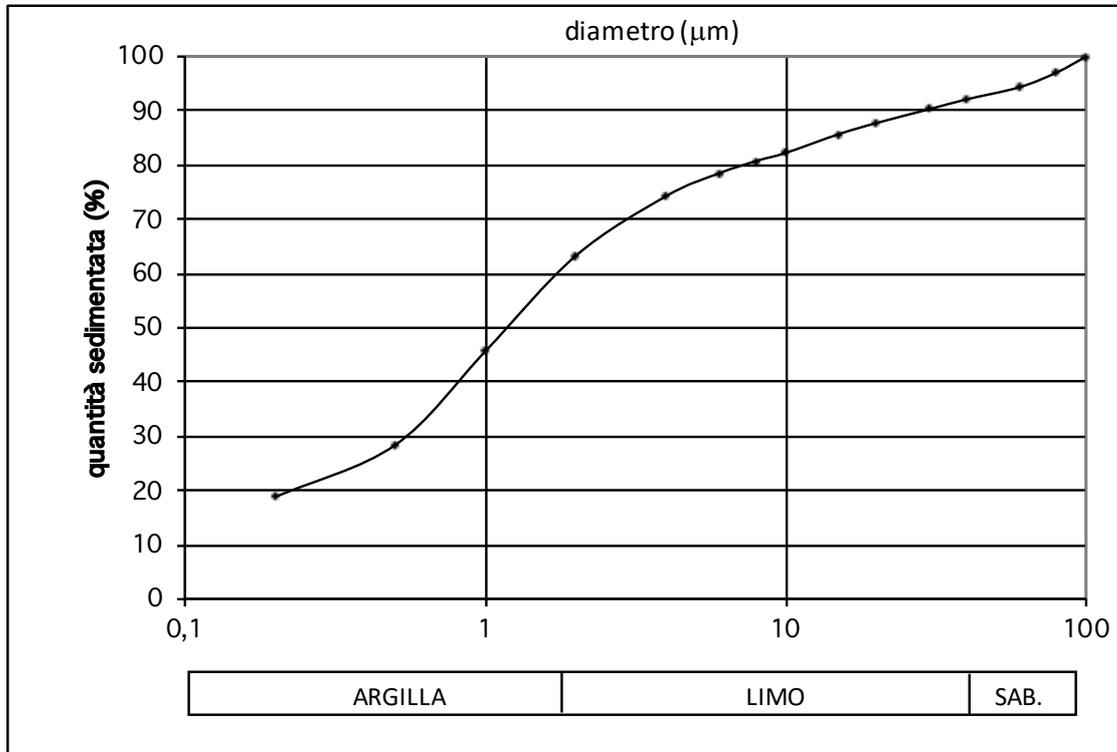
Descrizione del campione : Argilla sabbiosa giallastra

Peso totale del campione (g): 40

Temperatura di prova (°C): 20

Peso specifico dei granuli (kN/m<sup>3</sup>): 26,85

DIAMETRO		QUANTITA'
( $\mu\text{m}$ )		%
0,2	Argilla	18,83
0,5		28,37
1		45,68
2		63,27
4	Limo	74,28
6		78,48
8		80,77
10		82,24
15		85,69
20		87,73
30		90,28
40	92,11	
60	94,35	
80	Sabbia	97,09
100		100,00



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

UNI CEN ISO/TS 17982-4:2005

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Pagina 1/1

Mod.0901-20b

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO



N. d'Ordine : 64/22

N. Certificato : 631/22

Indagine : Impianto fotovoltaico da 37351 MW

Committente : Helios One srl

Località : Camporeale - Ariano Irpino (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 2

Profondità di prelievo (m) : 8,0-8,5

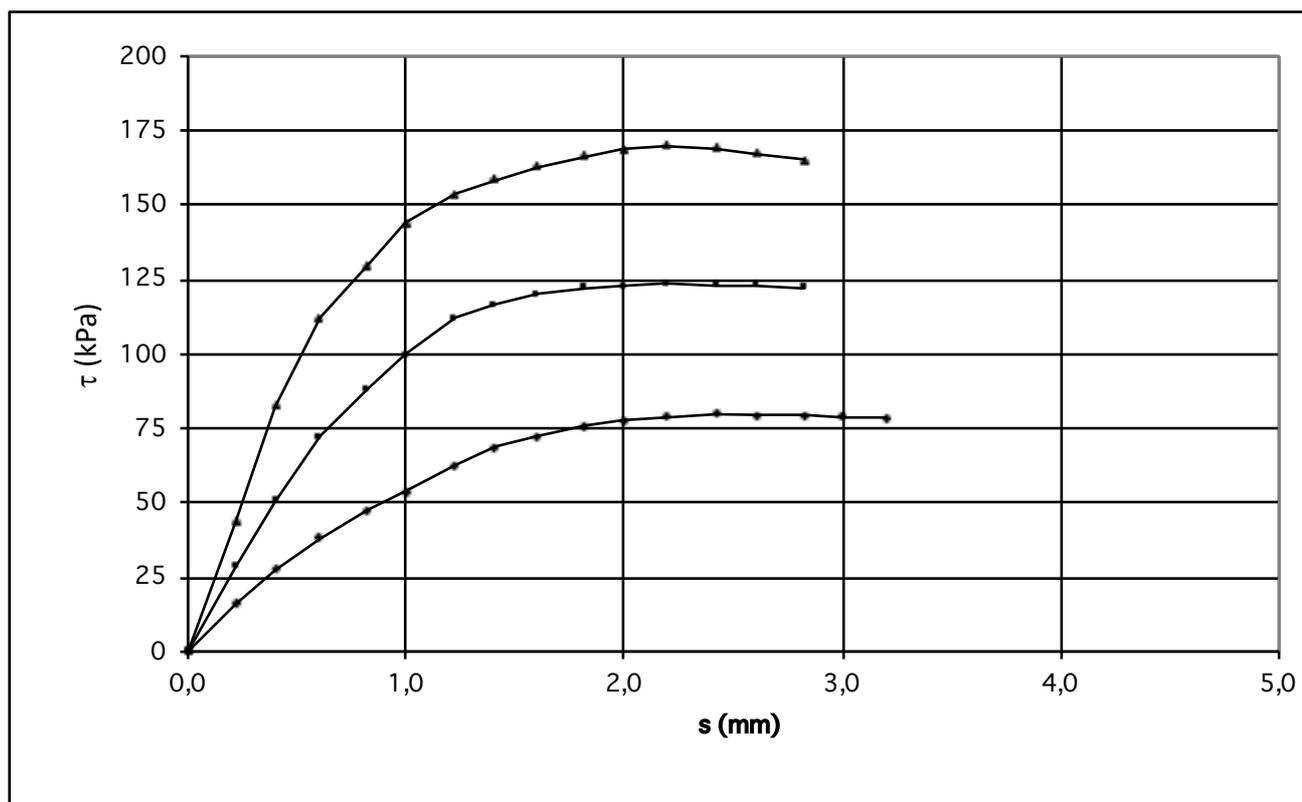
Data ricevimento campione: 04/07/22

Data apertura campione: 04/07/22

Data esecuzione prova: 04/07/22

Descrizione del campione : Argilla sabbiosa giallastra

PROVINO N.	1	2	3
Peso dell'unità di volume (kN/m <sup>3</sup> )	20,22	20,26	20,24
Contenuto naturale d'acqua (%)	20,65	20,65	20,65
Pressione verticale (kPa)	100	200	300
<b>CARATTERISTICHE DELLA PROVA</b>			
Velocità di deformazione (mm/min)	0,001		
Dimensione dei provini (cm)	2,00 x 6,00		
Tipo di prova eseguita:	CD		



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

N. d'Ordine : 64/22  
Indagine : Impianto fotovoltaico da 37351 MW  
Committente : Helios One srl  
Località : Camporeale - Ariano Irpino (AV)  
Sondaggio n° : 1  
Profondità di prelievo (m) : 8,0-8,5  
Data apertura campione: 04/07/22  
Descrizione del campione : Argilla sabbiosa giallastra

N. Certificato : 631/22  
Campione n° : 2  
Data ricevimento campione: 04/07/22  
Data esecuzione prova: 04/07/22

### VALORI DEGLI SFORZI DI TAGLIO

Spostamento s (mm)	Provino 1 $\tau$ (kPa)	Provino 2 $\tau$ (kPa)	Provino 3 $\tau$ (kPa)
0,0	0,0	0,0	0,0
0,2	15,8	28,3	43,6
0,4	27,3	50,7	82,4
0,6	38,2	72,1	112,1
0,8	47,6	88,2	129,7
1,0	53,8	99,8	144,1
1,2	62,4	112,1	153,7
1,4	68,8	116,4	158,6
1,6	72,3	120,2	162,7
1,8	75,8	122,2	166,4
2,0	77,5	122,8	168,8
2,2	78,9	123,7	169,8
2,4	79,7	123,3	169,1
2,6	79,4	122,9	167,5
2,8	79,1	122,4	165,2
3,0	78,7		
3,2	78,2		
3,4			
3,6			
3,8			
4,0			
4,2			
4,4			
4,6			
4,8			
5,0			

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE



N. d'Ordine : 64/22

N. Certificato : 632/22

Indagine : Impianto fotovoltaico da 37351 MW

Committente : Helios One srl

Località : Camporeale - Ariano Irpino (AV)

Sondaggio n° : 1

Campione n° : 2

Profondità di prelievo (m) : 8,0-8,5

Data ricevimento campione: 04/07/22

Data apertura campione: 04/07/22

Data esecuzione prova: 04/07/22

Descrizione campione: Argilla sabbiosa giallastra

Tipo prova: Non consolidata non drenata

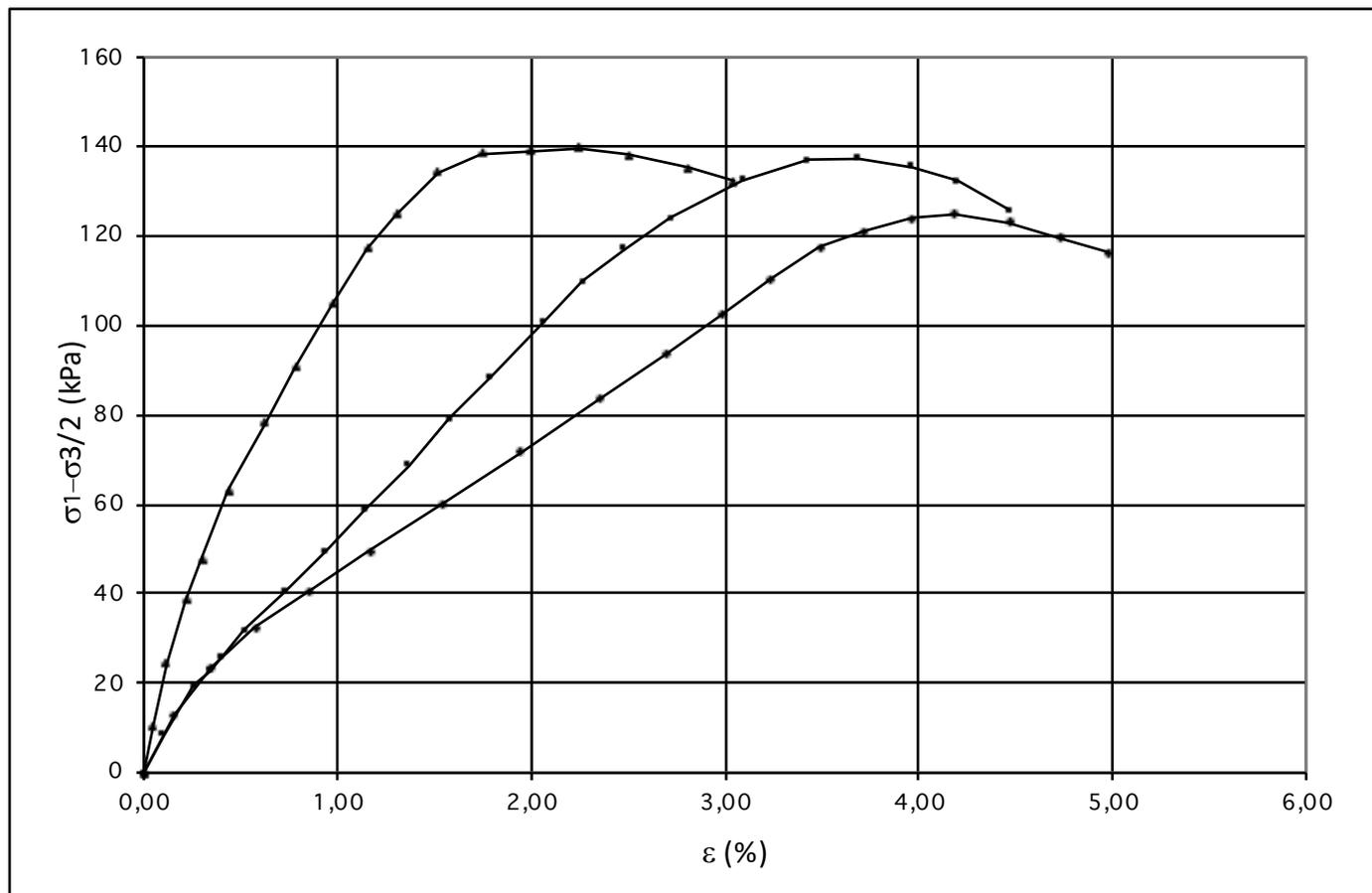
Velocità di prova (mm/min): 0,1

## Dati provino

	H in (mm)	A in (cm <sup>2</sup> )	$\gamma$ in (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ in (g/cm <sup>3</sup> )	W in (%)	W fin (%)	Sr in (%)	Sr fin (%)
Provino 1	76,2	11,4	2,02	1,68	20,34	20,18	91,09	91,14
Provino 2	76,2	11,4	2,02	1,68	20,16	20,09	90,55	90,87
Provino 3	76,2	11,4	2,01	1,68	20,06	19,94	89,41	90,03

## Dati rottura

	$\sigma_{1c}$ (kPa)	$\sigma_{3c}$ (kPa)	$\epsilon$ (%)	$\sigma_{1-\sigma_{3/2}}$ (kPa)	A (cm <sup>2</sup> )
Provino 1	324,90	200	4,19	124,90	11,90
Provino 2	437,30	300	3,69	137,30	11,84
Provino 3	539,60	400	2,25	139,60	11,66



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*

# PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE



N. d'Ordine : 64/22

N. Certificato : 632/22

Indagine : Impianto fotovoltaico da 37351 MW

Committente : Helios One srl

Località : Camporeale - Ariano Irpino (AV)

Sondaggio n°: 1

Campione n° : 2

Profondità di prelievo (m) : 8,0-8,5

Data ricevimento campione: 04/07/22

Data apertura campione: 04/07/22

Data esecuzione prova: 04/07/22

Descrizione campione: Argilla sabbiosa giallastra

Tipo prova: Non consolidata non drenata

Velocità di prova (mm/min): 0,1

n° lettura	Pressione di cella: 200 kPa		Pressione di cella: 300 kPa		Pressione di cella: 400 kPa	
	$\epsilon$ (%)	$\sigma_{1-\sigma_{3/2}}$ (kPa)	$\epsilon$ (%)	$\sigma_{1-\sigma_{3/2}}$ (kPa)	$\epsilon$ (%)	$\sigma_{1-\sigma_{3/2}}$ (kPa)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,16	12,90	0,10	8,40	0,05	10,70
3	0,35	23,70	0,26	19,30	0,12	24,60
4	0,58	32,40	0,34	22,70	0,22	38,50
5	0,86	40,80	0,41	25,80	0,30	47,80
6	1,17	49,50	0,52	31,90	0,44	63,10
7	1,55	60,10	0,73	40,40	0,63	78,20
8	1,95	71,60	0,94	49,60	0,78	90,60
9	2,35	83,50	1,14	58,80	0,98	104,80
10	2,69	93,70	1,37	68,90	1,16	117,20
11	2,98	102,40	1,58	79,10	1,31	124,90
12	3,24	110,40	1,79	88,60	1,52	134,30
13	3,49	117,40	2,07	101,10	1,75	138,40
14	3,72	121,20	2,27	109,70	1,99	139,20
15	3,97	124,10	2,48	117,30	2,25	139,60
16	4,19	124,90	2,72	124,10	2,50	138,20
17	4,47	123,10	3,09	132,50	2,81	135,30
18	4,74	119,60	3,43	136,90	3,05	132,40
19	4,98	116,30	3,69	137,30		
20			3,97	135,40		
21			4,20	132,30		
22			4,47	125,80		
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio  
Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

*David Severini*

*Fabio Bonazzi Bonaca*



Laboratorio Prove su materiali da costruzione  
Prove di collaudo strutture  
Prove non distruttive  
Indagini Geognostiche e Geofisiche  
Laboratorio Geotecnico  
Laboratorio Chimico

Autorizzazione Legge 1086/71 - D.M. n° 11957 del 23/11/2012

COMUNE DI ARIANO IRPINO AV

DATA DI PROVA : LUGLIO 2022

COMMITTENTE : HELIOS TWO SRL

CANTIERE : **REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN LOC. CAMPOREALE – ARIANO IRPINO AV**

Lo Sperimentatore  
Dott. Nicola Polzone





### Premessa

Abbiamo avuto incarico dalla HELIOS TWO SRL di eseguire una indagine sismica in REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN LOC. CAMPOREALE – ARIANO IRPINO AV L'indagine si è articolata in una prospezione di sismica tipo "MASW" per la determinazione del  $V_{S_{equivalente}}$

### INDAGINE SISMICA

#### **Introduzione**

Nell'ambito del progetto di indagini sono state eseguite delle misure sismiche per la stima della velocità delle onde di taglio dall'analisi ed inversione della dispersione delle onde di Rayleigh e Love.

Le onde di superficie possono essere utilizzate per determinare la velocità delle onde di taglio dei suoli non consolidati e dei materiali più rigidi come le rocce. Queste onde in genere si propagano con velocità tipiche dei materiali superficiali e ultimamente sono sempre più utilizzate nella definizione delle proprietà elastiche ed anelastiche dei terreni e per determinare la rigidità dei materiali.

I metodi che utilizzano le onde di superficie hanno il vantaggio di considerare un'area del sito abbastanza vasta e soggetta a livelli di deformazione, principalmente dovuti alle onde sismiche che si propagano nel mezzo, molto bassi. La rigidità del terreno dipende essenzialmente dal livello di deformazione. Nelle prove di laboratorio (i.e. prove triassiali) i livelli di deformazione utilizzati per stimare la rigidità dei campioni sono molto più alti di quelli normalmente presenti nel terreno quando si propagano onde sismiche .

Si è anche osservato che la rigidità aumenta al decrescere del livello di deformazione ed è ormai generalmente accettato il fatto che le deformazioni del terreno associate con la maggior parte dei problemi connessi all'interazione suolo-struttura hanno bassi valori percentuali (0.1%). Per questo motivo la classificazione dei suoli sulla base dei metodi che utilizzano le onde di superficie rappresenta oramai lo stato dell'arte.

## Acquisizione dei dati

Per la misura della velocità delle onde S, la tecnica utilizzata in questo studio impiega l'analisi delle onde di superficie su registrazioni effettuate lungo uno stendimento di 24 stazioni sismiche ad ampia dinamica (24 bit) collegate da canali di trasmissione dati. Per ogni stazione sismica sono utilizzati sensori a 4.5 Hz. I sensori sono posti a distanze di 2 m l'uno dall'altro. I punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 5,0 e 7,0 m dal geofono n° 1. La scelta dei due scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

## METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software winMASW consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio). Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità
- 2) inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici

Gli algoritmi evolutivi rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi evolutivi offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (search space) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.

Quella finale viene infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) attenuata grazie all'impiego di tecniche statistiche.

Il principale punto di forza del software utilizzato è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità.

### **Procedura di inversione**

Per il sito considerato abbiamo invertito simultaneamente la velocità di fase del modo fondamentale delle onde di Rayleigh e di Love utilizzando una tecnica derivata da Nolet, (1981) e Herrmann (2002).

Come modello di partenza nell'inversione abbiamo usato i dati relativi all'analisi semplificata di sismica a rifrazione S effettuata sulla componente trasversale del moto. Abbiamo utilizzato una tecnica lineare di inversione generando però con diverse parametrizzazioni della struttura di partenza diverse soluzioni (profili di velocità S) in grado di produrre curve di dispersione molto simili a quelle osservate. E' importante sottolineare che l'inversione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh e Love non restituisce un dato modello di velocità. I metodi come quello qui utilizzato hanno lo svantaggio di convergere verso un unico minimo relativo (metodo ai minimi quadrati). Per ovviare a questo in genere si utilizzano diversi modelli di partenza e si scelgono solitamente i modelli finali più semplici, dove esiste un genere un aumento della velocità con la profondità. Esiste comunque una certa ambiguità perché le soluzioni possono essere molteplici e diverse tra loro.

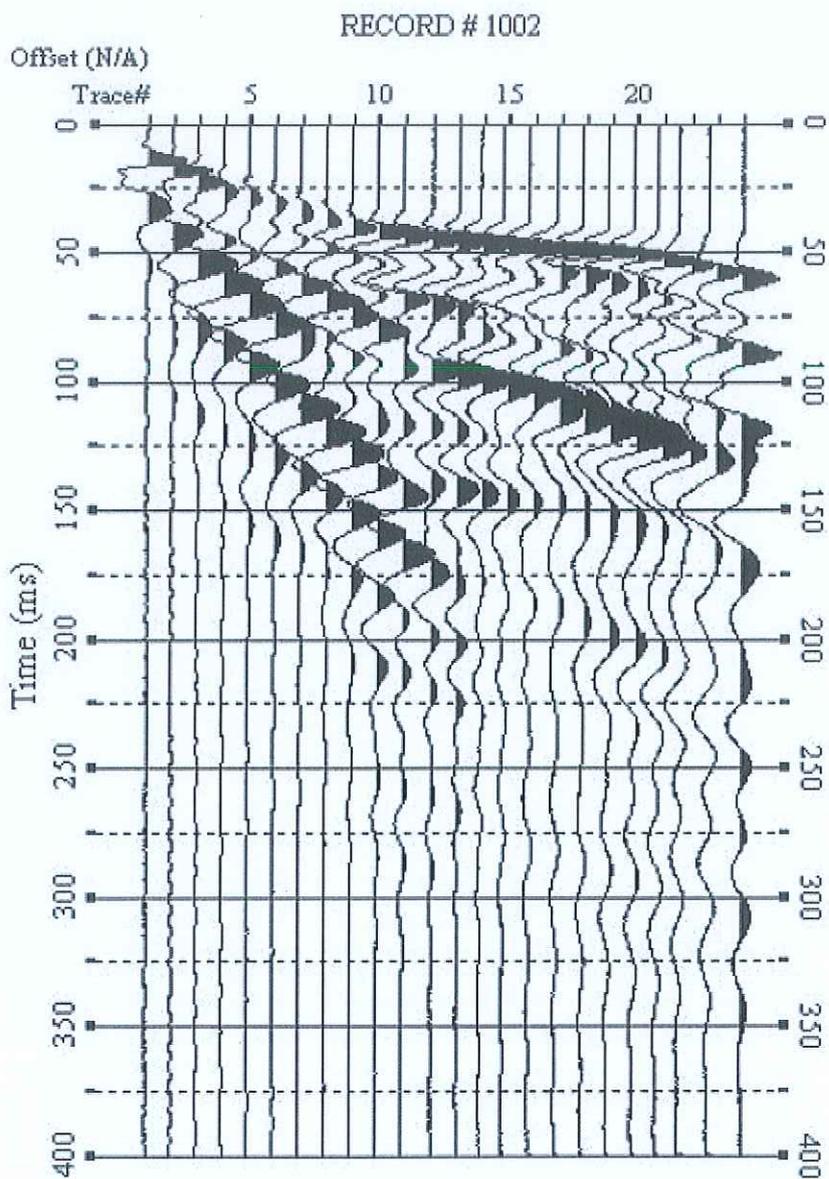
Per scegliere quindi i modelli finali che di seguito saranno presentati abbiamo scartato tutti i modelli che non erano in grado di generare le frequenze di risonanza osservate nei rapporti spettrali H/V del rumore ambientale. Nel nostro studio i profili di velocità S ottenuti dall'inversione delle proprietà di dispersione delle onde di Rayleigh e Love sono in accordo con i dati con i rapporti spettrali H/V misurati nel sito interessato. Questo rende più attendibile la soluzione ottenuta attraverso il processo di inversione in quanto si riesce ad eliminare ogni ambiguità relativa ai



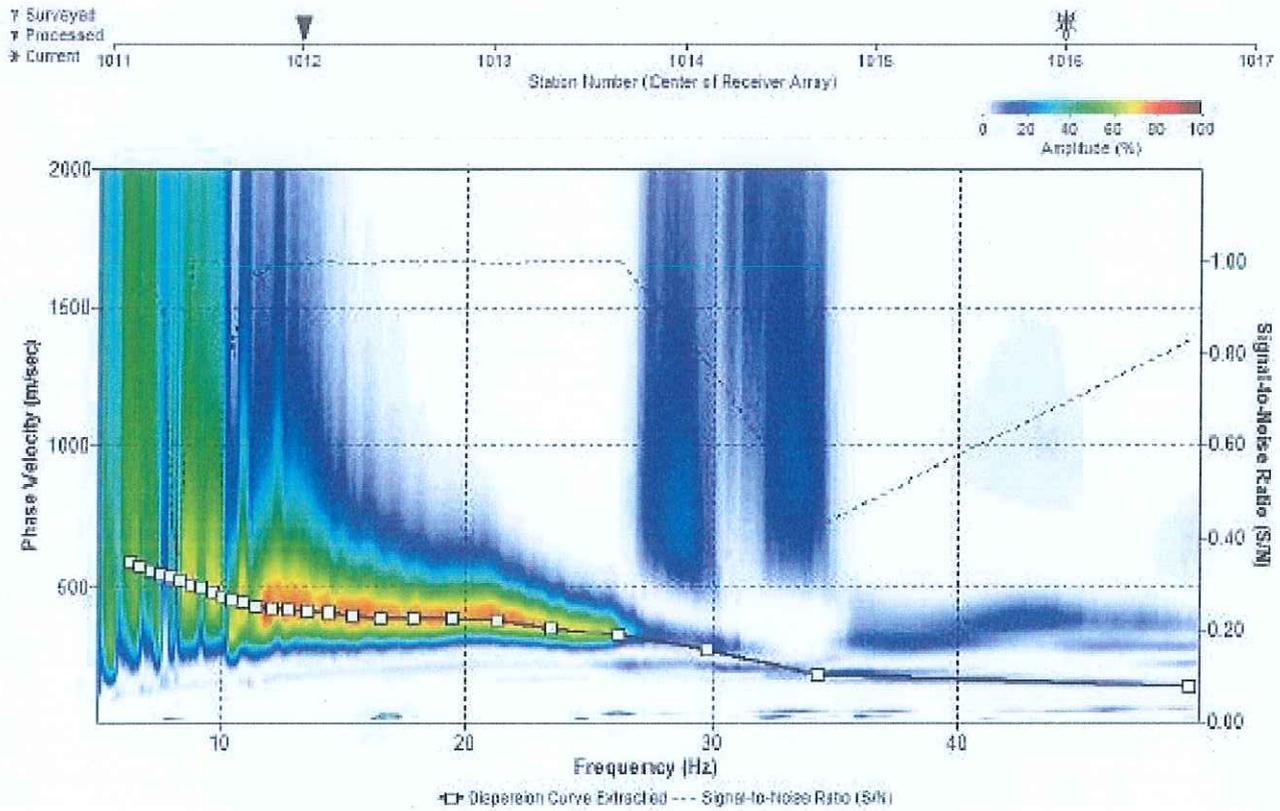
problemi di "tradeoff" tra profondità e velocità che sono ben conosciuti quando si utilizzano solamente le onde di superficie. Utilizzando i tempi di arrivo  $S$  e la frequenza di risonanza fondamentale si riesce in questo modo a vincolare la profondità dove esista un contrasto di velocità.



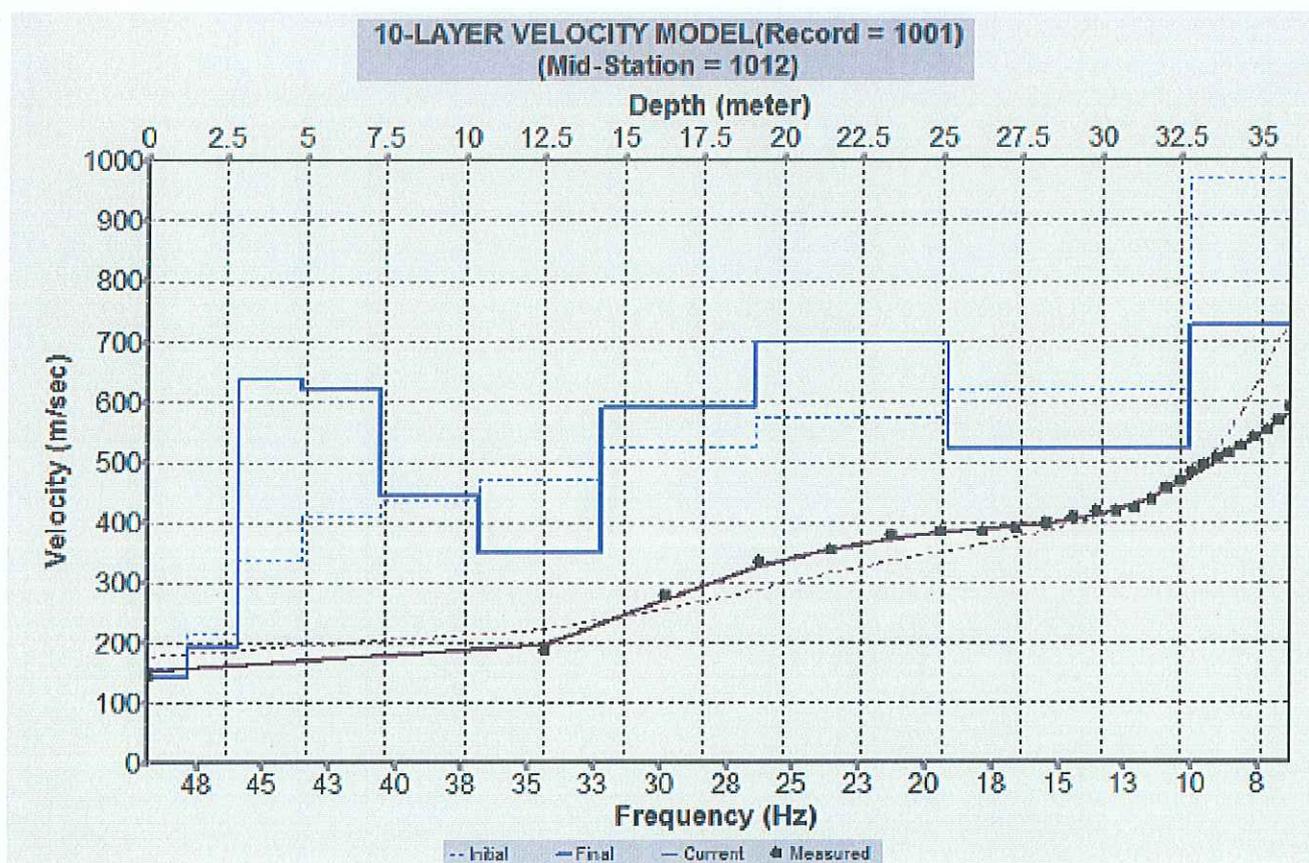
RISULTATI MASW N.1



Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW



Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW



Profilo verticale 1D delle  $V_s$  ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh



Autorizzazione Legge 1086/71 - D.M. n° 11957 del 23/11/2012

## DIAGNOSTICA

Sismo Strato	Spessore mt	Vs m/sec	Y Densità KN/mc	modulo poisson v	Modulo Taglio Go Mpa	Modulo Yung Mpa	Frequenza Strato Hz	Periodo Strato s
1	3,00	190	17,00	0,44	62,84	180,99	15,87	0,063
2	9,00	400	20,00	0,36	326,20	887,26	11,11	0,090
3	18,00	650	20,00	0,35	861,37	2325,69	9,03	0,111

Strato	Spessore m	RIGIDITA' Vs*Y	RIGIDITA' SISMICA RIFERITA ALLO SPESSORE DI TERRENO CONSIDERATO	
1	3,00	0,32	R=	1,05
2	9,00	0,80		
3	18,00	1,30		

Sismo Strato	Spessore mt	Vs m/sec			
1	3,00	190,43			
2	9,00	400,00			
3	18,00	650,00			

**V<sub>S30</sub>** (misurato in sito con indagini dirette)

Categoria suolo di fondazione

**454,92****B**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grava 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.
C	Depositi di terreni a grava 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.
D	Depositi di terreni a grava grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.