

**CONSORZIO COMPRENSORIALE PER SMALTIMENTO  
RIFIUTI URBANI  
AREA PIOMBA FINO**

***DISCARICA PER RIFIUTI SPECIALI NON PERICOLOSI DI  
ORIGINE URBANA LOC. "S.LUCIA" - COMUNE DI ATRI (TE)***

*Aut. AIA Det-n°81/120 del 06 Febbraio 2009 Regione Abruzzo*

***RICHIESTA DI VARIANTE NON SOSTANZIALE***

*VERIFICHE DI STABILITA' DELL'INTERO CORPO DISCARICA*



***DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA***

*Richiesta nella conferenza dei servizi del 24 Luglio 2018, tenutasi presso il Dipartimento Governo del Territorio e Politiche*

*Ambientali DPC026 – Servizio Gestione Rifiuti della Regione Abruzzo*

NOVEMBRE 2018

Dr. Geol. DANIELE MERCURI

Indice

<b>1 – PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2 – CENNI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI.....</b>	<b>6</b>
2.1_Inquadramento geologico .....	6
2.2_Assetto geomorfologico dell'area .....	6
<b>3 – QUADRO LITOSTRATIGRAFICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>8</b>
3.1_Caratteristiche litostratigrafiche locali.....	8
3.3_Schema idrografico ed idrogeologico dell'area .....	6
<b>4 - SISMICITA' .....</b>	<b>10</b>
4.1_Categoria di sottosuolo.....	10
4.2_Coefficiente di amplificazione topografica .....	12
4.3_Determinazione parametri sismici dell'area .....	12
<b>5 - VERIFICA DI STABILITA' DEL VERSANTE.....</b>	<b>14</b>
<b>6 - CONCLUSIONI .....</b>	<b>16</b>

La presente relazione è composta da n°16 pagine e dai seguenti allegati:

*Planimetria 1:2000*

*Stratigrafia sondaggio geognostico*

*Sezioni e tabelle di calcolo delle verifiche effettuate*

*Relazione indagine sismica*

*Certificati prove di laboratorio su campioni indisturbati*

**CONSORZIO COMPRENSORIALE PER  
SMALTIMENTO RIFIUTI URBANI  
AREA PIOMBA-FINO**

**DISCARICA PER RIFIUTI SPECIALI NON PERICOLOSI DI  
ORIGINE URBANA LOC. “S. LUCIA”  
COMUNE DI ATRI (TE)**

*Aut. ALA Det-n°81/120 del 06 Febbraio 2009 Regione Abruzzo*

***RICHIESTA DI VARIANTE NON SOSTANZIALE  
VERIFICHE DI STABILITA' DEL VERSANTE***

**DOCUMENTAZIONE INTEGRATIVA**

*Richiesta nella conferenza dei servizi del 24 Luglio 2018, tenutasi presso il Dipartimento Governo del Territorio e Politiche  
Ambientali DPC026 – Servizio Gestione Rifiuti della Regione Abruzzo*

**1 – PREMESSA**

Nella conferenza dei servizi del 24 Luglio 2018, tenutasi presso il Dipartimento Governo del Territorio e Politiche Ambientali DPC026 – Servizio Gestione Rifiuti della Regione Abruzzo ai fini dell'esame della proposta di variante non sostanziale per la discarica in loc. S. Lucia di Atri presentata dal Consorzio Comprensoriale per lo Smaltimento dei Rifiuti Solidi Urbani “Area Piomba-Fino”, è stato richiesto di eseguire delle verifiche di stabilità dell'intero versante sede del complessivo corpo discarica. A tale scopo la Spett. Soc. Atri Ambiente s.r.l. ha incaricato il sottoscritto di redigere uno specifico studio finalizzato alla

redazione di specifiche verifiche di stabilità dell'intero versante interessato dal corpo discarica.

In evasione all'incarico, ed in accordo con il Dott. Geol. M.Rosa dell'ARTA di Teramo, lo studio svolto è stato articolato nelle seguenti fasi:

- osservazione e definizione delle principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche mediante opportuni sopralluoghi e rilievi di superficie estesi per un “intorno significativo”, verifica e analisi dei pochi dati esistenti;
- verifica della locale stratigrafia nel corso dell'installazione del nuovo tubo inclinometrico tra i due corpi di discarica. Durante la perforazione sono stati prelevati dei campioni di terreno per la esecuzione delle prove di laboratorio di carattere meccanico;
- esecuzione di una specifica indagine sismica a rifrazione e acquisizione di n.5 misure HVSr al fine di individuare la geometria del piano di imposta del corpo della vecchia discarica. L'indagine sismica è stata effettuata dalla ditta Servizi Sismici di Sassoferrato (AN) che ha redatto una specifica relazione sulle indagini effettuate che è stata allegata al presente documento;
- prove di laboratorio effettuate dal Laboratorio Technogeo s.r.l. di Montecosaro sui campioni di terreno prelevati durante la perforazione.

Il nuovo inclinometro è stato realizzato, come concordato con ARTA Teramo, tra i due corpi di discarica e spinto alla profondità di 16 ml dal p.c.. Durante la perforazione, come si può verificare dalla stratigrafia allegata, tra le profondità di 4,30 e 7,20 ml dal p.c. sono stati rinvenuti rifiuti appartenenti alla vecchia vasca attualmente in fase post-operativa. Come verificato dalle planimetrie di progetto il nuovo inclinometro è posto in prossimità del perimetro monte della vecchia discarica. Durante la perforazione non sono state rinvenute infiltrazioni idriche.

Dai risultati delle indagini è stato estrapolato e ricostruito il locale rapporto tra corpo rifiuti e terreno di posa che rappresenta il punto di partenza per le successive verifiche di stabilità.

L'indagine è stata svolta in ottemperanza alla normativa tecnica di riferimento:



- D.M. 11.03.88 [norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità 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];
- Circolare Min. LL.PP. 24.09.1988 n.30483 [istruzione riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii, i criteri generali...];
- L. n. 64 del 02.02.74 [legge sismica];
- Dlgs. n° 36/2003;
- **DM 17.01.2018** [testo unico per le costruzioni].

L'area oggetto di interesse, posta tra le quote quota 150 e 305 m circa s.l.m., è situata nella porzione occidentale del territorio comunale di Atri, ed interessa l'intero pendio posto in sinistra idrografica del Fosso Portella, tributario del Torrente Piomba.

## **2 – CENNI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI**

### *2.1\_Inquadramento geologico*

La zona oggetto di studio rientra nella complessa unità strutturale dell'Avanfossa appenninica". Si tratta di un bacino che si è formato, a partire dal Miocene, a seguito dell'orogenesi appenninica. All'interno di tale ambito deposizionale, a causa della migrazione del sistema catena-avanfossa, si rinvencono unità sempre più recenti verso est.

In particolare, nell'area dove insiste la discarica S. Lucia, i depositi marini sono caratterizzati dai depositi torbiditici della Formazione di Mutignano caratterizzati essenzialmente da argille e argille-siltose grigio-azzurre, spesso laminate, con rare intercalazioni sabbiose millimetriche (Pleistocene). Lo spessore di tale unità marina è pari a diverse decine di ml.

Nell'area di interesse la giacitura degli strati è a reggipoggio.

### *2.2\_Assetto geomorfologico dell'area*

La discarica S. Lucia, posta tra le quote quota 150 e 270 m circa s.l.m., è situata nella porzione occidentale del territorio comunale di Atri, ed interessa l'intero pendio posto in sinistra idrografica del Fosso Portella, tributario del Torrente Piomba. Essa venne impostata originariamente su una ex zona calanchiva che è stata colmata, progressivamente, realizzando dei ripiani a gradoni fino quasi al culmine. L'originaria morfologia è quindi stata completamente modificata dall'intervento antropico. Allo stato attuale l'area è costituita dal vecchio corpo discarica rimodellato a gradoni e, nella parte alta de versante, dalla nuova vasca in corso di coltivazione.

I rilievi di superficie non hanno evidenziato la presenza di forme, indizi o segni legati a movimenti gravitativi in atto o avvenuti in un recente passato interessanti il corpo discarica. Piccoli fenomeni di colamento interessano, in occasione di fenomeni meteorologici particolarmente violenti, la parte superficiale della copertura in terra.

### *2.3\_Schema idrografico ed idrogeologico dell'area*

All'interno dell'area esaminata l'idrografia superficiale è condizionata dai canali di scolo artificiali perimetrali al corpo discarica. Considerando la natura esclusivamente argillosa dei litotipi presenti nell'area in oggetto appare chiaro come sia pressoché impossibile

rinvenire falde acquifere. Il sondaggio effettuato per l'installazione del nuovo tubo inclinometrico ha evidenziato la totale assenza di infiltrazioni idriche anche nella porzione più superficiale dei terreni.

### **3 – QUADRO LITOSTRATIGRAFICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

#### **3.1\_ Caratteristiche litostratigrafiche locali**

Le principali caratteristiche litologiche, nonché i rapporti litostratigrafici tra le varie unità individuate, sono stati dedotti dai seguenti elementi di valutazione:

1. Sondaggio geognostico per l'installazione del nuovo tubo inclinometrico e valutazione dei dati stratigrafici riportati negli studi, pregressi e reperiti, di carattere geologico nell'area

La caratterizzazione geotecnica che segue è legata principalmente ai dati derivanti dalle prove di laboratorio effettuate su campioni di terreno indisturbati prelevati durante la perforazione del 31 Agosto 2018.

I dati raccolti hanno messo in evidenza, a partire dall'attuale piano campagna, la seguente serie litostratigrafica significativa del locale contesto .

**[LITOTIPO A] Terreno vegetale e/o di riporto** - Caratterizzato da un aggregato costituito da limi e limi-argillosi grigiastri poco consistenti. Rappresenta prevalentemente il terreno derivante dalla realizzazione dell'ultima vasca per il conferimento dei rifiuti e utilizzato anche per ottimizzare la copertura del vecchio corpo discarica. Lo spessore massimo pari a circa 5,00 ml si riscontra in prossimità dell'area di raccordo tra le due discariche per effetto della realizzazione del rilevato stradale.

Ai fini dei calcoli per le verifiche di stabilità sono stati considerati i seguenti parametri:

$\gamma$  [t/mc]: peso di volume = 1,85

$c'$  [t/mq]: coesione drenata = 0,0 ÷ 0,2

$\phi$  [gradi]: angolo di attrito interno = 19°

#### **[LITOTIPO B] Corpo rifiuti**

Rappresenta un aggregato di materiale eterogenei la cui composizione, relativamente al vecchio corpo discarica, può esser assimilata al rifiuto urbano indifferenziato considerando l'epoca di smaltimento; per quanto riguarda la nuova vasca il rifiuto è

sempre di origine urbana a finemente sminuzzato causa il trattamento da TMB a cui è sottoposto.

Ai fini dei calcoli per le verifiche di stabilità sono stati considerati i seguenti parametri:

$\gamma [t/mc]$ : peso di volume = 1,00

$c' [t/mq]$ : coesione drenata = 0,00 ÷ 0,50

$\phi [gradi]$ : angolo di attrito interno = 26 ÷ 28°

#### **[LITOTIPO B] Depositi eluvio-colluviali**

Caratterizzato da un aggregato costituito da argille e limi argillosi. Il grado di consistenza è variabile. E' presente prevalentemente nella parte alta del versante e presenta uno spessore pari a 2-3 ml.

Ai fini dei calcoli per le verifiche di stabilità sono stati considerati i seguenti parametri:

$\gamma [t/mc]$ : peso di volume = 2,0

$c' [t/mq]$ : coesione drenata = 2,4

$\phi [gradi]$ : angolo di attrito interno = 25°

#### **[LITOTIPO C] Argille marine del substrato**

Rappresenta esclusivamente il litotipo marino presente nell'area. E' costituito da argille grigie, molto consistenti intercalate da sottili livelli sabbiosi.

**Durante la perforazione effettuata per l'installazione del nuovo tubo incinometrico non sono state osservate infiltrazioni idriche.** Lo spessore complessivo di tale litotipo è pari a diverse decine di ml.

Ai fini dei calcoli geotecnici possono essere assunti i seguenti parametri:

$\gamma [t/mc]$ : peso di volume = 2,13

$c' [t/mq]$ : coesione drenata = 4,9 (valore di picco)

$c_r [t/mq]$ : coesione drenata = 0,33 (valore residuo)

$\phi [gradi]$ : angolo di attrito interno = 30,9° (valore di picco)

$\phi_r [gradi]$ : angolo di attrito interno = 19,02° (valore di picco)

#### **4 - SISMICITA'**

Con l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 Marzo 2003, l'intero territorio nazionale è stato oggetto di un aggiornamento e revisione della classificazione sismica. Per la Regione Abruzzo è vigente la classificazione adottata con la DGR 438/2005. Per il calcolo strutturale ai sensi delle NTC si fa riferimento ai valori puntuali approvati con la OPCM 3519/2006, in base alle quale il territorio del comune di ATRI è incluso nella zona 2.

##### **4.1\_Categoria di sottosuolo**

Facendo riferimento al Testo Unico – Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018 – § 7.11.3), ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . La classificazione del sottosuolo **[categorie di sottosuolo (Tabella 3.2.II)]** si effettua sulla base delle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'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, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$  considerando le proprietà degli strati di terreno fino alla profondità di 30 m.

Nel presente lavoro la misura delle velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  è stata eseguita attraverso un'indagine sismica con metodologia MASW e acquisizioni del

rumore sismico ambientale. La prospezione sismica MASW è stata eseguita utilizzando un Sismografo multicanale a trasmissione digitale della Sara Electronic Instruments dotato di memoria indipendente per ogni canale in grado di memorizzazione oltre 30.000 campioni. Gli intervalli di campionamento sono programmabili da 5 a 0.05 millisecondi, corrispondenti a frequenze di campionamento da 200 a 20000 Hz.

La durata del campionamento è selezionabile fra 0.1 e 60 secondi. Elevata dinamica (96dB al convertitore, 155dB totale). Impedenza d'ingresso: >100kΩ. La trasmissione digitale dei dati consente un'elevata silenziosità e immunità ai rumori. Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 24 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 4,5 Hz 4000 ohms equispaziati con interdistanza geofonica di 4,00 mt. Tale tipologia di indagine è stata eseguita energizzando in corrispondenza dello shot-5 della linea a rifrazione. La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante una massa del peso di 8 Kg lanciato su una piastra orizzontale metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. Sono eseguite più energizzazioni con le tracce che sono state poi sommate al fine di evidenziare il segnale sismico (stack) rispetto ai rumori ambientali presenti.

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spazial Ratio), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970) e poi da Nakamura (1989), è quella maggiormente utilizzata. Essa consiste nello studio dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale, per la determinazione dell'amplificazione sismica locale. È ormai ampiamente riconosciuto in letteratura che l'HVSR è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza dei sottosuoli

*[Una dettagliata trattazione è contenuta nella Relazione sulle Indagini Sismiche].*

Nel sito in esame, le indagini sismiche effettuate essenzialmente su tre linee sismiche hanno evidenziato i seguenti valori della  $VS_{30}$

Linea 1 = 168 m/sec

Linea 2 = 182 m/sec

Linea 3 = 162 m/sec

Ne consegue che, secondo la tab. 3.2.II della normativa, il sottosuolo appartiene alla categoria **D**.

<i>CATEGORIA D</i>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s_{eq}}</math> compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
--------------------	--

#### *4.2\_Coefficiente di amplificazione topografica*

Il coefficiente di amplificazione topografica è stato determinato tenendo conto delle indicazioni contenute nel D.M. del 17.01.2018 (punto 3.2.3. – Tab. 3.2.III e 3.2.V). Essendo il corpo discarica ubicato su un versante dall'inclinazione pari a circa 14° si ricava una Categoria Topografica T1 (Tab. 3.2.III). A tale categoria corrisponde un Coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  pari a 1,0 (Tab. 3.2.V).

#### *4.3\_Determinazione parametri sismici dell'area*

Con l'entrata in vigore delle “Norme tecniche per le Costruzioni” – D.M. del 14.01.2008 la stima della pericolosità sismica locale viene determinata mediante la definizione dell'azione sismica di riferimento dedotta sulla base dei valori di pericolosità recentemente prodotti e messi in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

In questa sede per la definizione dei principali parametri che caratterizzano lo spettro per la località investigata, ed eventualmente i periodi di ritorno non coincidenti con i parametri contenuti nell'allegato A delle norme, è stata utilizzata un'applicazione software on line messa a disposizione dalla Geostru software® denominata “GeoStru PS®” (link: <http://www.geostru.com/geoapp/ParametriSismici.aspx>).

La definizione dei parametri sismici dei siti in esame avviene utilizzando i dati provenienti da quattro siti di riferimento (nodi della rete INGV) mediante alcuni processi di interpolazione. Le coordinate geografiche utilizzate per il posizionamento del sito all'interno



della griglia elaborata dalla INGV sono state ricavate direttamente dalla mappa geografica presente sul sito e sono:

Coordinate geografiche (WGS84)	
Latitudine $\varphi$	Longitudine $\lambda$
42,580430°	13,941944°

Le principali caratteristiche delle opere da realizzare sono:

1	<b>Tipo di costruzione (1 – 2 – 3)</b>	3
2	<b>Vita Nominale <math>V_N</math> (<math>\leq 10</math> - <math>\geq 50</math> - <math>\geq 100</math>)</b>	100 anni
3	<b>Classi d'uso in presenza di azioni sismiche (I – II – III – IV)</b>	IV
4	<b>Coefficiente d'uso <math>C_u</math> (0.7 – 1.0 – 1.5 – 2.0)</b>	2
5	<b>Periodo di riferimento per l'azione sismica <math>V_R = V_N \cdot C_u</math></b>	200 anni
6	<b>Categoria sottosuolo</b>	D
7	<b>Categoria topografica</b>	T1 [ $\beta < 15^\circ$ ]

Le elaborazioni effettuate hanno fornito i seguenti parametri sismici:

STATO LIMITE	$T_R$	$a_g$ (g)	$F_0$	$T^*_c$	$S_s$	$C_c$	$S_T$	$a_{max}$
SLO	120	0,101	2,421	0,324	1,80	2,200	1,0	1,787
SLD	201	0,126	2,421	0,333	1,80	2,160	1,0	2,218
SLV	1898	0,283	2,520	0,360	1,33	2,080	1,0	3,696
SLC	2475	0,309	2,534	0,363	1,22	2,070	1,0	3,702
	[anni]	[g]	[-]	[s]	[-]	[-]	[-]	[m/s <sup>2</sup> ]

STATO LIMITE	$T_R$	$a_g$ (g)	$a_{max}$	$\beta_s$	$K_h$	$K_v$
SLO	120	0,101	1,787	0,240	0,044	0,022
SLD	201	0,126	2,218	0,240	0,054	0,027
SLV	1898	0,283	3,696	0,280	0,106	0,053
SLC	2475	0,309	3,702	0,280	0,106	0,053
	[anni]	[g]	[m/s <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]

## **5 - VERIFICA DI STABILITA' DEL VERSANTE**

Le indagini geognostiche effettuate e reperite hanno permesso la ricostruzione del quadro geostratigrafico locale. Ne emerge che entrambi i corpi di scarica sono intestati all'interno della formazione marina argillosa. Sulla base delle indagini sismiche eseguite ed estrapolando i dati ricavati da vecchi progetti è stato assunto uno spessore del vecchio corpo di scarica variabile da 11-15 m, nella porzione medio bassa, a 30 m circa nella parte alta.

Le verifiche di stabilità del versante interessato dai due corpi di scarica sono state eseguite lungo una direttrice che rappresenta, allo stato attuale, le condizioni litostrutturali, topografiche e di sovraccarico, derivanti dai rifiuti abbancati, meno ottimali rispetto al resto dell'area presa in esame. Le condizioni geometriche legate al profilo topografico attuale, riportate nei calcoli, sono quelle legate all'ultimo rilievo topografico effettuato nell'area (Giugno 2018) con l'aggiunta, per la nuova scarica, del profilo di ricomposizione finale riportato negli elaborati tecnici della variante non sostanziale.

I calcoli necessari per le verifiche sono stati effettuati utilizzando il software SSAP 2010 (Slope Stability Analysis Program) versione 4.9.8 (2018) elaborato dal Dr. Lorenzo Boselli.

### ***a) metodologia di calcolo***

Le verifiche sono state effettuate ricorrendo a metodi di calcolo pseudo-statici, dove l'azione sismica è rappresentata da una componente d'inerzia aggiuntiva, valutata sulla base delle accelerazioni attese al suolo stimate con la procedura proposta nelle NTC2018. Nel nostro caso sono stati considerati i parametri sismici allo SLV  $K_h=0,106$  e  $K_v=0,053$  (paragr. 4.3. p.r.). E' stato utilizzato il metodo di calcolo Morgenstein e Price.

Per la ricerca delle superfici di scivolamento critiche, quelle cioè caratterizzate dal  $F_s$  più basso, è stato utilizzato un algoritmo di ricerca del programma, Sniff Random Search, sviluppato dall'autore e che consente di tenere conto degli strati con caratteristiche di resistenza più basse durante la generazione delle superfici. Per i calcoli effettuati è stato generato un numero di 5.000 superfici per ogni metodo di calcolo adottato.

I dettagli numerici riguardanti le verifiche eseguite si possono osservare nelle schede allegate.

***b) scelta dei parametri geotecnici inseriti nei calcoli***

I parametri caratteristici legati alle proprietà indici e i rispettivi parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate dei litotipi interessati dalle verifiche sono stati estrapolati dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni di terreno indisturbati prelevati durante la perforazione effettuata per l'installazione dell'inclinometro I5; i dati ricavati sono stati integrati con quelli provenienti dalle indagini reperite ottenute dalla documentazione relativa al sito in esame e da esperienze e prove effettuate in siti analoghi durante la loro gestione.

Chiaramente le prove di laboratorio hanno dato indicazioni circa i parametri relativi sia ai litotipi terrigeni dei corpi geologici mentre per quanto riguarda la caratterizzazione dei rifiuti abbancati sono stati utilizzati i riferimenti ricavati da alcune prove dirette in sito, eseguite durante la gestione di impianti di discarica, relative sia al peso di volume che all'angolo di attrito interno. Inoltre, un riferimento importante e di confronto, relativo alla scelta dell'angolo di attrito interno della massa dei rifiuti, è rappresentato dalla pubblicazione specialistica “Argomenti di Ingegneria Geotecnica” riguardante “Proprietà Geotecniche dei R.S.U”. (W.F. VAN IMPE e N.SQUEGLIA) in cui viene indicato un angolo di attrito interno, per tali materiali, compreso tra 27° e 37°. Nel caso in questione, considerando che la composizione merceologia dei rifiuti è legata ad una componente importante del secco sul totale, è stato utilizzato un valore dell'angolo di attrito interno pari a 27°.

***c) risultati ottenuti***

Le verifiche effettuate in condizioni sismiche hanno prodotto i seguenti risultati:

Metodo di Calcolo	Coefficiente di sicurezza minimo ottenuto (Fs)
Morgenstern & Price	<b>1,21</b>

## **6 - CONCLUSIONI**

Lo studio condotto si è basato sulle seguenti condizioni di base:

- ricostruzione di un esaustivo quadro geologico-stratigrafico dell'intero complesso di discarica. Ci si è basati su indagini sismiche (Doc. Allegata) a rifrazione e di tipo MASW completate con acquisizioni HVSR. Inoltre, sono stati visionati i documenti del progetto redatto dal Dott. Luciano Taddei.
- Condizioni di calcolo assumendo parametri geomeccanici ridotti rispetto ai valori acquisiti con le prove di laboratorio e rispetto ai dati di letteratura per i rifiuti abbancati.
- Ai fini della sicurezza è stato ricostruito un profilo di contatto tra il vecchio corpo rifiuti e le sottostanti argille marine del substrato inclinato, raccordando geometricamente le profondità scaturite nei vari punti di indagine, generalmente quasi parallelo rispetto alla pendenza del versante. Tale condizione è molto cautelativa rispetto ad un profilo a gradoni come, molto probabilmente, è stato fatto nei decenni passati e confermato da testimonianze.
- E' stato assunto un livello del percolato all'interno del vecchio corpo discarica di altezza pari a 1,00 ml circa rispetto al fondo discarica ricostruito e continuo, nonostante le attuali condizioni di gestione della discarica, con pozzi attrezzati con pompe automatizzate, non permettono l'accumulo di percolato sul fondo discarica.  
**Resta sottinteso che il livello del percolato dovrà essere costantemente mantenuto ai livelli ipotizzati come nelle condizioni attuali di gestione. Una mancata e prolungata estrazione del percolato potrebbe mettere in crisi l'intero sistema e causare pericoli legati alla stabilità dell'area.**

Sulla base di quanto sopra riportato, considerando l'attendibilità dei dati geometrici e geomeccanici utilizzati nelle verifiche, in virtù delle normative vigenti in materia di stabilità dei pendii naturali, si ritengono del tutto soddisfacenti i valori ottenuti attraverso le verifiche di stabilità effettuate.

# VERIFICA DI STABILITA'

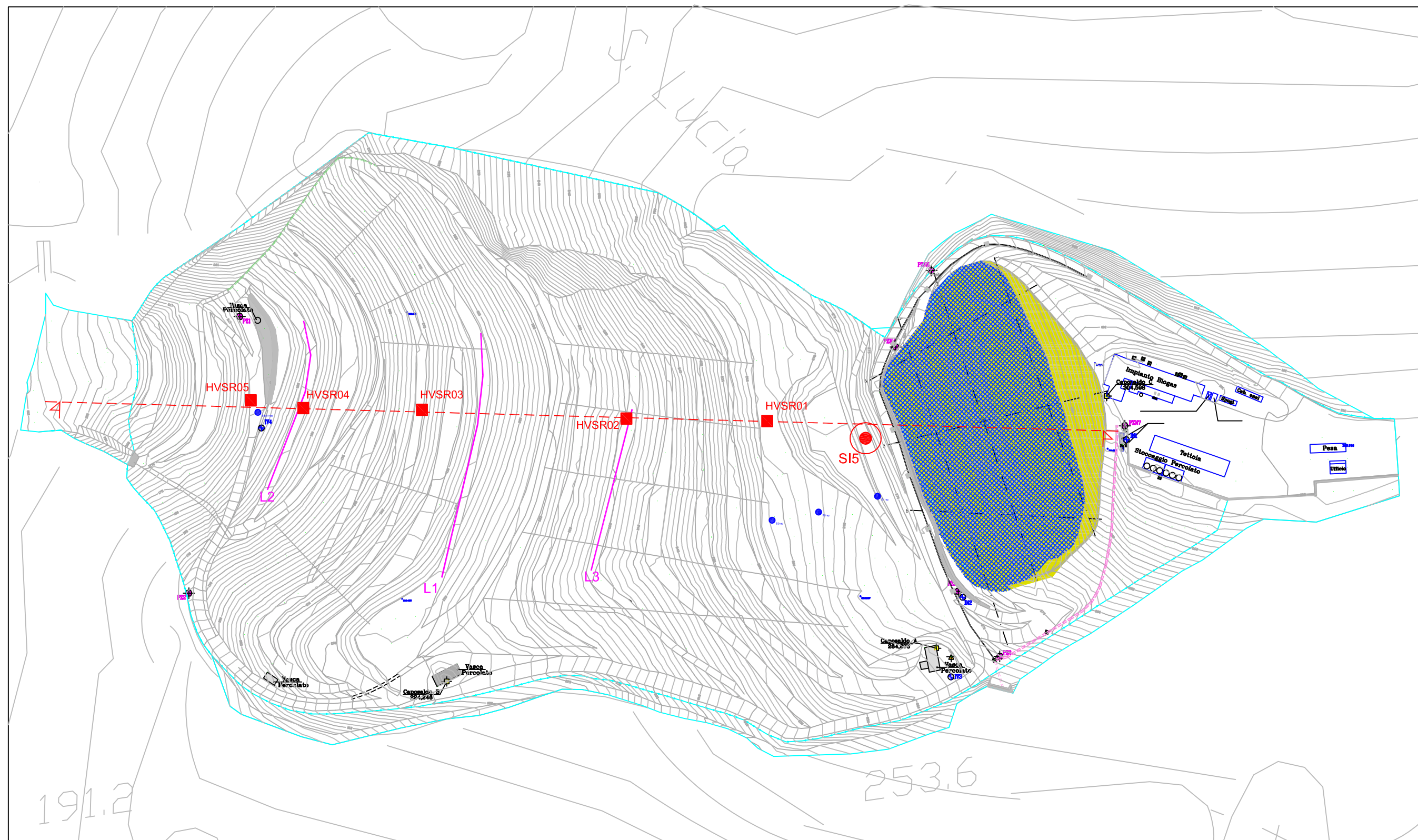
## - PLANIMETRIA SCALA 1/2.000-

○ SONDAGGIO I5

— STENDIMENTO PROVA SISMICA A RIFRAZIONE E MASW

■ MISURA HVSR

TRACCIA SEZIONE VERIFICA DI STABILITA' - - - - -



Studio Tecnico Geologico					Ditta Esecutrice :Microsonda.geo					Sondaggio 1								
Dr. Francesco Rosmarini					Contrada Lava 179 - Offida (AP)					Data: 08/05/2018								
Largo dei Gladioli – Ascoli Piceno																		
tel. 3292077121 - e mail: geo.rosmarini@gmail.com					Località: C.da S Lucia - Atri													
Committente: Soc. ATRI Ambiente s.r.l.										Metodo di perforazione: rotazione meccanica ø 101 mm								
Profondità Progressiva (m)		Profondità dal p.c. (m)		Simbologia	Note falda	Campioni	Descrizione litologica					Resistenza penet. tascabile (Kg/cmq) 1 2 3 4 5 6 7						
1.00				sile. silu. silu. silu. u. silu. silu. silu.														

# SSAP 4.9.8 (2018) - Slope Stability Analysis Program

Software by Dr.Geol. L.Borselli - [www.lorenzo-borselli.eu](http://www.lorenzo-borselli.eu)

SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Descrizione : Discarica - profilo finale con percolato 1 mt  
SUPERFICIE - Fs MINIMO: 1.21017

[n] = N. strato o lente

Data : 13/11/2018

Localita' : Atri (TE) - c.da Santa Lucia

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

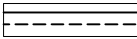
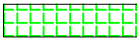
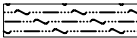

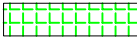

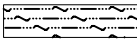
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

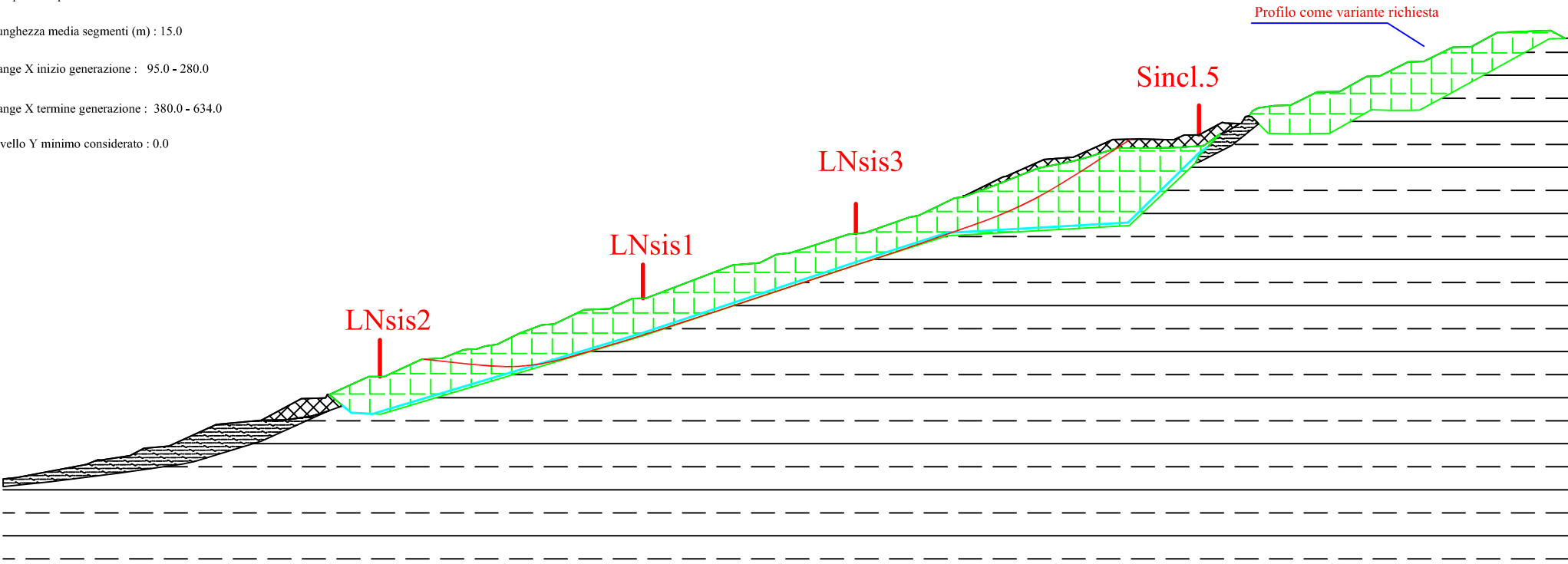
Fs minimo : 1.2102  
Range Fs : 1.2102 - 1.2136  
Differenza % Range Fs : 0.29  
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.1060

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000  
Lunghezza media segmenti (m) : 15.0  
Range X inizio generazione : 95.0 - 280.0  
Range X termine generazione : 380.0 - 634.0  
Livello Y minimo considerato : 0.0

# Parametri Geotecnici degli strati # -----

	N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
	..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
	1	26.00	49.44	0	20.89	21.58	0	0	0	0
	2	27.00	4.50	0	9.80	10.79	0	0	0	0
	3	25.00	24.35	0	20.00	20.59	0	0	0	0
	4	19.00	0	0	17.65	18.14	0	0	0	0
	5	27.00	4.50	0	9.80	10.79	0	0	0	0
	6	19.00	0	0	17.65	18.14	0	0	0	0
	7	25.00	24.35	0	20.00	20.59	0	0	0	0





# SSAP 4.9.8 (2018) - Slope Stability Analysis Program

Software by Dr.Geol. L.Borselli - [www.lorenzo-borselli.eu](http://www.lorenzo-borselli.eu)

SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Descrizione : Discarica - profilo finale con percolato 1 mt  
n.10 SUPERFICI CON Fs MINIMO

[n] = N. strato o lente

Data : 13/11/2018

Localita' : Atri (TE) - c.da Santa Lucia

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

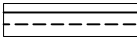
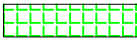
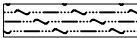

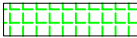

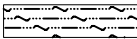
DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

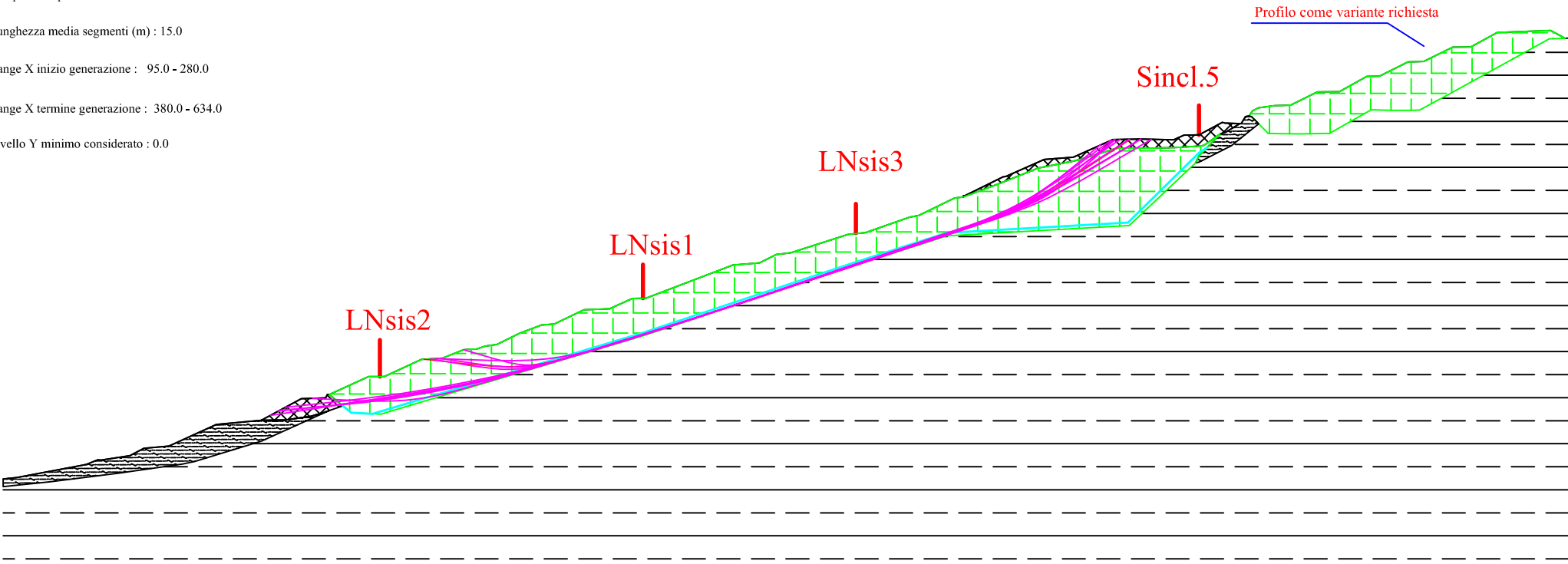
Fs minimo : 1.2102  
Range Fs : 1.2102 - 1.2136  
Differenza % Range Fs : 0.29  
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.1060

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000  
Lunghezza media segmenti (m) : 15.0  
Range X inizio generazione : 95.0 - 280.0  
Range X termine generazione : 380.0 - 634.0  
Livello Y minimo considerato : 0.0

# Parametri Geotecnici degli strati # -----

	N.	phi`	C`	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
	..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
	1	26.00	49.44	0	20.89	21.58	0	0	0	0
	2	27.00	4.50	0	9.80	10.79	0	0	0	0
	3	25.00	24.35	0	20.00	20.59	0	0	0	0
	4	19.00	0	0	17.65	18.14	0	0	0	0
	5	27.00	4.50	0	9.80	10.79	0	0	0	0
	6	19.00	0	0	17.65	18.14	0	0	0	0
	7	25.00	24.35	0	20.00	20.59	0	0	0	0





# SSAP 4.9.8 (2018) - Slope Stability Analysis Program

Software by Dr.Geol. L.Borselli - [www.lorenzo-borselli.eu](http://www.lorenzo-borselli.eu)

SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Descrizione : Discarica - profilo finale con percolato 1 mt  
SUPERFICI DI CALCOLO GENERATE [ Fs compreso tra 1.2102 e 1.9951]

[n] = N. strato o lente

Data : 13/11/2018

Localita' : Atri (TE) - c.da Santa Lucia

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

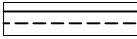
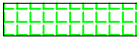
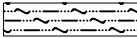

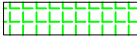

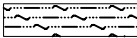
SUPERFICI REGISTRATE CON Fs ENTRO INTERVALLO PREDEFINITO

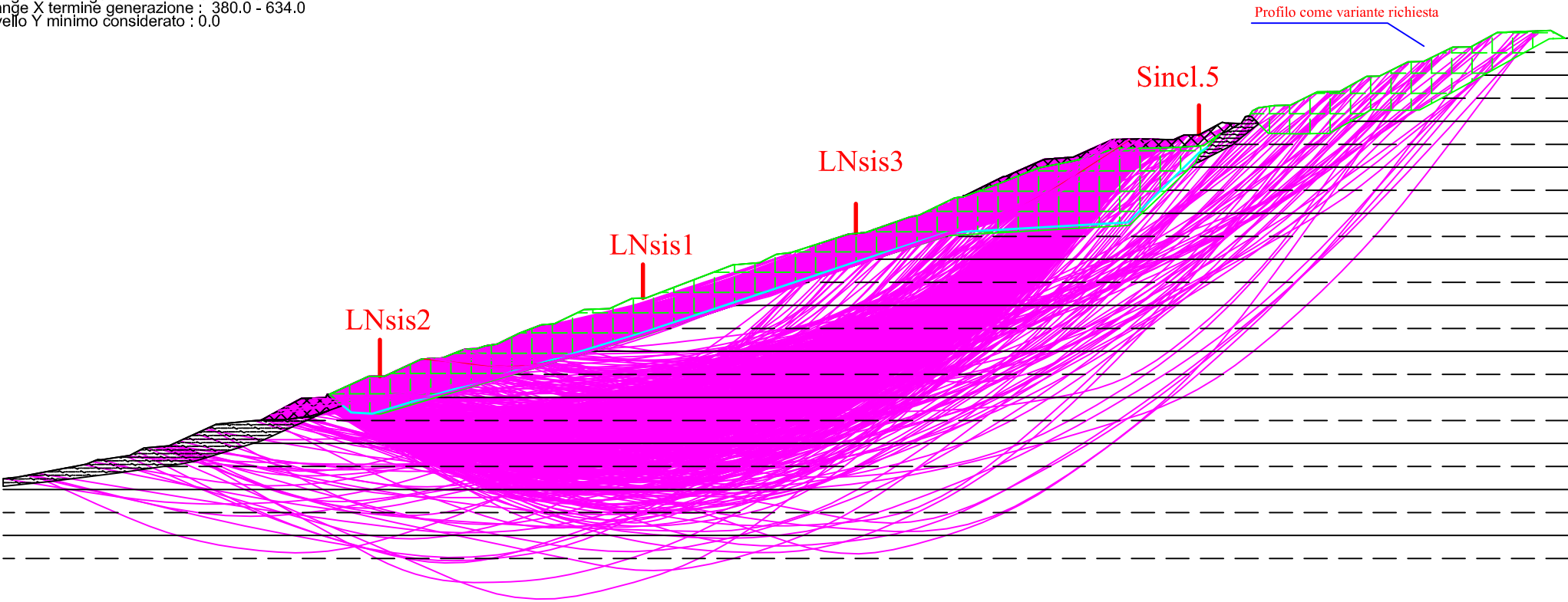
Fs minimo : 0.5000  
Fs massimo : 2.0000  
N.Superfici plottate : 4995  
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.1060

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N.: 5000  
Lunghezza media segmenti (m) : 15.0  
Range X inizio generazione : 95.0 - 280.0  
Range X termine generazione : 380.0 - 634.0  
Livello Y minimo considerato : 0.0

# Parametri Geotecnici degli strati # -----

	N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
	..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
	1	26.00	49.44	0	20.89	21.58	0	0	0	0
	2	27.00	4.50	0	9.80	10.79	0	0	0	0
	3	25.00	24.35	0	20.00	20.59	0	0	0	0
	4	19.00	0	0	17.65	18.14	0	0	0	0
	5	27.00	4.50	0	9.80	10.79	0	0	0	0
	6	19.00	0	0	17.65	18.14	0	0	0	0
	7	25.00	24.35	0	20.00	20.59	0	0	0	0



# Report elaborazioni #

-----  
**SSAP 4.9.8 - Slope Stability Analysis Program (1991,2018)**

WWW.SSAP.EU

Build No. 10631

BY

Dr. Geol. LORENZO BORSELLI \*,\*\*

\*UASLP, San Luis Potosi, Mexico

e-mail: lborselli@gmail.com

CV e WEB page personale: WWW.LORENZO-BORSELLI.EU

\*\* Gia' Ricercatore CNR-IRPI fino a Luglio 2011

-----

Ultima Revisione struttura tabelle del report: 21 agosto 2018

-----

File report: C:\SSAP2010\pendii\ATRI\_Discarica\verifica\_definitiva\verifica\_definitiva\_report.txt

Data: 8/11/2018

Localita' : Atri (TE) - c.da Santa Lucia

**Descrizione: Discarica - profilo finale con percolato 1 mt**

Modello pendio: finale3\_2percolato1mt.mod

----- PARAMETRI DEL MODELLO DEL PENDIO -----

\_\_ PARAMETRI GEOMETRICI - Coordinate X Y (in m) \_\_

SUP T.		SUP 2		SUP 3		SUP 4	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
94.96	46.71	524.46	171.85	497.48	153.91	425.94	143.96
99.77	47.24	525.19	171.66	498.66	154.08	438.85	148.72
123.63	51.77	525.31	171.61	507.23	155.99	451.78	153.95
127.60	53.32	527.31	169.69	518.37	161.62	463.86	156.26
128.82	53.29	527.79	169.20	527.79	169.20	468.54	157.59
138.72	54.79	531.03	165.88	527.31	169.69	478.79	160.80
143.51	57.32	535.39	165.77	525.31	171.61	491.21	160.82
152.11	58.10	541.71	165.67	525.19	171.66	499.81	161.01
168.45	65.58	551.50	165.84	524.46	171.85	506.73	161.43
183.98	66.96	552.18	165.84	523.42	171.73	508.87	161.75
197.78	74.42	554.87	167.37	523.20	171.66	514.50	165.69
206.12	74.66	566.52	174.01	521.79	169.26	516.58	166.40
206.74	75.89	567.61	173.98	521.26	169.27	521.26	169.27
207.43	75.83	570.57	173.89	516.58	166.40	516.17	169.42
220.96	82.04	573.16	173.81	514.50	165.69	515.25	169.67
226.37	82.07	573.94	173.79	509.36	158.86	507.23	165.39
239.14	88.00	579.77	173.83	497.48	153.91	502.01	165.28
246.44	88.38	583.19	173.89	-	-	498.48	163.70
253.69	91.25	593.68	179.55	-	-	487.15	163.90
255.26	91.48	602.37	184.32	-	-	477.48	163.73
258.10	91.56	627.88	198.44	-	-	463.86	157.67
261.21	92.51	630.53	198.55	-	-	453.84	156.93
265.25	93.17	633.44	198.66	-	-	440.68	151.05
272.95	96.91	628.40	201.32	-	-	439.62	150.84
280.54	99.84	610.08	200.64	-	-	426.45	144.36

284.94	100.18	600.89	195.70	-	-	426.02	144.43
295.23	105.10	594.62	195.59	-	-	425.94	143.96
304.03	105.44	584.67	190.64	-	-	-	-
311.86	108.96	579.21	190.52	-	-	-	-
316.52	109.08	569.37	185.56	-	-	-	-
346.47	120.51	564.98	185.48	-	-	-	-
355.74	121.22	555.61	180.28	-	-	-	-
361.54	124.12	548.01	180.16	-	-	-	-
366.48	124.69	538.80	175.58	-	-	-	-
386.34	131.08	533.15	175.47	-	-	-	-
392.24	131.70	527.71	174.66	-	-	-	-
407.49	136.98	525.63	173.62	-	-	-	-
410.56	137.61	524.46	171.85	-	-	-	-
422.99	143.61	-	-	-	-	-	-
425.94	143.96	-	-	-	-	-	-
426.02	144.43	-	-	-	-	-	-
426.45	144.36	-	-	-	-	-	-
439.62	150.84	-	-	-	-	-	-
440.68	151.05	-	-	-	-	-	-
453.84	156.93	-	-	-	-	-	-
463.86	157.67	-	-	-	-	-	-
477.48	163.73	-	-	-	-	-	-
487.15	163.90	-	-	-	-	-	-
498.48	163.70	-	-	-	-	-	-
502.01	165.28	-	-	-	-	-	-
507.23	165.39	-	-	-	-	-	-
515.25	169.67	-	-	-	-	-	-
516.17	169.42	-	-	-	-	-	-
521.26	169.27	-	-	-	-	-	-
521.79	169.26	-	-	-	-	-	-
523.20	171.66	-	-	-	-	-	-
523.42	171.73	-	-	-	-	-	-
524.46	171.85	-	-	-	-	-	-
525.63	173.62	-	-	-	-	-	-
527.71	174.66	-	-	-	-	-	-
533.15	175.47	-	-	-	-	-	-
538.80	175.58	-	-	-	-	-	-
548.01	180.16	-	-	-	-	-	-
555.61	180.28	-	-	-	-	-	-
564.98	185.48	-	-	-	-	-	-
569.37	185.56	-	-	-	-	-	-
579.21	190.52	-	-	-	-	-	-
584.67	190.64	-	-	-	-	-	-
594.62	195.59	-	-	-	-	-	-
600.89	195.70	-	-	-	-	-	-
610.08	200.64	-	-	-	-	-	-
628.40	201.32	-	-	-	-	-	-
633.44	198.66	-	-	-	-	-	-
634.37	198.70	-	-	-	-	-	-

SUP 5		SUP 6		SUP 7		SUP 8	
-------	--	-------	--	-------	--	-------	--

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
---	---	---	---	---	---	---	---

207.43	75.83	183.98	66.96	94.96	44.15	-	-
212.05	71.96	192.11	67.07	111.46	45.84	-	-
214.96	69.58	200.97	68.36	134.98	48.81	-	-
225.23	69.06	205.88	69.77	156.90	51.94	-	-
315.53	96.06	207.23	70.25	161.19	52.81	-	-
388.92	120.47	212.05	71.96	183.98	59.75	-	-
440.68	137.07	207.43	75.83	207.23	70.25	-	-
477.48	146.93	206.74	75.89	205.88	69.77	-	-
497.02	153.71	206.12	74.66	200.97	68.36	-	-
497.48	153.91	197.78	74.42	192.11	67.07	-	-
509.36	158.86	183.98	66.96	183.98	66.96	-	-
514.50	165.69	-	-	168.45	65.58	-	-
508.87	161.75	-	-	152.11	58.10	-	-
506.73	161.43	-	-	143.51	57.32	-	-
499.81	161.01	-	-	138.72	54.79	-	-
491.21	160.82	-	-	128.82	53.29	-	-
478.79	160.80	-	-	127.60	53.32	-	-

468.54	157.59	-	-	123.63	51.77	-	-
463.86	156.26	-	-	99.77	47.24	-	-
451.78	153.95	-	-	94.96	46.71	-	-
438.85	148.72	-	-	94.96	44.15	-	-
425.94	143.96	-	-	-	-	-	-
422.99	143.61	-	-	-	-	-	-
410.56	137.61	-	-	-	-	-	-
407.49	136.98	-	-	-	-	-	-
392.24	131.70	-	-	-	-	-	-
386.34	131.08	-	-	-	-	-	-
366.48	124.69	-	-	-	-	-	-
361.54	124.12	-	-	-	-	-	-
355.74	121.22	-	-	-	-	-	-
346.47	120.51	-	-	-	-	-	-
316.52	109.08	-	-	-	-	-	-
311.86	108.96	-	-	-	-	-	-
304.03	105.44	-	-	-	-	-	-
295.23	105.10	-	-	-	-	-	-
284.94	100.18	-	-	-	-	-	-
280.54	99.84	-	-	-	-	-	-
272.95	96.91	-	-	-	-	-	-
265.25	93.17	-	-	-	-	-	-
261.21	92.51	-	-	-	-	-	-
258.10	91.56	-	-	-	-	-	-
255.26	91.48	-	-	-	-	-	-
253.69	91.25	-	-	-	-	-	-
246.44	88.38	-	-	-	-	-	-
239.14	88.00	-	-	-	-	-	-
226.37	82.07	-	-	-	-	-	-
220.96	82.04	-	-	-	-	-	-
207.43	75.83	-	-	-	-	-	-

---- SUP FALDA -----

X Y (in m)

94.96	44.15
111.46	45.84
134.98	48.81
156.90	51.94
161.19	52.81
183.98	59.75
207.23	70.25
212.05	71.96
214.96	69.58
222.24	69.21
315.23	97.02
388.60	121.42
440.40	138.03
477.19	147.89
496.66	154.65
508.97	159.79
512.81	162.27
526.25	170.75
582.47	184.48
616.36	194.40
634.37	195.02

----- GESTIONE ACQUIFERI -----

Strati esclusi da acquifero:

STRATO 1  
STRATO 2  
STRATO 3  
STRATO 4  
STRATO 6  
STRATO 7

Esclusione sovraccarico pendio sommerso: NON ATTIVATA

Peso unitario fluido (kN/m<sup>3</sup>): 9.81

Parametri funzione dissipazione superficiale pressione dei fluidi:

Coefficiente A 0

Coefficiente K 0.000800

Pressione minima fluidi Uo\_Min (kPa) 0.01

Coefficiente di soprapressione oltre pressione idrostatica 1.00

Limitazione dissipazione a Pressione Idrostatica = ATTIVA

STABILITE CONDIZIONI PER LA VERIFICA CON SOVRAPPRESSIONE ACQUIFERI CON DISSIPAZIONE IN DIREZIONE DELLA SUPERFICIE

#### CALCOLO EFFETTO DI FILTRAZIONE NON ATTIVATO

##### ----- PARAMETRI GEOMECCANICI -----

	fi`	C`	Cu	Gamm	Gamm_sat	STR_IDX	sgci	GSI	mi	D
STRATO 1	26.00	49.44	0.00	20.89	21.58	4.891	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 2	27.00	4.50	0.00	9.80	10.79	1.717	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 3	25.00	24.35	0.00	20.00	20.59	2.475	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 4	19.00	0.00	0.00	17.65	18.14	0.944	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 5	27.00	4.50	0.00	9.80	10.79	1.717	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 6	19.00	0.00	0.00	17.65	18.14	0.944	0.00	0.00	0.00	0.00
STRATO 7	25.00	24.35	0.00	20.00	20.59	2.475	0.00	0.00	0.00	0.00

LEGENDA: fi` \_\_\_\_\_ Angolo di attrito interno efficace(in gradi)

C` \_\_\_\_\_ Coesione efficace (in Kpa)

Cu \_\_\_\_\_ Resistenza al taglio Non drenata (in Kpa)

Gamm \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno fuori falda (in KN/m^3)

Gamm\_sat \_\_\_\_\_ Peso di volume terreno immerso (in KN/m^3)

STR\_IDX \_\_\_\_\_ Indice di resistenza (usato in solo in 'SNIFF SEARCH') (adimensionale)

----- SOLO Per AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI - Parametri Criterio di Rottura di Hoek (2002)-

sgci \_\_\_\_\_ Resistenza Compressione Uniassiale Roccia Intatta (in MPa)

GSI \_\_\_\_\_ Geological Strenght Index ammasso(adimensionale)

mi \_\_\_\_\_ Indice litologico ammasso(adimensionale)

D \_\_\_\_\_ Fattore di disturbo ammasso(adimensionale)

Fattore di riduzione NTC2018 gammaPHI=1.25 e gammaC=1.25 - DISATTIVATO (solo per ROCCE)

Uso CRITERIO DI ROTTURA Hoek et al.(2002,2006) - non-lineare - Generalizzato secondo Lei et al.(2016)

##### ----- INFORMAZIONI GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM -----

###### \*\*\* PARAMETRI PER LA GENERAZIONE DELLE SUPERFICI

METODO DI RICERCA: SNIFF RANDOM SEARCH - Borselli (1997)

FILTRAGGIO SUPERFICI : ATTIVATO

COORDINATE X1,X2,Y OSTACOLO : 0.00 0.00 0.00

LUNGHEZZA MEDIA SEGMENTI (m): 21.6 (+/-) 50%

INTERVALLO ASCISSE RANDOM STARTING POINT (Xmin .. Xmax): 95.00 280.00

LIVELLO MINIMO CONSIDERATO (Ymin): 0.00

INTERVALLO ASCISSE AMMESSO PER LA TERMINAZIONE (Xmin .. Xmax): 380.00 634.00

\*\*\* TOTALE SUPERFICI GENERATE : 5000

##### ----- INFORMAZIONI PARAMETRI DI CALCOLO -----

METODO DI CALCOLO : MORGENSTERN - PRICE (Morgenstern & Price, 1965)

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kh : 0.1060

COEFFICIENTE SISMICO UTILIZZATO Kv (assunto Nnegativo) : -0.0530

COEFFICIENTE c=Kv/Kh UTILIZZATO : 0.5000

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE IN TESTA (kN/m): 0.00

FORZA ORIZZONTALE ADDIZIONALE ALLA BASE (kN/m): 0.00

N.B. Le forze orizzontali addizionali in testa e alla base sono poste uguali a 0 durante le tutte le verifiche globali.

I valori >0 impostati dall'utente sono utilizzati solo in caso di verifica singola

##### ----- RISULTATO FINALE ELABORAZIONI -----

\* DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICI GENERATE CON MINOR Fs \*

Fattore di sicurezza (FS)	1.2017	- Min. -	X	Y	Lambda=	0.4613
	246.25		88.37			
	259.63		86.53			
	265.92		85.82			
	270.13		85.55			
	273.62		85.55			
	277.08		85.82			
	280.21		86.24			
	283.56		86.90			

287.11	87.79
291.27	89.00
295.20	90.15
298.97	91.27
302.66	92.39
306.28	93.49
309.90	94.61
313.52	95.75
317.16	96.90
320.82	98.08
324.48	99.26
328.12	100.44
331.76	101.62
335.39	102.80
339.03	103.99
342.66	105.19
346.30	106.39
349.93	107.59
353.57	108.80
357.22	110.00
360.87	111.21
364.50	112.42
368.15	113.63
371.79	114.83
375.43	116.04
379.04	117.24
382.69	118.44
386.33	119.65
389.98	120.86
393.61	122.06
397.26	123.27
400.90	124.47
404.54	125.68
408.15	126.88
411.80	128.08
415.43	129.29
419.09	130.50
422.71	131.70
426.43	132.93
430.19	134.18
434.08	135.47
438.15	136.82
441.67	138.15
445.05	139.61
448.24	141.21
451.73	143.17
455.36	145.50
459.65	148.54
465.97	153.37
479.12	163.76

Fattore di sicurezza (FS)	1.2089	- N.2 --	X	Y	Lambda= 0.4526
---------------------------	--------	----------	---	---	----------------

247.28	88.71
264.71	88.11
273.05	87.99
278.73	88.14
283.52	88.50
288.16	89.14
292.45	89.92
296.98	90.96
301.70	92.25
307.05	93.90
312.18	95.49
317.14	97.04
322.03	98.58
326.83	100.11
331.64	101.65
336.45	103.20
341.27	104.77
346.09	106.35
350.93	107.94

355.76	109.52
360.60	111.12
365.41	112.70
370.24	114.29
375.06	115.89
379.89	117.48
384.68	119.07
389.51	120.67
394.33	122.26
399.17	123.87
403.98	125.46
408.88	127.08
413.83	128.72
418.93	130.41
424.19	132.15
428.88	133.88
433.44	135.76
437.80	137.76
442.47	140.13
447.40	142.93
453.15	146.48
461.53	152.03
478.72	163.75

Fattore di sicurezza (FS)	1.2110	- N.3 --	X	Y	Lambda= 0.4601
---------------------------	--------	----------	---	---	----------------

251.67	90.45
261.83	88.01
266.56	86.99
269.70	86.49
272.28	86.27
274.86	86.26
277.16	86.42
279.66	86.75
282.34	87.27
285.54	88.03
288.52	88.76
291.35	89.46
294.12	90.17
296.83	90.89
299.54	91.63
302.26	92.38
305.01	93.16
307.81	93.98
310.57	94.80
313.30	95.62
316.02	96.45
318.74	97.30
321.46	98.16
324.17	99.03
326.91	99.93
329.66	100.84
332.42	101.75
335.17	102.67
337.92	103.58
340.65	104.49
343.40	105.40
346.14	106.31
348.88	107.22
351.60	108.12
354.34	109.03
357.08	109.93
359.82	110.85
362.56	111.75
365.30	112.66
368.04	113.57
370.78	114.48
373.50	115.38
376.24	116.29
378.98	117.20
381.73	118.11
384.46	119.02

387.21	119.93
389.95	120.84
392.69	121.75
395.41	122.65
398.15	123.56
400.89	124.47
403.63	125.38
406.36	126.29
409.11	127.20
411.85	128.11
414.59	129.02
417.31	129.92
420.05	130.83
422.79	131.74
425.54	132.65
428.27	133.56
431.07	134.49
433.92	135.44
436.90	136.43
440.05	137.47
442.67	138.49
445.17	139.65
447.49	140.92
450.08	142.55
452.73	144.51
455.92	147.14
460.69	151.41
470.71	160.72

Fattore di sicurezza (FS)	1.2114	- N.4 --	X	Y	Lambda= 0.4684
---------------------------	--------	----------	---	---	----------------

187.76	69.01
205.45	71.34
214.50	72.58
220.89	73.52
226.60	74.40
231.73	75.26
236.83	76.17
241.98	77.12
247.22	78.14
252.65	79.25
257.85	80.36
262.97	81.53
268.01	82.74
273.12	84.04
278.16	85.38
283.25	86.81
288.40	88.32
293.74	89.94
299.01	91.56
304.21	93.17
309.39	94.79
314.55	96.42
319.71	98.06
324.86	99.71
330.03	101.39
335.20	103.07
340.41	104.77
345.59	106.46
350.79	108.16
355.95	109.84
361.15	111.54
366.32	113.22
371.50	114.91
376.64	116.59
381.82	118.28
387.00	119.97
392.19	121.66
397.35	123.35
402.62	125.06
407.93	126.80
413.39	128.58



419.02	130.42
424.07	132.25
428.96	134.23
433.65	136.35
438.67	138.85
443.97	141.81
450.14	145.55
459.14	151.39
477.58	163.73

Fattore di sicurezza (FS)	1.2115	- N.5 --	X	Y	Lambda= 0.4589
---------------------------	--------	----------	---	---	----------------

246.44	88.38
259.45	87.30
265.70	86.90
269.95	86.79
273.56	86.88
277.04	87.16
280.27	87.56
283.68	88.14
287.24	88.89
291.29	89.88
295.11	90.84
298.79	91.80
302.39	92.76
305.97	93.75
309.52	94.76
313.09	95.81
316.70	96.90
320.38	98.04
324.03	99.17
327.65	100.31
331.25	101.46
334.85	102.61
338.44	103.77
342.04	104.94
345.65	106.12
349.25	107.32
352.88	108.52
356.50	109.72
360.12	110.92
363.72	112.12
367.34	113.32
370.95	114.52
374.56	115.72
378.15	116.91
381.76	118.11
385.37	119.31
388.99	120.51
392.59	121.71
396.21	122.91
399.82	124.11
403.44	125.31
407.02	126.50
410.63	127.71
414.24	128.90
417.86	130.11
421.46	131.31
425.15	132.53
428.88	133.77
432.75	135.06
436.80	136.40
440.29	137.73
443.63	139.20
446.79	140.80
450.24	142.77
453.82	145.12
458.07	148.20
464.35	153.12
477.41	163.70

Fattore di sicurezza (FS) 1.2120 - N.6 -- X Y Lambda= 0.4550

199.72	74.48
215.06	74.52
222.62	74.64
227.85	74.87
232.39	75.21
236.63	75.69
240.69	76.26
244.89	76.98
249.23	77.84
253.98	78.90
258.48	79.94
262.86	81.00
267.15	82.09
271.46	83.22
275.72	84.38
280.01	85.60
284.35	86.88
288.80	88.23
293.21	89.58
297.58	90.93
301.93	92.28
306.27	93.63
310.61	95.00
314.95	96.37
319.31	97.76
323.66	99.16
328.02	100.56
332.37	101.96
336.73	103.37
341.06	104.78
345.42	106.20
349.76	107.62
354.11	109.05
358.44	110.48
362.80	111.91
367.15	113.35
371.52	114.78
375.86	116.21
380.22	117.65
384.57	119.08
388.93	120.52
393.25	121.94
397.61	123.38
401.95	124.81
406.31	126.25
410.65	127.69
415.07	129.16
419.54	130.64
424.16	132.18
428.95	133.78
433.18	135.36
437.26	137.08
441.16	138.94
445.36	141.15
449.76	143.79
454.92	147.16
462.48	152.46
478.07	163.74

Fattore di sicurezza (FS) 1.2121 - N.7 -- X Y Lambda= 0.4816

257.40	91.54
269.81	90.77
275.85	90.49
280.00	90.44
283.56	90.53
286.93	90.78
290.12	91.13
293.46	91.62
296.94	92.25
300.84	93.06

304.47	93.86
307.97	94.69
311.38	95.54
314.81	96.46
318.18	97.40
321.59	98.41
325.05	99.49
328.64	100.65
332.19	101.80
335.70	102.94
339.21	104.09
342.68	105.22
346.16	106.37
349.64	107.51
353.12	108.66
356.59	109.81
360.07	110.96
363.56	112.12
367.05	113.27
370.52	114.42
374.02	115.58
377.50	116.73
380.98	117.88
384.44	119.03
387.92	120.18
391.40	121.33
394.90	122.49
398.37	123.64
401.86	124.80
405.34	125.95
408.83	127.10
412.28	128.25
415.77	129.40
419.25	130.56
422.74	131.71
426.22	132.86
429.77	134.04
433.37	135.23
437.10	136.47
440.99	137.76
444.36	139.03
447.59	140.44
450.64	141.97
453.97	143.86
457.44	146.10
461.53	149.04
467.59	153.71
480.17	163.78

Fattore di sicurezza (FS)	1.2131	- N.8 --	X	Y	Lambda= 0.4721
	254.42	91.36			
	263.62	88.76			
	267.89	87.67			
	270.71	87.11			
	273.01	86.83			
	275.33	86.76			
	277.38	86.84			
	279.63	87.09			
	282.04	87.51			
	284.96	88.15			
	287.65	88.77			
	290.21	89.37			
	292.69	89.97			
	295.14	90.59			
	297.57	91.22			
	300.02	91.88			
	302.49	92.56			
	305.02	93.28			
	307.51	94.00			
	309.98	94.73			
	312.44	95.46			

314.89	96.20
317.34	96.95
319.80	97.71
322.27	98.49
324.75	99.29
327.24	100.09
329.71	100.88
332.18	101.68
334.64	102.49
337.11	103.29
339.57	104.10
342.04	104.92
344.50	105.73
346.98	106.56
349.45	107.38
351.93	108.20
354.39	109.01
356.87	109.84
359.34	110.66
361.81	111.47
364.26	112.29
366.73	113.11
369.20	113.93
371.67	114.75
374.14	115.57
376.61	116.39
379.08	117.21
381.55	118.03
384.00	118.84
386.48	119.66
388.94	120.48
391.42	121.30
393.88	122.12
396.36	122.94
398.83	123.76
401.30	124.58
403.75	125.39
406.22	126.21
408.69	127.03
411.17	127.85
413.63	128.67
416.11	129.49
418.58	130.31
421.05	131.13
423.50	131.94
425.97	132.76
428.44	133.58
430.92	134.41
433.38	135.22
435.91	136.06
438.49	136.92
441.19	137.82
444.07	138.77
446.42	139.70
448.65	140.76
450.70	141.94
453.03	143.49
455.39	145.35
458.25	147.88
462.55	152.03
471.64	161.13

Fattore di sicurezza (FS)	1.2133	- N.9 --	X	Y	Lambda= 0.4570
	253.59	91.21			
	270.43	90.49			
	278.51	90.31			
	284.01	90.40			
	288.68	90.70			
	293.17	91.25			
	297.35	91.95			
	301.75	92.89			

306.34	94.06
311.55	95.56
316.49	97.01
321.27	98.43
325.96	99.86
330.60	101.30
335.23	102.75
339.86	104.24
344.52	105.76
349.21	107.31
353.92	108.88
358.61	110.43
363.30	111.98
367.96	113.53
372.65	115.08
377.31	116.63
381.99	118.18
386.62	119.71
391.30	121.26
395.96	122.81
400.65	124.36
405.31	125.91
410.06	127.48
414.86	129.07
419.80	130.71
424.91	132.41
429.46	134.09
433.85	135.92
438.05	137.88
442.57	140.21
447.32	142.98
452.87	146.50
460.99	152.02
477.67	163.73

Fattore di sicurezza (FS)	1.2140	- N.10 --	X	Y	Lambda= 0.4549
---------------------------	--------	-----------	---	---	----------------

255.38	91.48
269.71	90.09
276.52	89.57
281.11	89.43
284.97	89.53
288.74	89.87
292.20	90.36
295.87	91.08
299.73	92.02
304.19	93.27
308.40	94.47
312.44	95.65
316.40	96.82
320.31	98.01
324.20	99.21
328.11	100.45
332.04	101.71
336.01	103.01
339.98	104.31
343.93	105.61
347.88	106.91
351.81	108.20
355.75	109.51
359.68	110.81
363.62	112.12
367.54	113.42
371.48	114.73
375.42	116.04
379.37	117.35
383.30	118.66
387.25	119.97
391.18	121.28
395.12	122.59
399.03	123.89
402.97	125.20

406.91 126.51  
410.86 127.82  
414.78 129.13  
418.80 130.46  
422.86 131.81  
427.06 133.21  
431.43 134.66  
435.24 136.10  
438.91 137.68  
442.40 139.38  
446.18 141.46  
450.13 143.92  
454.78 147.11  
461.63 152.17  
475.80 162.98

----- ANALISI DEFICIT DI RESISTENZA -----

# DATI RELATIVI ALLE 10 SUPERFICIE GENERATE CON MINOR FS \*

# Analisi Deficit in riferimento a FS(progetto) = 1.000

Sup N.	FS	FTR(kN/m)	FTA(kN/m)	Bilancio(kN/m)	ESITO
1	1.202	11844.3	9856.6	1987.7	Surplus
2	1.209	11200.2	9264.9	1935.3	Surplus
3	1.211	11276.9	9312.1	1964.8	Surplus
4	1.211	13841.4	11425.5	2415.9	Surplus
5	1.212	11526.9	9514.3	2012.6	Surplus
6	1.212	13766.8	11359.1	2407.6	Surplus
7	1.212	11157.0	9204.6	1952.5	Surplus
8	1.213	11276.7	9296.0	1980.7	Surplus
9	1.213	10667.9	8792.2	1875.7	Surplus
10	1.214	10826.1	8917.5	1908.6	Surplus

Esito analisi: SURPLUS di RESISTENZA!

Valore minimo di SURPLUS di RESISTENZA (kN/m): 1875.7

Note: FTR --> Forza totale Resistente rispetto alla superficie  
di scivolamento (componente Orizzontale)

FTA --> Forza totale Agente rispetto alla superficie  
di scivolamento (componente Orizzontale)

IMPORTANTE! : Il Deficit o il Surplus di resistenza viene espresso in kN  
per metro di LARGHEZZA rispetto al fronte della scarpata

-----  
TABELLA PARAMETRI CONCI DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	alpha (°)	W (kN/m)	ru (-)	U (kPa)	phi' (°)	(c',Cu) (kPa)
246.252	0.188	-7.82	0.03	0.00	0.00	27.00	4.50
246.440	1.679	-7.82	7.53	0.00	0.00	27.00	4.50
248.119	1.679	-7.82	21.48	0.00	0.00	27.00	4.50
249.798	1.679	-7.82	35.42	0.00	0.00	27.00	4.50
251.477	1.679	-7.82	49.37	0.00	0.00	27.00	4.50
253.156	0.534	-7.82	18.63	0.00	0.00	27.00	4.50
253.690	0.785	-7.82	29.23	0.00	0.00	27.00	4.50
254.475	0.785	-7.82	30.85	0.00	0.00	27.00	4.50
255.260	1.420	-7.82	58.83	0.00	0.00	27.00	4.50
256.680	1.420	-7.82	61.92	0.00	0.00	27.00	4.50
258.100	1.534	-7.82	73.39	0.00	0.00	27.00	4.50
259.634	0.021	-6.50	1.08	0.00	0.00	27.00	4.50
259.655	1.555	-6.50	84.14	0.00	0.00	27.00	4.50
261.210	1.679	-6.50	99.55	0.00	0.00	27.00	4.50
262.889	0.341	-6.50	21.11	0.00	0.00	27.00	4.50
263.230	1.679	-6.50	108.28	0.00	0.00	27.00	4.50
264.909	0.341	-6.50	22.88	0.00	0.00	27.00	4.50
265.250	0.668	-6.50	46.35	0.00	0.00	27.00	4.50
265.918	1.679	-3.60	126.80	0.00	0.00	27.00	4.50
267.597	1.503	-3.60	125.68	0.00	0.00	27.00	4.50
269.100	1.030	-3.60	92.74	0.00	0.00	27.00	4.50

270.130	1.679	-0.02	161.98	0.00	0.01	27.00	4.50
271.809	1.141	-0.02	117.37	0.00	0.09	27.00	4.50
272.950	0.672	-0.02	71.59	0.00	0.21	27.00	4.50
273.622	1.679	4.38	185.07	0.00	0.31	27.00	4.50
275.300	1.679	4.38	193.17	0.00	0.80	27.00	4.50
276.979	0.099	4.38	11.60	0.01	1.47	27.00	4.50
277.078	1.264	7.75	150.71	0.01	1.51	27.00	4.50
278.342	1.679	7.75	206.10	0.01	2.14	27.00	4.50
280.021	0.185	7.75	23.16	0.02	3.03	27.00	4.50
280.207	0.333	11.14	41.89	0.02	3.12	27.00	4.50
280.540	1.679	11.14	209.96	0.03	3.28	27.00	4.50
282.219	1.342	11.14	165.73	0.04	4.44	27.00	4.50
283.561	1.379	13.99	167.96	0.05	5.43	27.00	4.50
284.940	1.679	13.99	205.72	0.05	6.35	27.00	4.50
286.619	0.493	13.99	61.54	0.06	7.38	27.00	4.50
287.112	1.679	16.19	213.05	0.06	7.53	27.00	4.50
288.791	1.679	16.19	217.98	0.06	7.99	27.00	4.50
290.470	0.804	16.19	106.20	0.06	8.33	27.00	4.50
291.274	1.679	16.38	225.23	0.06	8.44	27.00	4.50
292.953	1.679	16.38	230.06	0.06	8.61	27.00	4.50
294.632	0.572	16.38	79.47	0.06	8.68	27.00	4.50
295.204	0.026	16.58	3.62	0.06	8.69	27.00	4.50
295.230	1.679	16.58	230.81	0.06	8.69	27.00	4.50
296.909	1.679	16.58	224.03	0.06	8.68	27.00	4.50
298.588	0.381	16.58	49.83	0.06	8.62	27.00	4.50
298.968	1.679	16.79	215.66	0.06	8.60	27.00	4.50
300.647	1.679	16.79	208.78	0.07	8.51	27.00	4.50
302.326	0.332	16.79	40.43	0.07	8.42	27.00	4.50
302.658	1.372	17.00	164.33	0.07	8.40	27.00	4.50
304.030	1.679	17.00	200.12	0.07	8.33	27.00	4.50
305.709	0.569	17.00	68.70	0.06	8.22	27.00	4.50
306.278	1.679	17.20	205.08	0.06	8.19	27.00	4.50
307.957	1.679	17.20	208.71	0.06	8.06	27.00	4.50
309.636	0.261	17.20	32.77	0.06	7.92	27.00	4.50
309.897	1.679	17.41	212.85	0.06	7.89	27.00	4.50
311.576	0.284	17.41	36.33	0.06	7.72	27.00	4.50
311.860	1.659	17.41	209.00	0.06	7.69	27.00	4.50
313.519	0.671	17.60	82.36	0.06	7.55	27.00	4.50
314.190	1.040	17.60	125.30	0.06	7.51	27.00	4.50
315.230	0.300	17.60	35.60	0.06	7.46	27.00	4.50
315.530	0.990	17.60	115.76	0.06	7.45	27.00	4.50
316.520	0.639	17.60	74.00	0.06	7.46	27.00	4.50
317.159	1.679	17.80	195.54	0.06	7.48	27.00	4.50
318.838	1.679	17.80	197.16	0.06	7.60	27.00	4.50
320.517	0.300	17.80	35.35	0.06	7.81	27.00	4.50
320.817	1.679	17.87	199.04	0.06	7.85	27.00	4.50
322.496	1.679	17.87	200.62	0.06	8.06	27.00	4.50
324.175	0.301	17.87	36.16	0.06	8.22	27.00	4.50
324.476	1.679	17.93	202.46	0.06	8.25	27.00	4.50
326.155	1.679	17.93	204.00	0.07	8.41	27.00	4.50
327.834	0.284	17.93	34.65	0.07	8.56	27.00	4.50
328.118	1.679	18.00	205.79	0.07	8.59	27.00	4.50
329.797	1.679	18.00	207.29	0.07	8.71	27.00	4.50
331.476	0.019	18.00	2.40	0.07	8.81	27.00	4.50
331.495	0.268	18.00	33.22	0.07	8.81	27.00	4.50
331.763	1.679	18.06	209.04	0.07	8.83	27.00	4.50
333.442	1.679	18.06	210.50	0.07	8.92	27.00	4.50
335.121	0.269	18.06	33.82	0.07	9.02	27.00	4.50
335.390	1.679	18.13	212.19	0.07	9.03	27.00	4.50
337.069	1.679	18.13	213.62	0.07	9.13	27.00	4.50
338.747	0.282	18.13	36.08	0.07	9.22	27.00	4.50
339.030	1.679	18.20	215.27	0.07	9.23	27.00	4.50
340.709	1.679	18.20	216.67	0.07	9.31	27.00	4.50
342.388	0.274	18.20	35.51	0.07	9.40	27.00	4.50
342.662	1.679	18.26	218.27	0.07	9.41	27.00	4.50
344.341	1.679	18.26	219.63	0.07	9.48	27.00	4.50
346.020	0.282	18.26	36.99	0.07	9.53	27.00	4.50
346.302	0.168	18.33	22.11	0.07	9.53	27.00	4.50
346.470	1.679	18.33	217.34	0.07	9.53	27.00	4.50
348.149	1.679	18.33	210.68	0.07	9.53	27.00	4.50
349.828	0.097	18.33	12.00	0.07	9.51	27.00	4.50
349.925	1.679	18.33	203.64	0.07	9.51	27.00	4.50

351.604	1.679	18.33	196.98	0.08	9.48	27.00	4.50
353.283	0.291	18.33	33.50	0.08	9.46	27.00	4.50
353.574	1.679	18.33	189.17	0.08	9.46	27.00	4.50
355.253	0.487	18.33	53.58	0.08	9.47	27.00	4.50
355.740	1.476	18.33	163.40	0.08	9.49	27.00	4.50
357.216	1.424	18.33	160.85	0.08	9.57	27.00	4.50
358.640	1.679	18.33	193.75	0.08	9.65	27.00	4.50
360.319	0.550	18.33	64.47	0.08	9.73	27.00	4.50
360.869	0.671	18.33	79.21	0.08	9.74	27.00	4.50
361.540	1.679	18.33	196.35	0.08	9.75	27.00	4.50
363.219	0.791	18.33	90.55	0.08	9.72	27.00	4.50
364.010	0.489	18.33	55.36	0.08	9.70	27.00	4.50
364.499	1.679	18.33	186.40	0.08	9.69	27.00	4.50
366.178	0.302	18.33	32.93	0.08	9.66	27.00	4.50
366.480	1.671	18.33	181.54	0.08	9.66	27.00	4.50
368.151	1.679	18.33	182.20	0.08	9.68	27.00	4.50
369.830	1.679	18.33	181.96	0.09	9.73	27.00	4.50
371.509	0.281	18.33	30.38	0.09	9.78	27.00	4.50
371.789	1.679	18.33	181.67	0.09	9.79	27.00	4.50
373.468	1.679	18.33	181.43	0.09	9.81	27.00	4.50
375.147	0.285	18.33	30.76	0.09	9.83	27.00	4.50
375.432	0.978	18.33	105.55	0.09	9.84	27.00	4.50
376.410	1.679	18.33	181.00	0.09	9.85	27.00	4.50
378.089	0.955	18.33	102.88	0.09	9.87	27.00	4.50
379.044	1.679	18.33	180.61	0.09	9.89	27.00	4.50
380.723	1.679	18.33	180.37	0.09	9.93	27.00	4.50
382.402	0.285	18.33	30.58	0.09	9.99	27.00	4.50
382.687	1.679	18.33	180.08	0.09	10.00	27.00	4.50
384.366	1.679	18.33	179.84	0.09	10.02	27.00	4.50
386.045	0.281	18.33	30.02	0.09	10.01	27.00	4.50
386.326	0.014	18.33	1.53	0.09	10.00	27.00	4.50
386.340	1.679	18.33	176.71	0.09	10.00	27.00	4.50
388.019	0.581	18.33	59.78	0.09	9.91	27.00	4.50
388.600	0.320	18.33	32.62	0.09	9.87	27.00	4.50
388.920	0.370	18.33	37.45	0.09	9.85	27.00	4.50
389.290	0.687	18.33	68.79	0.09	9.82	27.00	4.50
389.977	1.679	18.33	163.86	0.09	9.76	27.00	4.50
391.656	0.584	18.33	55.58	0.09	9.59	27.00	4.50
392.240	1.367	18.33	129.43	0.09	9.52	27.00	4.50
393.607	1.679	18.33	159.30	0.09	9.38	27.00	4.50
395.286	1.679	18.33	159.67	0.09	9.19	27.00	4.50
396.965	0.294	18.33	27.96	0.09	9.03	27.00	4.50
397.259	1.679	18.33	160.09	0.09	9.01	27.00	4.50
398.938	1.679	18.33	160.46	0.09	8.85	27.00	4.50
400.617	0.281	18.33	26.85	0.09	8.69	27.00	4.50
400.897	1.679	18.33	160.88	0.09	8.66	27.00	4.50
402.576	1.679	18.33	161.25	0.08	8.49	27.00	4.50
404.255	0.285	18.33	27.41	0.08	8.33	27.00	4.50
404.540	1.679	18.33	161.67	0.08	8.30	27.00	4.50
406.219	1.271	18.33	122.62	0.08	8.11	27.00	4.50
407.490	0.663	18.33	63.73	0.08	7.97	27.00	4.50
408.153	1.679	18.33	159.16	0.08	7.90	27.00	4.50
409.832	0.728	18.33	68.01	0.08	7.70	27.00	4.50
410.560	1.235	18.33	115.89	0.08	7.62	27.00	4.50
411.795	1.679	18.33	160.91	0.07	7.49	27.00	4.50
413.474	1.679	18.33	164.84	0.07	7.32	27.00	4.50
415.153	0.280	18.33	27.91	0.07	7.16	27.00	4.50
415.434	1.341	18.33	135.03	0.07	7.13	27.00	4.50
416.775	1.679	18.33	172.58	0.07	7.02	27.00	4.50
418.454	0.631	18.33	65.90	0.06	6.83	27.00	4.50
419.085	1.679	18.33	177.99	0.06	6.76	27.00	4.50
420.764	1.679	18.33	181.92	0.06	6.54	27.00	4.50
422.443	0.272	18.33	29.81	0.06	6.33	27.00	4.50
422.715	0.275	18.33	30.29	0.06	6.31	27.00	4.50
422.990	1.475	18.33	160.51	0.06	6.28	27.00	4.50
424.465	1.475	18.33	156.19	0.05	6.16	27.00	4.50
425.940	0.040	18.33	4.25	0.05	6.08	27.00	4.50
425.980	0.040	18.33	4.40	0.05	6.07	27.00	4.50
426.020	0.407	18.33	44.84	0.05	6.07	27.00	4.50
426.427	0.023	18.33	2.46	0.05	6.05	27.00	4.50
426.450	1.679	18.33	184.95	0.05	6.05	27.00	4.50
428.129	1.679	18.33	191.71	0.05	5.94	27.00	4.50



429.808	0.379	18.33	44.23	0.05	5.80	27.00	4.50
430.187	1.679	18.34	200.00	0.05	5.76	27.00	4.50
431.866	1.169	18.34	143.23	0.04	5.50	27.00	4.50
433.035	1.048	18.34	131.26	0.04	5.29	27.00	4.50
434.083	1.679	18.34	215.68	0.04	5.02	27.00	4.50
435.762	1.679	18.34	222.44	0.03	4.38	27.00	4.50
437.441	0.707	18.34	95.65	0.03	3.84	27.00	4.50
438.148	0.702	20.70	96.06	0.03	3.64	27.00	4.50
438.850	0.770	20.70	106.40	0.03	3.46	27.00	4.50
439.620	0.530	20.70	73.12	0.02	3.23	27.00	4.50
440.150	0.250	20.70	34.17	0.02	3.07	27.00	4.50
440.400	0.280	20.70	38.03	0.02	3.00	27.00	4.50
440.680	0.988	20.70	134.20	0.02	2.92	27.00	4.50
441.668	1.345	23.49	183.43	0.02	2.56	27.00	4.50
443.013	1.679	23.49	229.89	0.01	1.93	27.00	4.50
444.692	0.356	23.49	48.89	0.00	1.07	27.00	4.50
445.048	1.679	26.51	230.51	0.00	0.91	27.00	4.50
446.727	0.533	26.51	73.04	0.00	0.31	27.00	4.50
447.260	0.984	26.51	134.81	0.00	0.22	27.00	4.50
448.244	1.679	29.29	228.80	0.00	0.11	27.00	4.50
449.923	1.679	29.29	226.70	0.00	0.03	27.00	4.50
451.602	0.132	29.29	17.70	0.00	0.00	27.00	4.50
451.734	0.046	32.73	6.20	0.00	0.00	27.00	4.50
451.780	1.679	32.73	225.48	0.00	0.00	27.00	4.50
453.459	0.381	32.73	51.20	0.00	0.00	27.00	4.50
453.840	1.520	32.73	197.12	0.00	0.00	27.00	4.50
455.360	1.679	35.32	200.42	0.00	0.00	27.00	4.50
457.038	1.679	35.32	181.35	0.00	0.00	27.00	4.50
458.717	0.133	35.32	13.50	0.00	0.00	27.00	4.50
458.850	0.798	35.32	78.75	0.00	0.00	27.00	4.50
459.648	1.679	37.38	151.00	0.00	0.00	27.00	4.50
461.327	1.679	37.38	130.48	0.00	0.00	27.00	4.50
463.005	0.855	37.38	58.53	0.00	0.00	27.00	4.50
463.860	1.679	37.38	107.29	0.00	0.00	27.00	4.50
465.539	0.436	37.38	27.02	0.00	0.00	27.00	4.50
465.974	1.679	38.33	100.68	0.00	0.00	27.00	4.50
467.653	0.887	38.33	50.87	0.00	0.00	27.00	4.50
468.540	1.679	38.33	91.70	0.00	0.00	27.00	4.50
470.219	1.679	38.33	85.42	0.00	0.00	27.00	4.50
471.898	1.234	38.33	58.79	0.00	0.00	27.00	4.50
473.132	1.679	38.33	69.52	0.00	0.00	19.00	0.00
474.811	1.679	38.33	53.23	0.00	0.00	19.00	0.00
476.490	0.700	38.33	17.38	0.00	0.00	19.00	0.00
477.190	0.290	38.33	6.37	0.00	0.00	19.00	0.00
477.480	1.310	38.33	16.60	0.00	0.00	19.00	0.00
478.790	0.326	38.33	0.69	0.00	0.00	19.00	0.00

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
dx(m) : Larghezza concio  
alpha(°) : Angolo pendenza base concio  
W(kN/m) : Forza peso concio  
ru(-) : Coefficiente locale pressione interstiziale  
U(kPa) : Pressione totale dei pori base concio  
phi'(°) : Angolo di attrito efficace base concio  
c'/Cu (kPa) : Coesione efficace o Resistenza al taglio in condizioni non drenate

TABELLA DIAGRAMMA DELLE FORZE DELLA SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X	ht	yt	yt'	E(x)	T(x)	E'	rho(x)	FS_FEM	FS_p-qFEM			
(m)	(m)	(m)	(--)	(kN/m)	(kN/m)		(kN)	(--)	(--)	(--)		
246.252	0.000	88.370	-0.011	0.0000000000E+000	0.0000000000E+000	7.4415560807E-001	0.040	50.000	50.000			
246.440	0.009	88.353	-0.011	1.5131974606E-001	5.8660751754E-005	8.6970404245E-001	0.040	50.000	50.000			
248.119	0.235	88.349	0.002	2.5551768184E+000	1.5136813343E-002	3.1258472269E+000	0.040	26.881	13.412			
249.798	0.478	88.361	0.015	1.0647751964E+001	2.0119739594E-001	5.5345205459E+000	0.040	9.478	4.572			
251.477	0.746	88.399	0.008	2.1139808616E+001	1.2846058753E+000	8.2008796277E+000	0.067	6.182	4.604			
253.156	0.965	88.387	-0.010	3.8185878714E+001	3.5080657057E+000	1.4853168508E+001	0.118	4.846	3.813			
253.690	1.027	88.377	-0.019	4.6917658888E+001	4.7306999740E+000	1.7209141771E+001	0.137	4.458	3.520			
254.475	1.120	88.362	-0.018	6.1419850703E+001	6.9236342913E+000	2.1316938101E+001	0.167	4.002	3.179			

255.260	1.215	88.348	-0.014	8.0385251707E+001	9.9913858081E+000	2.6167931768E+001	0.198	3.587	2.889
256.680	1.392	88.331	-0.006	1.2270206484E+002	1.7729740582E+001	2.9777612784E+001	0.256	3.006	2.513
258.100	1.589	88.333	0.012	1.6495367201E+002	2.6783463802E+001	3.0082323827E+001	0.304	2.657	2.294
259.634	1.834	88.367	0.023	2.1163569151E+002	3.8316990886E+001	3.4205576818E+001	0.347	2.424	2.136
259.655	1.837	88.368	0.053	2.1236318861E+002	3.8509005598E+001	3.4256833442E+001	0.348	2.421	2.134
261.210	2.097	88.451	0.068	2.6552641453E+002	5.3544774996E+001	3.5018002532E+001	0.395	2.235	2.010
262.889	2.424	88.587	0.083	3.2582435128E+002	7.3019060701E+001	3.4940992160E+001	0.448	2.058	1.902
263.230	2.494	88.618	0.099	3.3767277156E+002	7.7149486638E+001	3.5622321497E+001	0.458	2.028	1.883
264.909	2.854	88.786	0.092	4.0474657548E+002	1.0229657530E+002	3.8490913607E+001	0.515	1.892	1.787
265.250	2.911	88.804	0.100	4.1777196129E+002	1.0752305591E+002	3.7554826938E+001	0.526	1.868	1.770
265.918	3.070	88.887	0.118	4.4202280727E+002	1.1755209381E+002	3.5796873720E+001	0.544	1.821	1.740
267.597	3.369	89.080	0.122	4.9999596679E+002	1.4296145928E+002	3.3102928025E+001	0.585	1.718	1.671
269.100	3.657	89.275	0.138	5.4783054712E+002	1.6551785148E+002	3.0339681158E+001	0.619	1.636	1.617
270.130	3.876	89.429	0.157	5.7802213526E+002	1.8092169695E+002	2.8880299531E+001	0.640	1.581	1.586
271.809	4.148	89.700	0.163	6.2530454740E+002	2.0694836343E+002	2.6903375333E+001	0.677	1.506	1.542
272.950	4.338	89.890	0.170	6.5503429325E+002	2.2496612441E+002	2.5027248539E+001	0.703	1.461	1.510
273.622	4.457	90.009	0.188	6.7143700042E+002	2.3524385797E+002	2.3902872626E+001	0.717	1.437	1.493
275.300	4.652	90.332	0.198	7.0937068004E+002	2.6055918013E+002	2.1406199274E+001	0.753	1.380	1.452
276.979	4.865	90.674	0.204	7.4331790291E+002	2.8509654733E+002	1.8531538779E+001	0.787	1.329	1.413
277.078	4.878	90.694	0.224	7.4513599310E+002	2.8641856875E+002	1.8384182829E+001	0.789	1.326	1.411
278.342	4.991	90.979	0.238	7.6759673460E+002	3.0301789695E+002	1.7141257233E+001	0.811	1.295	1.385
280.021	5.177	91.394	0.248	7.9498314872E+002	3.2369351844E+002	1.5314650722E+001	0.838	1.256	1.353
280.207	5.200	91.442	0.254	7.9779892859E+002	3.2583130024E+002	1.5115828763E+001	0.840	1.252	1.350
280.540	5.218	91.526	0.260	8.0278662545E+002	3.2962010114E+002	1.5265341949E+001	0.845	1.244	1.344
282.219	5.326	91.964	0.214	8.3103345385E+002	3.4989459528E+002	1.7389352936E+001	0.873	1.209	1.315
283.561	5.268	92.171	0.167	8.5497160586E+002	3.6625211933E+002	1.7454564815E+001	0.894	1.182	1.293
284.940	5.174	92.420	0.268	8.7849831974E+002	3.8211117934E+002	1.6669193975E+001	0.913	1.152	1.272
286.619	5.327	92.992	0.341	9.0569278405E+002	4.0051836319E+002	1.5535381712E+001	0.929	1.122	1.248
287.112	5.372	93.160	0.360	9.1325238759E+002	4.0547075745E+002	1.5210808009E+001	0.933	1.114	1.241
288.791	5.499	93.773	0.346	9.3804511869E+002	4.2174014732E+002	1.3754811988E+001	0.945	1.086	1.220
290.470	5.560	94.322	0.318	9.5944033000E+002	4.3510801666E+002	1.1938787495E+001	0.953	1.064	1.201
291.274	5.567	94.563	0.299	9.6873498130E+002	4.4082978636E+002	1.1297969861E+001	0.956	1.054	1.193
292.953	5.575	95.065	0.304	9.8680884291E+002	4.5144802584E+002	1.0226380830E+001	0.961	1.039	1.176
294.632	5.601	95.584	0.306	1.0030746356E+003	4.6010616483E+002	8.4416978727E+000	0.962	1.027	1.160
295.204	5.603	95.754	0.298	1.0076596615E+003	4.6242772371E+002	7.9080102179E+000	0.962	1.023	1.155
295.230	5.603	95.762	0.293	1.0078649293E+003	4.6252268994E+002	7.8964117798E+000	0.962	1.023	1.155
296.909	5.595	96.254	0.294	1.0204021903E+003	4.6781068803E+002	6.9948479348E+000	0.966	1.013	1.142
298.588	5.591	96.750	0.293	1.0313532644E+003	4.7151040071E+002	5.7277851191E+000	0.968	1.005	1.131
298.968	5.585	96.857	0.214	1.0334643087E+003	4.7208877543E+002	5.4455895518E+000	0.968	1.004	1.129
300.647	5.412	97.191	0.198	1.0418510768E+003	4.7399095976E+002	4.3103366107E+000	0.968	0.998	1.119
302.326	5.236	97.521	0.196	1.0479381945E+003	4.7446102622E+002	3.3227639209E+000	0.967	0.992	1.110
302.658	5.201	97.586	0.198	1.0490203540E+003	4.7450043829E+002	3.1901724825E+000	0.967	0.991	1.109
304.030	5.054	97.859	0.289	1.0529839270E+003	4.7447949137E+002	2.5637775508E+000	0.967	0.988	1.103
305.709	5.151	98.469	0.363	1.0566200819E+003	4.7399216322E+002	1.9161646960E+000	0.961	0.984	1.098
306.278	5.183	98.675	0.365	1.0576626878E+003	4.7377836089E+002	1.7474415640E+000	0.959	0.983	1.096
307.957	5.277	99.289	0.350	1.0601800274E+003	4.7295685866E+002	1.1572297890E+000	0.953	0.982	1.091
309.636	5.319	99.850	0.325	1.0615486051E+003	4.7163119429E+002	6.6518466423E-001	0.947	0.981	1.087
309.897	5.308	99.920	0.278	1.0617161534E+003	4.7140338567E+002	6.1039421980E-001	0.946	0.980	1.086
311.576	5.251	100.390	0.281	1.0624010391E+003	4.6975056193E+002	2.2175403470E-001	0.940	0.980	1.083
311.860	5.243	100.471	0.270	1.0624550470E+003	4.6943119143E+002	1.3491651872E-001	0.939	0.980	1.083
313.519	5.168	100.916	0.266	1.0621417795E+003	4.6732094263E+002	-3.3869377122E-001	0.938	0.980	1.080
314.190	5.131	101.092	0.279	1.0618740284E+003	4.6644133553E+002	-4.3483225570E-001	0.938	0.980	1.079
315.230	5.102	101.393	0.270	1.0613644528E+003	4.6514416714E+002	-7.1748475026E-001	0.938	0.980	1.077
315.530	5.067	101.453	0.201	1.0611295192E+003	4.6475532866E+002	-8.0330371659E-001	0.938	0.980	1.077
316.520	4.952	101.652	0.257	1.0602682826E+003	4.6359341413E+002	-9.1454721838E-001	0.939	0.980	1.076
317.159	4.968	101.871	0.345	1.0596654352E+003	4.6292957244E+002	-9.8045128958E-001	0.938	0.980	1.075
318.838	5.009	102.451	0.340	1.0578555985E+003	4.6150184954E+002	-1.1722756152E+000	0.936	0.980	1.074
320.517	5.032	103.014	0.330	1.0557289948E+003	4.6070996314E+002	-1.3539469976E+000	0.936	0.981	1.073
320.817	5.027	103.104	0.320	1.0553186820E+003	4.6060771321E+002	-1.3867725338E+000	0.936	0.981	1.073
322.496	5.029	103.647	0.327	1.0528281085E+003	4.6020290582E+002	-1.5420358661E+000	0.937	0.981	1.072
324.175	5.042	104.202	0.328	1.0501406058E+003	4.6023306714E+002	-1.6627494351E+000	0.938	0.981	1.071
324.476	5.041	104.297	0.339	1.0496363305E+003	4.6026474762E+002	-1.6841002740E+000	0.939	0.982	1.071
326.155	5.072	104.872	0.346	1.0467131962E+003	4.6049345003E+002	-1.8353828184E+000	0.941	0.982	1.071
327.834	5.115	105.459	0.347	1.0434732106E+003	4.6061646103E+002	-1.9466769998E+000	0.943	0.983	1.071
328.118	5.118	105.554	0.359	1.0429197189E+003	4.6063347170E+002	-1.9709682878E+000	0.943	0.983	1.071
329.797	5.183	106.164	0.366	1.0393977586E+003	4.6057592043E+002	-2.1477722482E+000	0.945	0.985	1.072
331.476	5.255	106.782	0.368	1.0357076115E+003	4.6022241679E+002	-2.2756223528E+000	0.946	0.986	1.072
331.495	5.256	106.789	0.355	1.0356634810E+003	4.6021696652E+002	-2.2826909998E+000	0.946	0.986	1.072
331.763	5.264	106.884	0.356	1.0350289686E+003	4.6013027548E+002	-2.3705397605E+000	0.947	0.987	1.073
333.442	5.315	107.482	0.346	1.0310220517E+003	4.5933564426E+002	-2.4105994158E+000	0.948	0.989	1.073
335.121	5.330	108.045	0.333	1.0269343013E+003	4.5831955318E+002	-2.5098609658E+000	0.949	0.991	1.074
335.390	5.327	108.130	0.332	1.0262568316E+003	4.5814116893E+002	-2.5251694708E+000	0.949	0.992	1.074

337.069	5.339	108.692	0.334	1.0219827374E+003	4.5685320494E+002	-2.6000202386E+000	0.950	0.995	1.076
338.747	5.351	109.253	0.333	1.0175260990E+003	4.5519541425E+002	-2.7113682008E+000	0.949	0.998	1.077
339.030	5.350	109.344	0.324	1.0167575129E+003	4.5485825287E+002	-2.7237626109E+000	0.949	0.999	1.077
340.709	5.342	109.889	0.320	1.0121563724E+003	4.5260824412E+002	-2.8094503336E+000	0.948	1.002	1.078
342.388	5.321	110.420	0.313	1.0073235250E+003	4.4970147060E+002	-2.9100969329E+000	0.945	1.006	1.079
342.662	5.311	110.500	0.309	1.0065242700E+003	4.4918330785E+002	-2.9222678132E+000	0.944	1.007	1.079
344.341	5.281	111.024	0.312	1.0015458463E+003	4.4552627144E+002	-2.9822559276E+000	0.940	1.011	1.081
346.020	5.251	111.547	0.309	9.9651000990E+002	4.4138165768E+002	-3.0578421065E+000	0.934	1.016	1.082
346.302	5.241	111.631	0.294	9.9564578612E+002	4.4063317060E+002	-3.0725230537E+000	0.933	1.016	1.082
346.470	5.234	111.680	0.311	9.9512829580E+002	4.4016620437E+002	-3.0716807817E+000	0.933	1.017	1.082
348.149	5.203	112.205	0.308	9.9003383360E+002	4.3516397360E+002	-3.0749351191E+000	0.930	1.021	1.083
349.828	5.156	112.713	0.302	9.8480282379E+002	4.2964284219E+002	-3.1438893699E+000	0.926	1.026	1.083
349.925	5.151	112.741	0.284	9.8449687747E+002	4.2931601091E+002	-3.1422290364E+000	0.925	1.027	1.083
351.604	5.072	113.218	0.266	9.7931677598E+002	4.2356003696E+002	-3.1396604090E+000	0.921	1.032	1.084
353.283	4.932	113.634	0.245	9.7395406131E+002	4.1753224037E+002	-3.2493441815E+000	0.915	1.039	1.084
353.574	4.902	113.701	0.229	9.7300472494E+002	4.1646881630E+002	-3.2844623625E+000	0.914	1.040	1.084
355.253	4.731	114.086	0.229	9.6724320654E+002	4.1036091980E+002	-3.5090587363E+000	0.909	1.047	1.084
355.740	4.682	114.198	0.357	9.6552489868E+002	4.0864202914E+002	-3.5068034906E+000	0.908	1.049	1.084
357.216	4.781	114.786	0.346	9.6045908177E+002	4.0358055555E+002	-3.4701899842E+000	0.899	1.056	1.084
358.640	4.723	115.200	0.298	9.5546528474E+002	3.9875962891E+002	-3.4867054139E+000	0.891	1.062	1.084
360.319	4.678	115.711	0.300	9.4965174534E+002	3.9324315036E+002	-3.4708440894E+000	0.881	1.069	1.083
360.869	4.653	115.868	0.291	9.4774009174E+002	3.9145392104E+002	-3.4446423567E+000	0.878	1.072	1.083
361.540	4.629	116.066	0.299	9.4545346835E+002	3.8924811931E+002	-3.4252822756E+000	0.874	1.075	1.082
363.219	4.578	116.572	0.301	9.3963575414E+002	3.8374700317E+002	-3.3998102556E+000	0.869	1.082	1.081
364.010	4.555	116.810	0.289	9.3697072612E+002	3.8113262609E+002	-3.4294278411E+000	0.866	1.086	1.081
364.499	4.524	116.941	0.287	9.3527529732E+002	3.7954860144E+002	-3.4572952259E+000	0.865	1.089	1.080
366.178	4.458	117.432	0.293	9.2952502749E+002	3.7404394049E+002	-3.5094077009E+000	0.860	1.098	1.078
366.480	4.448	117.521	0.300	9.2846069922E+002	3.7306209931E+002	-3.4900204359E+000	0.860	1.099	1.078
368.151	4.397	118.024	0.312	9.2294983573E+002	3.6781361284E+002	-3.2995692750E+000	0.853	1.109	1.076
369.830	4.385	118.568	0.332	9.1740838316E+002	3.6264981414E+002	-3.2849437799E+000	0.846	1.118	1.073
371.509	4.398	119.137	0.342	9.1191916557E+002	3.5799137708E+002	-3.2906025037E+000	0.839	1.129	1.071
371.789	4.405	119.237	0.367	9.1099508448E+002	3.5724645413E+002	-3.2895313969E+000	0.838	1.131	1.071
373.468	4.468	119.856	0.358	9.0551842875E+002	3.5277855383E+002	-3.2304335371E+000	0.832	1.141	1.068
375.147	4.493	120.437	0.346	9.0014745688E+002	3.4845536958E+002	-3.2157692895E+000	0.826	1.152	1.066
375.432	4.497	120.536	0.344	8.9923044169E+002	3.4773375942E+002	-3.2148681089E+000	0.825	1.154	1.065
376.410	4.509	120.871	0.340	8.9609881392E+002	3.4520839904E+002	-3.1925855789E+000	0.822	1.160	1.064
378.089	4.520	121.439	0.331	8.9076563294E+002	3.4092965108E+002	-3.1295829986E+000	0.817	1.171	1.062
379.044	4.507	121.743	0.314	8.8780124807E+002	3.3847800562E+002	-3.0957319071E+000	0.814	1.178	1.061
380.723	4.476	122.267	0.302	8.8262478614E+002	3.3417926622E+002	-3.0322161865E+000	0.808	1.188	1.059
382.402	4.409	122.756	0.288	8.7761922401E+002	3.2988494854E+002	-2.9347672044E+000	0.801	1.199	1.057
382.687	4.391	122.833	0.275	8.7678533235E+002	3.2916465177E+002	-2.9211409485E+000	0.800	1.200	1.057
384.366	4.297	123.296	0.266	8.7193746944E+002	3.2490984781E+002	-2.8460743806E+000	0.793	1.209	1.056
386.045	4.173	123.727	0.255	8.6722836278E+002	3.2085842408E+002	-2.7975373395E+000	0.786	1.217	1.055
386.326	4.148	123.795	0.244	8.6644392986E+002	3.2017887933E+002	-2.7895055421E+000	0.785	1.218	1.055
386.340	4.147	123.799	0.257	8.6640392348E+002	3.2014350598E+002	-2.7886565648E+000	0.785	1.218	1.055
388.019	4.023	124.231	0.257	8.6182009541E+002	3.1605000585E+002	-2.7887632635E+000	0.781	1.225	1.055
388.600	3.980	124.380	0.261	8.6018796326E+002	3.1464613579E+002	-2.7305175240E+000	0.780	1.227	1.056
388.920	3.959	124.466	0.263	8.5932803851E+002	3.1387571486E+002	-2.6843435281E+000	0.779	1.228	1.056
389.290	3.933	124.562	0.249	8.5833608118E+002	3.1298705739E+002	-2.6967448996E+000	0.778	1.229	1.056
389.977	3.872	124.729	0.264	8.5646261183E+002	3.1136620294E+002	-2.7194247203E+000	0.777	1.232	1.057
391.656	3.773	125.186	0.273	8.5192395837E+002	3.0750267169E+002	-2.8404538386E+000	0.775	1.237	1.058
392.240	3.741	125.347	0.285	8.5023790444E+002	3.0616385384E+002	-2.8663817160E+000	0.774	1.239	1.059
393.607	3.682	125.741	0.291	8.4638933904E+002	3.0316175332E+002	-2.7982653488E+000	0.770	1.243	1.061
395.286	3.620	126.235	0.297	8.4172639775E+002	2.9969180162E+002	-2.7338122289E+000	0.766	1.248	1.065
396.965	3.568	126.740	0.300	8.3720933993E+002	2.9658958266E+002	-2.6465621029E+000	0.761	1.251	1.069
397.259	3.558	126.827	0.321	8.3643437535E+002	2.9608277959E+002	-2.6356554221E+000	0.760	1.252	1.070
398.938	3.549	127.374	0.336	8.3204032352E+002	2.9337553487E+002	-2.5458694358E+000	0.756	1.254	1.075
400.617	3.574	127.955	0.344	8.2788547835E+002	2.9127356629E+002	-2.4556315738E+000	0.754	1.254	1.082
400.897	3.573	128.047	0.362	8.2719737382E+002	2.9095809058E+002	-2.4371622380E+000	0.754	1.253	1.083
402.576	3.633	128.663	0.371	8.2325909889E+002	2.8934689334E+002	-2.3384383855E+000	0.752	1.251	1.091
404.255	3.707	129.293	0.371	8.1934501948E+002	2.8837573236E+002	-2.3542282551E+000	0.753	1.247	1.101
404.540	3.712	129.392	0.383	8.1867290326E+002	2.8824561108E+002	-2.3662028471E+000	0.753	1.246	1.103
406.219	3.809	130.046	0.380	8.1462028593E+002	2.8764206585E+002	-2.4114581071E+000	0.754	1.240	1.114
407.490	3.856	130.513	0.361	8.1155769137E+002	2.8750445282E+002	-2.3864280018E+000	0.756	1.236	1.123
408.153	3.866	130.743	0.394	8.0998438416E+002	2.8753790445E+002	-2.3701543325E+000	0.758	1.232	1.127
409.832	4.004	131.437	0.376	8.0602251097E+002	2.8792866309E+002	-2.3914265406E+000	0.764	1.225	1.140
410.560	3.974	131.649	0.354	8.0427061762E+002	2.8832570662E+002	-2.3687533354E+000	0.768	1.221	1.145
411.795	4.049	132.133	0.392	8.0142050317E+002	2.8928638159E+002	-2.3632321359E+000	0.771	1.214	1.154
413.474	4.151	132.791	0.392	7.9732427700E+002	2.9083282717E+002	-2.4619157276E+000	0.777	1.204	1.165
415.153	4.252	133.449	0.392	7.9315351835E+002	2.9266122739E+002	-2.5851688236E+000	0.783	1.193	1.175
415.434	4.269	133.559	0.392	7.9242387499E+002	2.9301034739E+002	-2.5919123359E+000	0.784	1.190	1.177
416.775	4.351	134.084	0.392	7.8901262951E+002	2.9496411362E+002	-2.7549943957E+000	0.791	1.181	1.185

418.454	4.452	134.742	0.390	7.8394241530E+002	2.9785961863E+002	-3.1781414377E+000	0.801	1.171	1.195
419.085	4.487	134.986	0.348	7.8189871519E+002	2.9897366206E+002	-3.2885844103E+000	0.805	1.168	1.199
420.764	4.491	135.547	0.339	7.7614985069E+002	3.0175581071E+002	-3.4629872166E+000	0.815	1.160	1.208
422.443	4.513	136.125	0.343	7.7027018444E+002	3.0438586786E+002	-3.6644716006E+000	0.825	1.153	1.216
422.715	4.514	136.215	0.345	7.6926726746E+002	3.0478579314E+002	-3.6908814950E+000	0.826	1.152	1.217
422.990	4.520	136.313	0.372	7.6825182258E+002	3.0518508248E+002	-3.7136613642E+000	0.828	1.151	1.218
424.465	4.585	136.866	0.316	7.6259486599E+002	3.0729529019E+002	-4.0890940089E+000	0.842	1.146	1.224
425.940	4.476	137.246	0.318	7.5618899525E+002	3.0910094196E+002	-4.3743747386E+000	0.856	1.142	1.229
425.980	4.565	137.348	2.192	7.5601398619E+002	3.0914771066E+002	-4.3912968726E+000	0.861	1.142	1.229
426.020	4.625	137.422	0.350	7.5583769151E+002	3.0919608956E+002	-4.4127361048E+000	0.865	1.142	1.230
426.427	4.573	137.505	0.200	7.5401807493E+002	3.0968993000E+002	-4.8495734650E+000	0.864	1.140	1.231
426.450	4.568	137.508	0.392	7.5390755200E+002	3.0971461707E+002	-4.8699649143E+000	0.864	1.140	1.231
428.129	4.676	138.172	0.376	7.4584263525E+002	3.1171489618E+002	-5.0866476688E+000	0.882	1.137	1.236
429.808	4.720	138.772	0.362	7.3682685400E+002	3.1338494024E+002	-5.5562342668E+000	0.901	1.134	1.240
430.187	4.738	138.916	0.386	7.3470395516E+002	3.1369862720E+002	-5.6956975365E+000	0.905	1.133	1.241
431.866	4.832	139.566	0.388	7.2441726037E+002	3.1465745129E+002	-6.3454796400E+000	0.923	1.131	1.245
433.035	4.900	140.022	0.381	7.1682220639E+002	3.1491252959E+002	-6.7989700121E+000	0.935	1.131	1.248
434.083	4.942	140.411	0.401	7.0941019733E+002	3.1462270943E+002	-7.2163453271E+000	0.944	1.130	1.250
435.762	5.089	141.114	0.422	6.9689847224E+002	3.1330057121E+002	-7.6403749245E+000	0.957	1.131	1.253
437.441	5.246	141.828	0.426	6.8375421619E+002	3.1078825915E+002	-8.0713164824E+000	0.967	1.133	1.258
438.148	5.314	142.130	0.425	6.7797777498E+002	3.0941713395E+002	-8.4571613454E+000	0.971	1.134	1.259
438.850	5.345	142.426	0.422	6.7184461394E+002	3.0762201210E+002	-8.7806905158E+000	0.974	1.135	1.261
439.620	5.379	142.751	0.381	6.6504819990E+002	3.0542347523E+002	-8.9755763130E+000	0.977	1.136	1.264
440.150	5.349	142.921	0.317	6.6023676492E+002	3.0368496073E+002	-9.3470793765E+000	0.975	1.137	1.265
440.400	5.331	142.998	0.306	6.5786828515E+002	3.0276452590E+002	-9.5465781007E+000	0.974	1.137	1.266
440.680	5.311	143.083	0.383	6.5517245741E+002	3.0166663843E+002	-9.6699868213E+000	0.973	1.138	1.267
441.668	5.338	143.484	0.425	6.4546776504E+002	2.9748101433E+002	-1.0273509637E+001	0.972	1.141	1.271
443.013	5.345	144.075	0.439	6.3081718005E+002	2.9054415891E+002	-1.0894620153E+001	0.969	1.145	1.277
444.692	5.353	144.813	0.439	6.1252167766E+002	2.8100090516E+002	-9.6520643027E+000	0.963	1.152	1.286
445.048	5.355	144.970	0.441	6.0918041751E+002	2.7910394875E+002	-9.5455861078E+000	0.961	1.153	1.288
446.727	5.259	145.711	0.437	5.9190706449E+002	2.6878501565E+002	-1.1192553977E+001	0.952	1.161	1.300
447.260	5.218	145.936	0.403	5.8579125689E+002	2.6501864100E+002	-1.1641252030E+001	0.948	1.165	1.304
448.244	5.115	146.324	0.416	5.7404086644E+002	2.5765678678E+002	-1.2550399765E+001	0.939	1.174	1.312
449.923	4.894	147.044	0.436	5.5122041466E+002	2.4309588168E+002	-1.4616509383E+001	0.922	1.195	1.327
451.602	4.695	147.787	0.442	5.2495938905E+002	2.2605183273E+002	-1.6706944993E+001	0.899	1.223	1.344
451.734	4.679	147.845	0.435	5.2274691231E+002	2.2460093746E+002	-1.7018444507E+001	0.897	1.226	1.346
451.780	4.669	147.865	0.454	5.2195770304E+002	2.2408256688E+002	-1.7094799149E+001	0.896	1.227	1.346
453.459	4.353	148.628	0.456	4.9346725446E+002	2.0528814950E+002	-1.7137679444E+001	0.881	1.270	1.368
453.840	4.284	148.804	0.486	4.8692276356E+002	2.0089105837E+002	-1.7475397333E+001	0.876	1.281	1.373
455.360	4.055	149.552	0.502	4.5855396794E+002	1.8163481910E+002	-1.9916348294E+001	0.843	1.346	1.399
457.038	3.724	150.411	0.496	4.2280187318E+002	1.6013262318E+002	-2.3441668585E+001	0.809	1.450	1.429
458.717	3.342	151.219	0.479	3.7983806549E+002	1.3595127292E+002	-2.6817360597E+001	0.765	1.598	1.472
458.850	3.308	151.278	0.464	3.7627118939E+002	1.3398169258E+002	-2.6936343910E+001	0.762	1.612	1.475
459.648	3.115	151.651	0.514	3.5468278837E+002	1.2217840135E+002	-2.5970901876E+001	0.737	1.702	1.500
461.327	2.734	152.552	0.546	3.1495979399E+002	1.0066162836E+002	-2.4531800116E+001	0.688	1.954	1.557
463.005	2.382	153.483	0.549	2.7230628101E+002	7.8830688754E+001	-2.4496437195E+001	0.628	2.342	1.638
463.860	2.190	153.944	0.589	2.5176849493E+002	6.8788542084E+001	-2.4645376005E+001	0.596	2.585	1.688
465.539	1.938	154.975	0.598	2.0837358778E+002	4.9237350414E+001	-2.1230441665E+001	0.528	3.187	1.826
465.974	1.840	155.209	0.561	1.9964870008E+002	4.5514988369E+001	-1.9786393628E+001	0.514	3.346	1.864
467.653	1.465	156.162	0.596	1.6802502733E+002	3.3040048626E+001	-1.8991861005E+001	0.465	4.253	2.030
468.540	1.339	156.737	0.661	1.5111480791E+002	2.7038969399E+001	-1.8479205713E+001	0.436	5.290	2.153
470.219	1.134	157.859	0.699	1.2198199208E+002	1.7858992913E+001	-1.7107533132E+001	0.385	7.232	2.430
471.898	1.030	159.083	0.747	9.3668602484E+001	1.0115543313E+001	-1.7208367255E+001	0.322	7.663	2.925
473.132	1.005	160.033	0.735	7.2116807912E+001	5.3484667430E+000	-1.7144595505E+001	0.259	6.547	2.144
474.811	0.869	161.225	0.671	4.4056143850E+001	1.4431906351E+000	-1.5923321149E+001	0.114	6.880	3.392
476.490	0.604	162.287	0.575	1.8647124660E+001	1.6810947847E-001	-1.0639375909E+001	0.049	7.826	6.556
477.190	0.356	162.592	0.436	1.2511993232E+001	1.3908245513E-001	-5.5223044123E+000	0.040	6.524	6.385
477.480	0.253	162.718	0.608	1.1300287110E+001	1.2006653996E-001	-4.9355128905E+000	0.040	6.042	6.019
478.790	0.063	163.565	0.608	3.5387474693E-001	2.0197319009E-003	-2.5341892879E+000	0.040	3.154	3.369

#### LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio  
 ht(m) : Altezza linea di thrust da nodo sinistro base concio  
 yt(m) : coordinata Y linea di trust  
 yt'(-) : gradiente pendenza locale linea di trust  
 E(x)(kN/m) : Forza Normale interconcio  
 T(x)(kN/m) : Forza Tangenziale interconcio  
 E' (kN) : derivata Forza normale interconcio  
 Rho(x) (-) : fattore mobilitazione resistenza al taglio verticale interconcio ZhU et al.(2003)  
 FS\_FEM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by qFEM  
 FS\_SRM(x) (-) : fattore di sicurezza locale stimato (locale in X) by SRM Procedure

TABELLA SFORZI DI TAGLIO DISTRIBUITI LUNGO SUPERFICIE INDIVIDUATA CON MINOR FS

X (m)	dx (m)	dl (m)	alpha (°)	TauStress (kPa)	TauF (kN/m)	TauStrength (kPa)	TauS (kN/m)
246.252	0.188	0.189	-7.817	-0.005	-0.001	4.584	0.868
246.440	1.679	1.695	-7.817	-0.138	-0.233	6.781	11.491
248.119	1.679	1.695	-7.817	-0.393	-0.666	11.063	18.749
249.798	1.679	1.695	-7.817	-0.648	-1.098	15.632	26.492
251.477	1.679	1.695	-7.817	-0.903	-1.530	20.296	34.397
253.156	0.534	0.539	-7.817	-1.071	-0.577	23.713	12.784
253.690	0.785	0.792	-7.817	-1.143	-0.906	25.242	20.001
254.475	0.785	0.792	-7.817	-1.207	-0.956	27.029	21.416
255.260	1.420	1.433	-7.817	-1.272	-1.823	29.127	41.748
256.680	1.420	1.433	-7.817	-1.339	-1.919	30.846	44.212
258.100	1.534	1.548	-7.817	-1.469	-2.274	33.755	52.258
259.634	0.021	0.021	-6.498	-0.398	-0.009	36.253	0.775
259.655	1.555	1.565	-6.498	-0.422	-0.660	38.215	59.809
261.210	1.679	1.690	-6.498	-0.462	-0.781	42.087	71.119
262.889	0.341	0.343	-6.498	-0.482	-0.166	43.737	15.012
263.230	1.679	1.690	-6.498	-0.503	-0.850	46.889	79.234
264.909	0.341	0.343	-6.498	-0.523	-0.180	48.434	16.624
265.250	0.668	0.672	-6.498	-0.541	-0.364	49.404	33.217
265.918	1.679	1.682	-3.599	3.242	5.454	51.904	87.318
267.597	1.503	1.506	-3.599	3.590	5.406	55.969	84.287
269.100	1.030	1.032	-3.599	3.866	3.989	59.234	61.113
270.130	1.679	1.679	-0.018	10.196	17.119	61.556	103.351
271.809	1.141	1.141	-0.018	10.869	12.405	64.906	74.079
272.950	0.672	0.672	-0.018	11.268	7.566	66.524	44.671
273.622	1.679	1.684	4.379	20.008	33.691	65.987	111.115
275.300	1.679	1.684	4.379	20.883	35.165	67.965	114.446
276.979	0.099	0.099	4.379	21.346	2.112	68.406	6.767
277.078	1.264	1.276	7.751	28.338	36.156	66.968	85.444
278.342	1.679	1.694	7.751	29.180	49.443	68.118	115.423
280.021	0.185	0.187	7.751	29.727	5.556	68.538	12.810
280.207	0.333	0.340	11.139	36.623	12.448	66.217	22.507
280.540	1.679	1.711	11.139	36.464	62.398	66.061	113.044
282.219	1.342	1.367	11.139	36.018	49.254	64.767	88.569
283.561	1.379	1.421	13.991	40.722	57.884	60.884	86.545
284.940	1.679	1.730	13.991	40.974	70.898	60.664	104.967
286.619	0.493	0.508	13.991	41.763	21.208	61.059	31.008
287.112	1.679	1.748	16.195	46.390	81.106	59.889	104.707
288.791	1.679	1.748	16.195	47.464	82.984	60.735	106.185
290.470	0.804	0.838	16.195	48.259	40.428	61.424	51.457
291.274	1.679	1.750	16.380	49.383	86.420	62.064	108.612
292.953	1.679	1.750	16.380	50.443	88.275	63.119	110.459
294.632	0.572	0.596	16.380	51.153	30.492	63.800	38.031
295.204	0.026	0.027	16.581	51.724	1.402	63.796	1.729
295.230	1.679	1.752	16.581	50.984	89.315	62.821	110.051
296.909	1.679	1.752	16.581	49.487	86.693	60.865	106.624
298.588	0.381	0.397	16.581	48.569	19.284	59.677	23.694
298.968	1.679	1.754	16.787	47.998	84.175	58.339	102.310
300.647	1.679	1.754	16.787	46.465	81.486	56.418	98.942
302.326	0.332	0.346	16.787	45.547	15.778	55.332	19.168
302.658	1.372	1.435	17.002	45.104	64.708	54.223	77.790
304.030	1.679	1.756	17.002	44.882	78.800	53.958	94.735
305.709	0.569	0.595	17.002	45.444	27.051	54.672	32.544
306.278	1.679	1.758	17.204	46.325	81.421	55.195	97.012
307.957	1.679	1.758	17.204	47.145	82.863	56.195	98.769
309.636	0.261	0.273	17.204	47.619	13.012	56.819	15.526
309.897	1.679	1.760	17.405	48.421	85.199	57.221	100.683
311.576	0.284	0.297	17.405	48.889	14.542	57.842	17.205
311.860	1.659	1.739	17.405	48.107	83.659	56.919	98.985
313.519	0.671	0.704	17.605	47.232	33.230	55.440	39.004
314.190	1.040	1.091	17.605	46.336	50.557	54.428	59.386
315.230	0.300	0.315	17.605	45.636	14.364	53.633	16.880
315.530	0.990	1.039	17.605	44.969	46.706	52.874	54.917
316.520	0.639	0.670	17.605	44.531	29.856	52.378	35.117
317.159	1.679	1.763	17.802	45.093	79.517	52.560	92.684
318.838	1.679	1.763	17.802	45.465	80.174	52.967	93.402

320.517	0.300	0.315	17.802	45.685	14.375	53.127	16.717
320.817	1.679	1.764	17.867	46.002	81.149	53.320	94.059
322.496	1.679	1.764	17.867	46.366	81.792	53.664	94.665
324.175	0.301	0.317	17.867	46.581	14.744	53.836	17.041
324.476	1.679	1.765	17.933	46.896	82.757	54.019	95.327
326.155	1.679	1.765	17.933	47.253	83.387	54.339	95.892
327.834	0.284	0.298	17.933	47.461	14.163	54.500	16.263
328.118	1.679	1.765	17.999	47.771	84.333	54.664	96.501
329.797	1.679	1.765	17.999	48.120	84.950	54.981	97.061
331.476	0.019	0.020	17.999	48.297	0.984	55.125	1.124
331.495	0.268	0.282	17.999	48.327	13.616	55.154	15.539
331.763	1.679	1.766	18.065	48.632	85.886	55.307	97.674
333.442	1.679	1.766	18.065	48.974	86.489	55.634	98.251
335.121	0.269	0.283	18.065	49.172	13.894	55.804	15.768
335.390	1.679	1.767	18.130	49.474	87.404	55.957	98.859
337.069	1.679	1.767	18.130	49.807	87.994	56.261	99.396
338.747	0.282	0.297	18.130	50.002	14.862	56.419	16.769
339.030	1.679	1.767	18.196	50.302	88.901	56.564	99.969
340.709	1.679	1.767	18.196	50.628	89.477	56.852	100.478
342.388	0.274	0.289	18.196	50.817	14.666	57.004	16.451
342.662	1.679	1.768	18.261	51.113	90.369	57.129	101.005
344.341	1.679	1.768	18.261	51.431	90.931	57.422	101.523
346.020	0.282	0.297	18.261	51.617	15.313	57.589	17.085
346.302	0.168	0.177	18.327	51.770	9.177	57.575	10.206
346.470	1.679	1.769	18.327	51.004	90.211	56.693	100.272
348.149	1.679	1.769	18.327	49.442	87.447	54.906	97.111
349.828	0.097	0.102	18.327	48.615	4.981	53.978	5.531
349.925	1.679	1.769	18.327	47.789	84.523	53.042	93.815
351.604	1.679	1.769	18.327	46.226	81.759	51.287	90.710
353.283	0.291	0.307	18.327	45.309	13.904	50.257	15.422
353.574	1.679	1.769	18.327	44.392	78.516	49.229	87.070
355.253	0.487	0.513	18.327	43.385	22.237	48.102	24.655
355.740	1.476	1.555	18.327	43.614	67.820	48.362	75.203
357.216	1.424	1.500	18.327	44.510	66.762	49.333	73.997
358.640	1.679	1.769	18.327	45.468	80.418	50.376	89.100
360.319	0.550	0.580	18.327	46.156	26.759	51.114	29.633
360.869	0.671	0.707	18.327	46.533	32.877	51.527	36.405
361.540	1.679	1.769	18.327	46.078	81.498	51.015	90.230
363.219	0.791	0.833	18.327	45.104	37.585	49.931	41.607
364.010	0.489	0.515	18.327	44.599	22.977	49.380	25.440
364.499	1.679	1.769	18.327	43.744	77.369	48.420	85.640
366.178	0.302	0.318	18.327	42.963	13.667	47.559	15.129
366.480	1.671	1.760	18.327	42.815	75.350	47.404	83.427
368.151	1.679	1.769	18.327	42.758	75.625	47.334	83.719
369.830	1.679	1.769	18.327	42.700	75.523	47.276	83.616
371.509	0.281	0.296	18.327	42.667	12.608	47.224	13.955
371.789	1.679	1.769	18.327	42.633	75.405	47.182	83.450
373.468	1.679	1.769	18.327	42.576	75.303	47.113	83.327
375.147	0.285	0.300	18.327	42.542	12.768	47.069	14.127
375.432	0.978	1.030	18.327	42.520	43.808	47.038	48.463
376.410	1.679	1.769	18.327	42.475	75.125	46.986	83.103
378.089	0.955	1.006	18.327	42.430	42.702	46.921	47.221
379.044	1.679	1.769	18.327	42.385	74.966	46.863	82.885
380.723	1.679	1.769	18.327	42.327	74.864	46.777	82.734
382.402	0.285	0.300	18.327	42.294	12.694	46.711	14.020
382.687	1.679	1.769	18.327	42.260	74.745	46.669	82.543
384.366	1.679	1.769	18.327	42.203	74.643	46.603	82.425
386.045	0.281	0.296	18.327	42.169	12.461	46.572	13.763
386.326	0.014	0.015	18.327	42.164	0.637	46.566	0.704
386.340	1.679	1.769	18.327	41.470	73.348	45.789	80.987
388.019	0.581	0.612	18.327	40.536	24.811	44.789	27.414
388.600	0.320	0.337	18.327	40.163	13.539	44.390	14.964
388.920	0.370	0.390	18.327	39.877	15.543	44.080	17.181
389.290	0.687	0.724	18.327	39.437	28.551	43.603	31.567
389.977	1.679	1.769	18.327	38.454	68.014	42.533	75.228
391.656	0.584	0.615	18.327	37.514	23.070	41.563	25.560
392.240	1.367	1.440	18.327	37.306	53.722	41.376	59.583
393.607	1.679	1.769	18.327	37.384	66.121	41.548	73.486
395.286	1.679	1.769	18.327	37.469	66.272	41.763	73.866
396.965	0.294	0.309	18.327	37.520	11.607	41.910	12.965
397.259	1.679	1.769	18.327	37.570	66.449	41.993	74.273
398.938	1.679	1.769	18.327	37.655	66.600	42.203	74.644

400.617	0.281	0.296	18.327	37.705	11.145	42.355	12.519
400.897	1.679	1.769	18.327	37.755	66.777	42.442	75.067
402.576	1.679	1.769	18.327	37.840	66.928	42.664	75.459
404.255	0.285	0.300	18.327	37.890	11.377	42.815	12.855
404.540	1.679	1.769	18.327	37.940	67.105	42.896	75.869
406.219	1.271	1.339	18.327	38.015	50.897	43.104	57.709
407.490	0.663	0.698	18.327	37.894	26.452	43.052	30.052
408.153	1.679	1.769	18.328	37.351	66.063	42.495	75.162
409.832	0.728	0.767	18.328	36.791	28.230	41.995	32.223
410.560	1.235	1.301	18.328	36.962	48.105	42.254	54.993
411.795	1.679	1.769	18.329	37.764	66.794	43.233	76.467
413.474	1.679	1.769	18.329	38.688	68.427	44.377	78.491
415.153	0.280	0.295	18.329	39.226	11.587	45.077	13.316
415.434	1.341	1.413	18.330	39.673	56.054	45.612	64.445
416.775	1.679	1.769	18.330	40.503	71.639	46.630	82.475
418.454	0.631	0.665	18.330	41.138	27.356	47.446	31.550
419.085	1.679	1.769	18.332	41.775	73.889	48.185	85.227
420.764	1.679	1.769	18.332	42.698	75.521	49.324	87.241
422.443	0.272	0.286	18.332	43.234	12.376	50.024	14.320
422.715	0.275	0.290	18.333	43.386	12.574	50.203	14.550
422.990	1.475	1.554	18.333	42.885	66.637	49.649	77.148
424.465	1.475	1.554	18.333	41.732	64.845	48.394	75.199
425.940	0.040	0.042	18.333	41.883	1.765	48.602	2.048
425.980	0.040	0.042	18.333	43.339	1.826	50.244	2.117
426.020	0.407	0.429	18.333	43.381	18.614	50.292	21.580
426.427	0.023	0.024	18.334	42.659	1.020	49.477	1.183
426.450	1.679	1.769	18.334	43.414	76.788	50.336	89.033
428.129	1.679	1.769	18.334	45.000	79.594	52.153	92.246
429.808	0.379	0.399	18.334	45.972	18.365	53.301	21.293
430.187	1.679	1.769	18.335	46.947	83.038	54.388	96.201
431.866	1.169	1.231	18.335	48.292	59.466	55.998	68.956
433.035	1.048	1.105	18.335	49.340	54.499	57.236	63.221
434.083	1.679	1.769	18.336	50.630	89.553	58.770	103.951
435.762	1.679	1.769	18.336	52.216	92.359	60.805	107.550
437.441	0.707	0.745	18.336	53.343	39.716	62.302	46.386
438.148	0.702	0.750	20.696	57.944	43.471	61.103	45.841
438.850	0.770	0.823	20.696	58.500	48.152	61.742	50.821
439.620	0.530	0.567	20.696	58.405	33.090	61.744	34.982
440.150	0.250	0.267	20.696	57.867	15.465	61.263	16.372
440.400	0.280	0.299	20.696	57.499	17.210	60.915	18.233
440.680	0.988	1.057	20.696	57.481	60.735	60.922	64.370
441.668	1.345	1.466	23.490	62.013	90.942	59.008	86.536
443.013	1.679	1.831	23.490	62.260	113.978	59.555	109.027
444.692	0.356	0.388	23.490	62.458	24.237	60.170	23.349
445.048	1.679	1.876	26.506	66.487	124.742	57.537	107.951
446.727	0.533	0.595	26.506	66.397	39.529	57.840	34.434
447.260	0.984	1.100	26.506	66.336	72.951	57.866	63.637
448.244	1.679	1.925	29.292	69.135	133.095	55.200	106.268
449.923	1.679	1.925	29.292	68.501	131.873	54.974	105.832
451.602	0.132	0.151	29.292	68.159	10.298	54.849	8.287
451.734	0.046	0.055	32.730	71.139	3.903	51.702	2.837
451.780	1.679	1.996	32.730	71.157	142.020	51.707	103.199
453.459	0.381	0.453	32.730	71.202	32.250	51.800	23.462
453.840	1.520	1.806	32.730	68.733	124.154	50.445	91.120
455.360	1.679	2.058	35.323	64.736	133.214	44.864	92.322
457.038	1.679	2.058	35.323	58.577	120.540	41.665	85.739
458.717	0.133	0.162	35.323	55.255	8.975	39.848	6.472
458.850	0.798	0.977	35.323	53.549	52.343	38.847	37.972
459.648	1.679	2.113	37.381	49.406	104.393	34.397	72.680
461.327	1.679	2.113	37.381	42.694	90.209	30.833	65.148
463.005	0.855	1.075	37.381	37.629	40.466	27.784	29.879
463.860	1.679	2.113	37.381	35.106	74.177	26.399	55.779
465.539	0.436	0.548	37.381	34.080	18.679	25.047	13.728
465.974	1.679	2.140	38.329	33.083	70.808	23.740	50.810
467.653	0.887	1.130	38.329	31.659	35.778	22.819	25.788
468.540	1.679	2.140	38.329	30.134	64.496	21.672	46.385
470.219	1.679	2.140	38.329	28.070	60.078	20.366	43.589
471.898	1.234	1.573	38.329	26.279	41.346	19.230	30.255
473.132	1.679	2.140	38.329	22.845	48.895	8.905	19.060
474.811	1.679	2.140	38.329	17.493	37.440	6.417	13.735
476.490	0.700	0.892	38.329	13.702	12.224	4.886	4.360
477.190	0.290	0.370	38.329	12.124	4.482	4.290	1.586

477.480	1.310	1.670	38.329	6.992	11.677	2.494	4.165
478.790	0.326	0.415	38.329	1.162	0.483	0.411	0.171

-----

LEGENDA SIMBOLI

X(m) : Ascissa sinistra concio

dx(m) : Larghezza concio

dl(m) : lunghezza base concio

alpha(°) : Angolo pendenza base concio

TauStress(kPa) : Sforzo di taglio su base concio

TauF (kN/m) : Forza di taglio su base concio

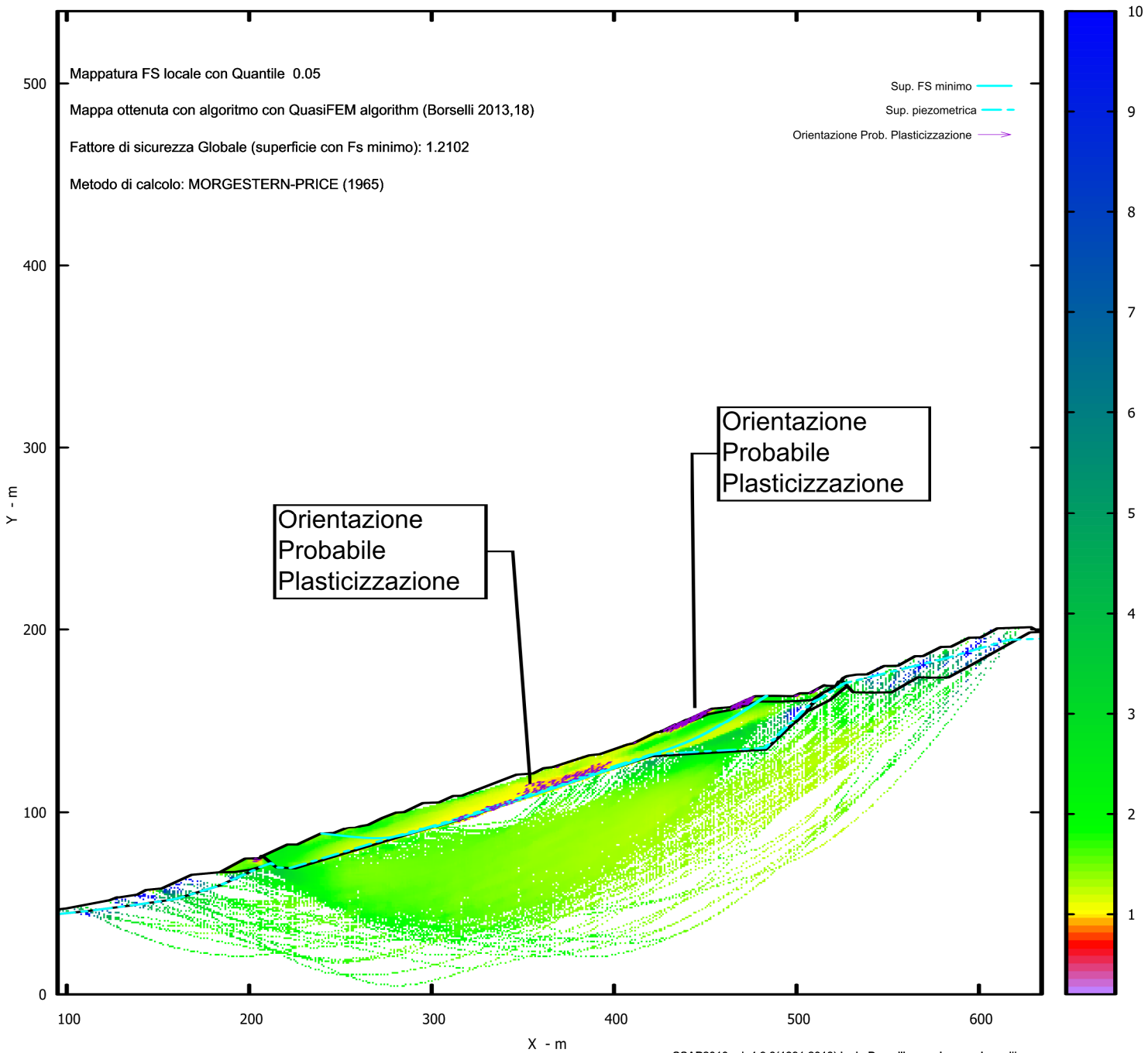
TauStrength(kPa) : Resistenza al taglio su base concio

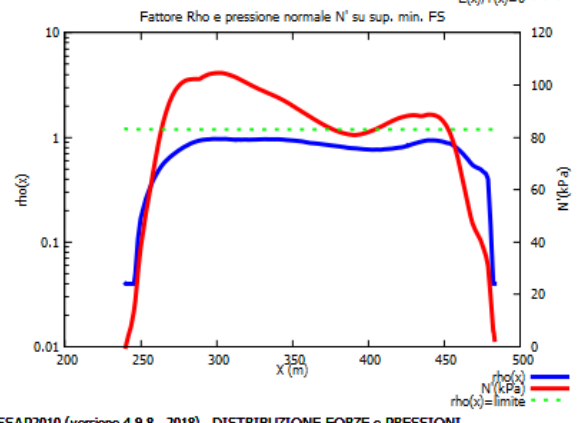
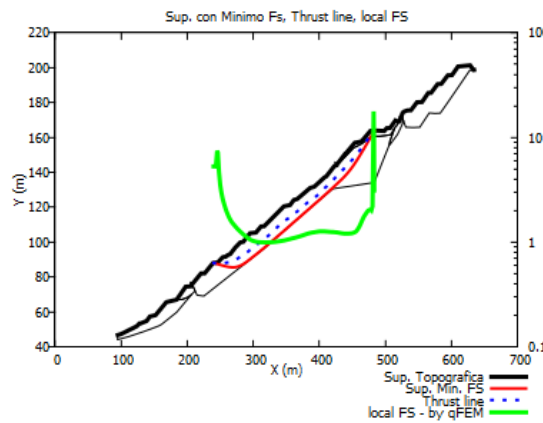
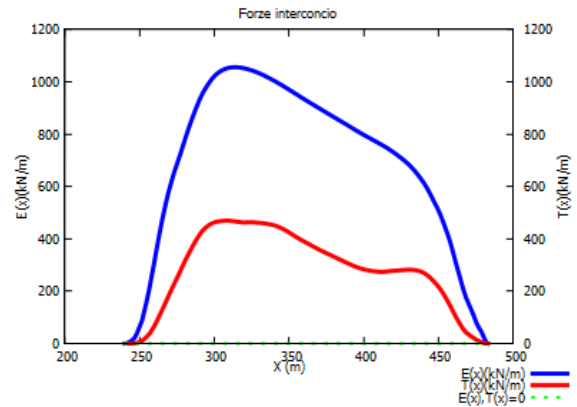
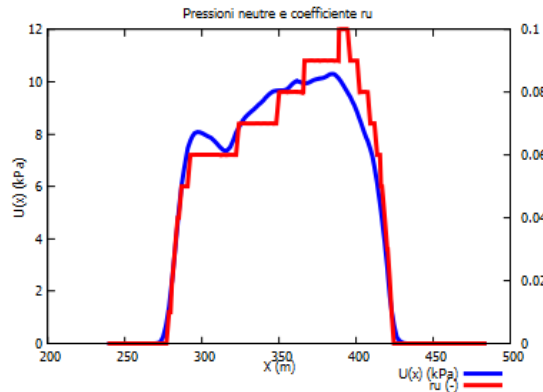
TauS (kN/m) : Forza resistente al taglio su base concio

-----



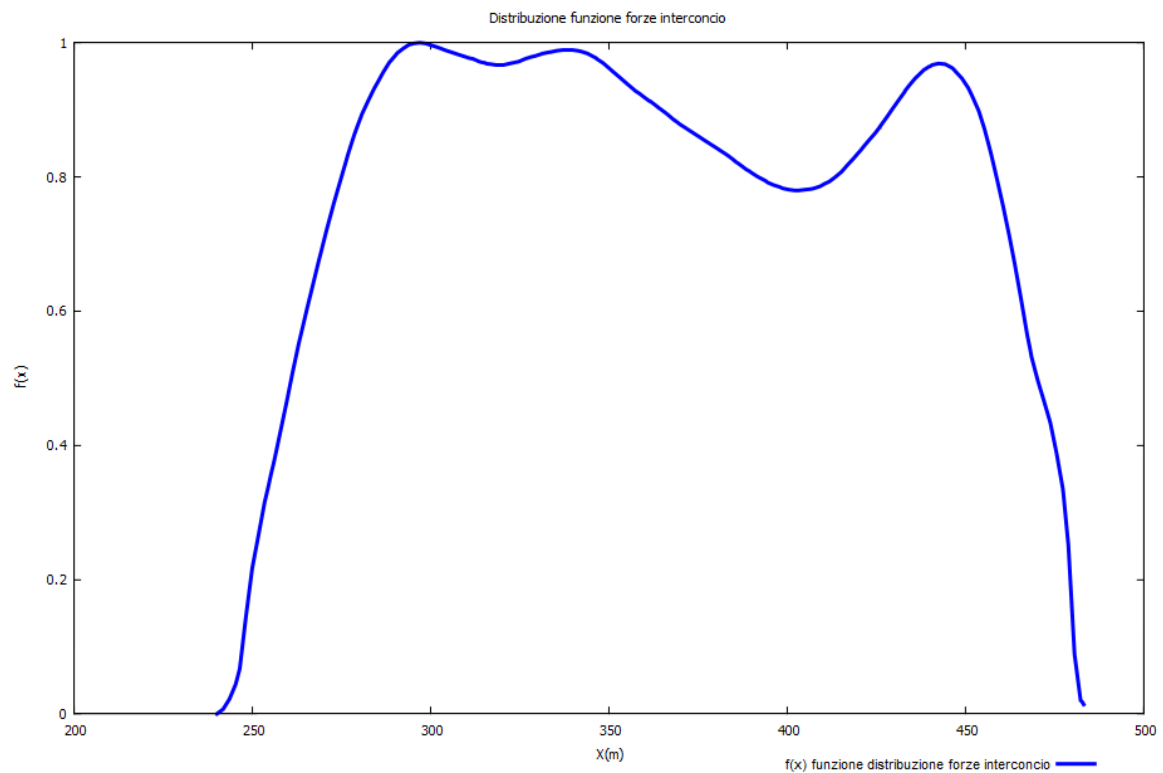
# MAPPA FS LOCALE (Con algoritmo geostatistico non-parametrico- By L.B 2013-16)





13/11/18 17:30

SSAP2010 (versione 4.9.8 - 2018) - DISTRIBUZIONE FORZE e PRESSIONI



**REGIONE ABRUZZO  
PROVINCIA DI TERAMO  
COMUNE DI ATRI**

**COMMITTENTE: ATRI AMBIENTE S.R.L.**

**INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE PER LA DEFINIZIONE DEGLI SPESSORI E DELLA GEOMETRIA DEI MATERIALI ABBANCATI IN FASE POST-OPERATIVA ALL'INTERNO DELLA DISCARICA SANTA LUCIA DI ATRI (TE)**



Sassoferrato, 5 novembre 2018

**SERVIZI SISMICI S.n.c.**  
di Donnini A. & Mantoni F.  
Via Piano di Frassineta, 109  
60041 - SASSOFERRATO (AN)  
Cod. Fisc. e P.IVA: 02495830420  
M. Reg. AN-192227

*Antonello Donnini*

**INDAGINI GEOFISICHE ESEGUITE PER LA DEFINIZIONE DEGLI SPESSORI E DELLA GEOMETRIA DEI MATERIALI ABBANCATI IN FASE POST-OPERATIVA ALL'INTERNO DELLA DISCARICA SANTA LUCIA DI ATRI (TE)**

**INDICE**

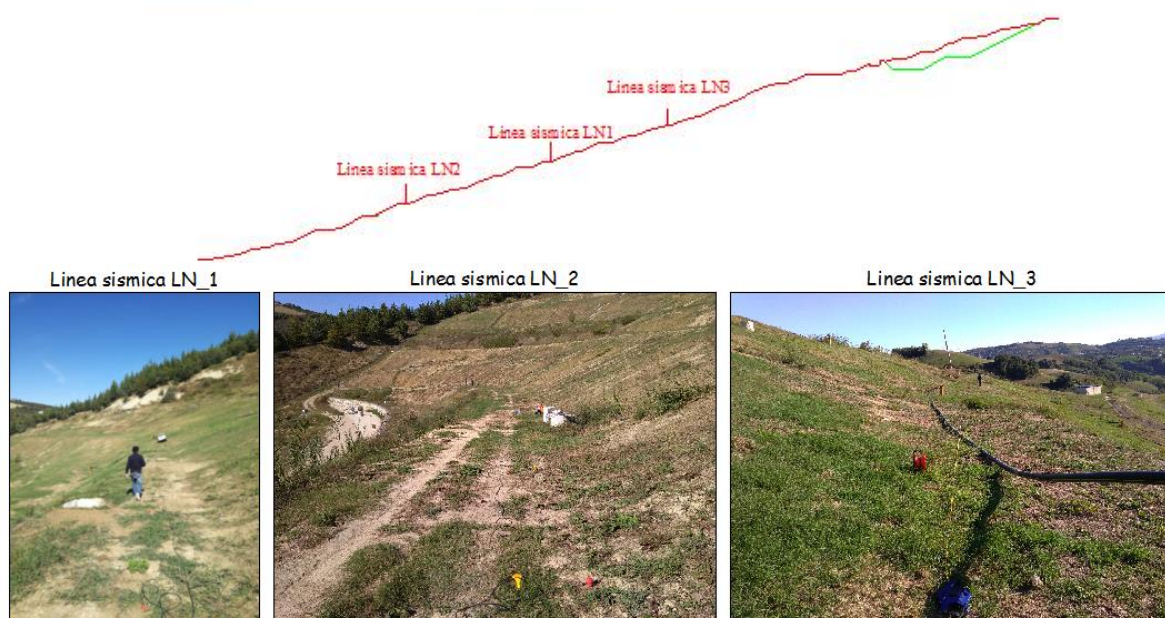
<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<i>pag.</i>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE</b>		
	2.1 Generalità della metodologia	<i>pag.</i>	2
	2.2 Strumentazione e metodologia di indagine	<i>pag.</i>	3
	2.3 Acquisizione e elaborazione dei dati - Stendimento sismica LN_1	<i>pag.</i>	4
	2.4 Acquisizione e elaborazione dei dati - Stendimento sismica LN_2	<i>pag.</i>	6
	2.5 Acquisizione e elaborazione dei dati - Stendimento sismica LN_3	<i>pag.</i>	9
<b>3</b>	<b>RISULTATI E CONCLUSIONI</b>		
	3.1 Linea LN_1 - Indagine sismica a rifrazione in onde P	<i>pag.</i>	11
	3.2 Linea LN_2 - Indagine sismica a rifrazione in onde P	<i>pag.</i>	13
	3.3 Linea LN_3 - Indagine sismica a rifrazione in onde P	<i>pag.</i>	15
<b>4</b>	<b>INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW</b>		
	4.1 Analisi multicanale delle onde superficiali	<i>pag.</i>	17
	4.2 Descrizione generale della procedura MASW	<i>pag.</i>	18
	4.3 Strumentazione e metodologia di indagine	<i>pag.</i>	19
	4.3.1 Acquisizione ed elaborazione dei dati MASW - Linea sismica 1	<i>pag.</i>	19
	4.3.3 Acquisizione ed elaborazione dei dati MASW - Linea sismica 2	<i>pag.</i>	21
	4.3.3 Acquisizione ed elaborazione dei dati MASW - Linea sismica 3	<i>pag.</i>	23
<b>5</b>	<b>MISURE SISMICHE PASSIVE HVSR</b>		
	5.1 Premessa	<i>pag.</i>	26
	5.2 Registrazione ed elaborazione dei dati acquisiti	<i>pag.</i>	27
	5.2.1 Tracce di input (Registrazione HVSR-1)	<i>pag.</i>	27
	5.2.2 Tracce di input (Registrazione HVSR-2)	<i>pag.</i>	29
	5.2.3 Tracce di input (Registrazione HVSR-3)	<i>pag.</i>	31
	5.2.4 Tracce di input (Registrazione HVSR-4)	<i>pag.</i>	33
	5.2.5 Tracce di input (Registrazione HVSR-5)	<i>pag.</i>	35
	5.3 Conclusioni	<i>pag.</i>	37



## 1 PREMESSA

Su incarico ricevuto dalla Atri Ambiente S.r.l. è stata eseguita un'indagine geofisica all'interno della Discarica Santa Lucia di Atri (TE), volta a definire gli spessori e le geometrie dei materiali abbancati in fase post-operativa all'interno del sito in esame e la profondità e l'andamento del tetto dei sottostanti terreni in posto. L'indagine è consistita nell'esecuzione di n°3 stendimenti sismici a rifrazione in onde P, denominati rispettivamente LN\_1, LN\_2 e LN-3, volti quindi all'individuazione delle principali unità sismostratigrafiche e all'ottenimento di informazioni sulla natura e sulla geometria del sottosuolo. In corrispondenza di tutte le suddette linee sismiche è stata inoltre eseguita un'indagine con metodologia MASW, al fine di determinare il profilo verticale delle onde di taglio e il valore  $V_{seq}$  necessario per la classificazione dei terreni del sottosuolo nelle categorie descritte al paragrafo 3.2.2 delle N.T.C. 2018 "D.D.L. 17/01/2018".

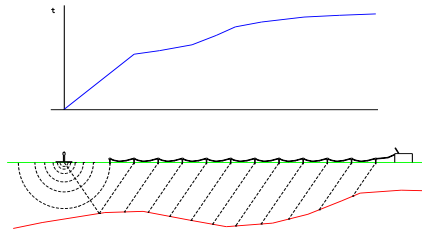
Ubicazione stendimenti sismici eseguiti



## 2 INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

### 2.1 Generalità della metodologia

Il metodo sismico a rifrazione è un metodo non invasivo che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P o SH) generate in superficie da una sorgente sismica e captate da ricevitori, anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente. I tempi di primo arrivo, correlati alle diverse distanze sorgente-ricevitore, permettono la stima delle geometrie del sottosuolo e delle velocità di propagazione delle onde sismiche. Tali onde vengono generate e si propagano nel terreno ogni qualvolta quest'ultimo viene sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale che artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.). La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di energizzazione) in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni attraversati, di stimare il loro grado di consistenza e di ottenere informazioni sulla natura e sulla geometria del sottosuolo.



I principali limiti della sismica a rifrazione risiedono nell'impossibilità teorica di rilevare strati a velocità inferiore rispetto a quelli sovrastanti (inversioni di velocità), in quanto il raggio incidente la superficie di separazione tra i due mezzi si approfondirebbe sempre di più non creando l'onda birifratta. Un'altra limitazione di tale metodologia si può verificare in presenza di strati di ridotto spessore, per i quali è possibile che la relativa birifratta non arrivi in alcun geofono per prima, per il fatto che il tratto di superficie dove arriva per prima è molto breve e può non contenere alcun geofono o al più uno solo. Infatti uno strato per essere visto deve essere campionato da almeno due geofoni e se questo non avviene è come se non esistesse (stato nascosto). Entrambe le situazioni appena descritte possono portare a sottostimare o sovrastimare le velocità delle onde sismiche e degli spessori delle coperture. Si ritiene inoltre opportuno ricordare che la velocità delle onde di compressione in terreni saturi dipende talora in maniera determinante dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido e perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del mezzo attraversato.

Utilizzando quindi le distanze tra il punto di energizzazione e quelli di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono state ricavate le dromocrone (curve



tempi-distanze), dalle quali si è risaliti, tramite opportuno programma di calcolo utilizzando il metodo del Delay - time, alle velocità reali nei singoli sismostrati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione. La validità del modello bidimensionale così determinato è stata successivamente verificata attraverso una procedura iterativa basata sulla determinazione dell'errore minimo quadrato tra le dromocrone osservate e quelle teoriche (Ray-tracing). Questa procedura di tipo "classico" fornisce inoltre un modello di velocità iniziale per la procedura di iterazione tomografica, ottenuta utilizzando celle di analisi di larghezza coerente con la geometria d'indagine ed approssimativamente con larghezza pari alla metà della spaziatura dei sensori ed altezza pari ad un quarto di quest'ultima. L'elaborazione delle sezioni sismiche mediante analisi tomografica viene generalmente effettuata sia per avere un maggior dettaglio che per sopperire alla frequente mancanza di rifrattori significativi procedendo in profondità specialmente in seguito alla presenza di materiale non sufficientemente differenziato nei termini dei parametri elastici.

L'elaborazione dei dati sismici acquisiti è stata effettuata attraverso la procedura sopra descritta, consistente sinteticamente nell'esecuzione delle seguenti fasi: individuazione del tempo di primo arrivo delle onde di compressione su ciascuna traccia di ogni sismogramma → dromocrone → modello delay time → procedura di ray-tracing → procedura di iterazione tomografica → modello tomografico.

## **2.2 Strumentazione e metodologia di indagine**

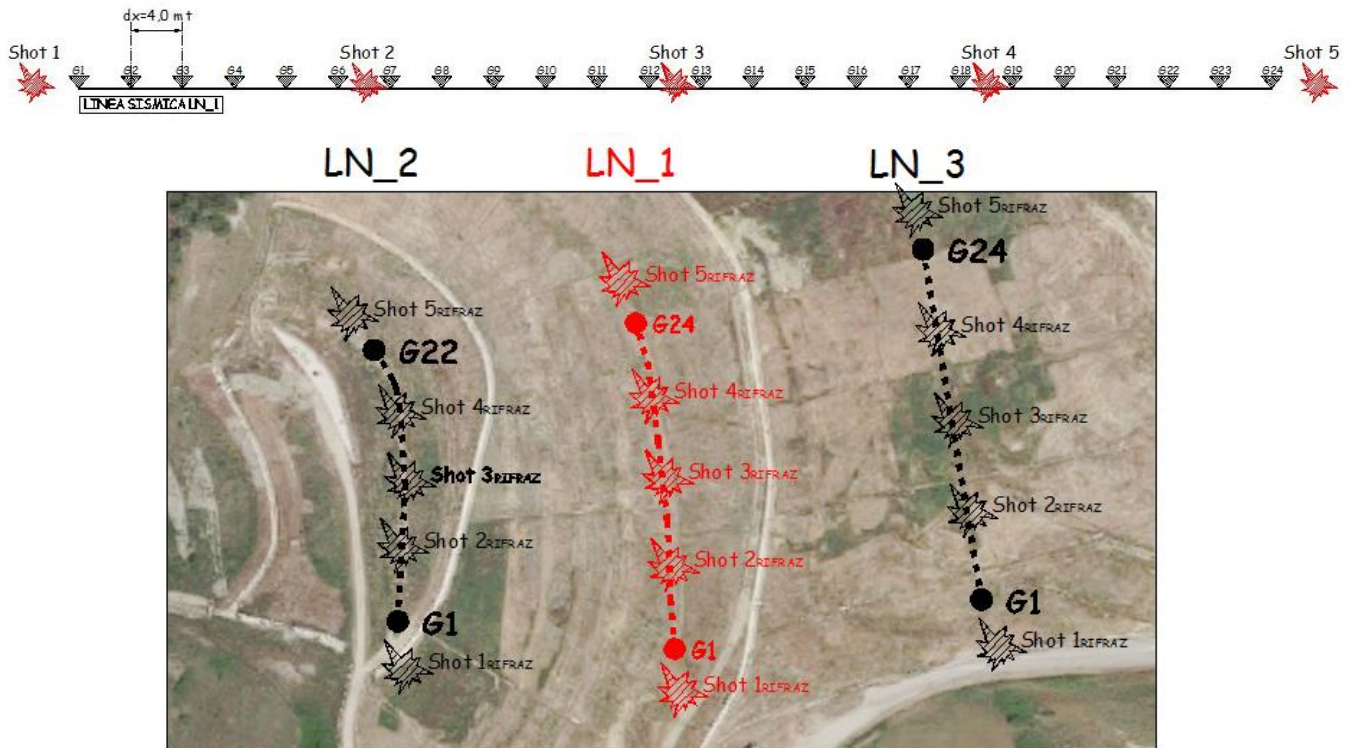
La prospezione sismica oggetto del presente lavoro è stata eseguita utilizzando un Sismografo multicanale a trasmissione digitale della Sara Electronic Instruments dotato di memoria indipendente per ogni canale in grado di memorizzazione oltre 30.000 campioni. Gli intervalli di campionamento sono programmabili da 5 a 0.05 millisecondi, corrispondenti a frequenze di campionamento da 200 a 20000 Hz. La durata del campionamento è selezionabile fra 0.1 e 60 secondi. Elevata dinamica (96dB al convertitore, 155dB totale). Impedenza d'ingresso:  $>100k\Omega$ . La trasmissione digitale dei dati consente un'elevata silenziosità e immunità ai rumori.

Per le indagini oggetto del presente lavoro si è adottato un intervallo di campionamento pari a 0,2 ms, una corrispondente frequenza di campionamento di 5000 Hz e una durata del campionamento pari a 1 secondo. Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di geofoni verticali Geo-space GS-11D da 10Hz 380 ohms del tipo elettromagnetico a bobina mobile equispaziati con interdistanza geofonica costante. Questi sono dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche prodotte da una specifica sorgente.



## 2.3 Acquisizione e elaborazione dei dati – Stendimento sismico LN\_1

Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 24 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 10Hz 380 ohms del tipo elettromagnetico a bobina mobile equispaziati con interdistanza geofonica di 4,00 mt. Le base sismica a rifrazione è stata eseguita con 5 punti di scoppio in linea secondo il seguente schema:



Nel dettaglio sono stati eseguiti n°2 end-shot posti ad una distanza di 2,00 mt dai geofoni esterni e n°3 shots all'interno dello stendimento sismico. I sismogrammi ottenuti dalle registrazioni effettuate sono caratterizzati da una discreta qualità del segnale che ha permesso in tutti i casi di individuare univocamente i tempi di primo arrivo delle onde di compressione. Anche la sovrapposizione tra le dromocrone osservate e quelle calcolate con la procedura di Ray-tracing è caratterizzata da un basso errore che ha consentito di ottenere una sezione sismica di buona qualità.

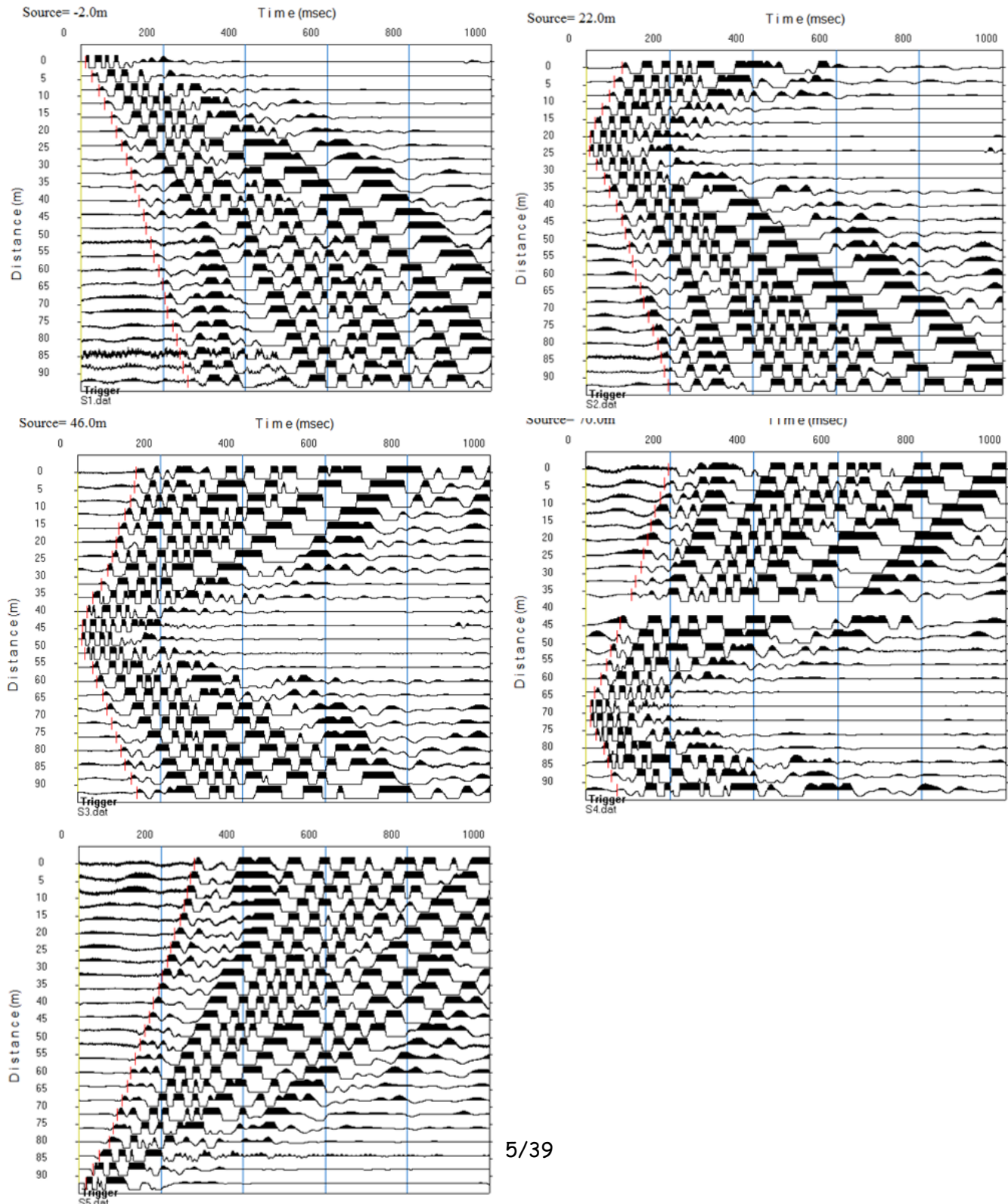
La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante mazza battente del peso di 8 Kg su piastra metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. Il sito interessato dallo stendimento sismico denominato LN\_1, eseguito perpendicolarmente alla linea di massima pendenza, è caratterizzato da una superficie topografica pressochè pianeggiante o comunque caratterizzata dalle lievi acclività.





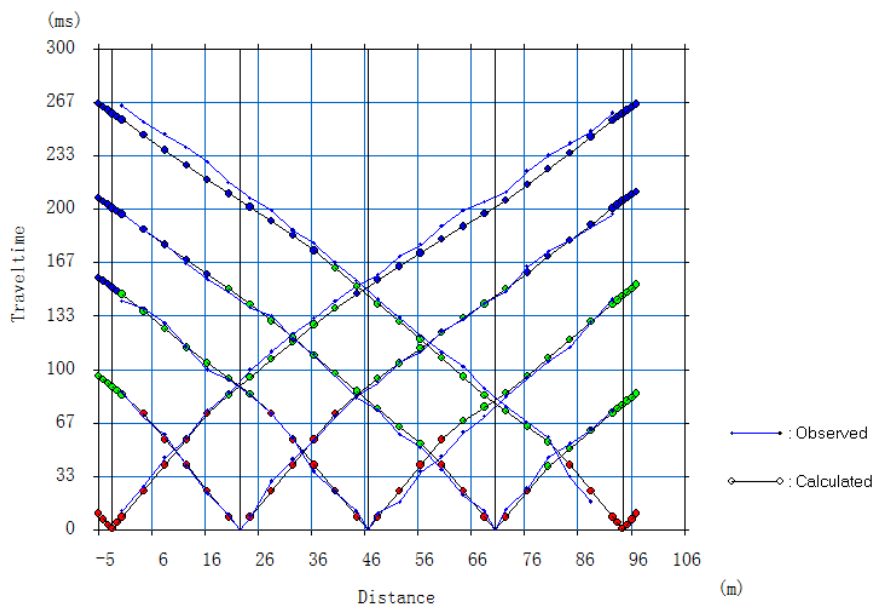
L'acquisizione di dati è avvenuta dopo le opportune verifiche di corretto funzionamento della strumentazione e del circuito di time-break. Il controllo della qualità dei dati acquisiti è stata verificata immediatamente dopo ogni energizzazione. Le fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno permesso di ottenere i seguenti elaborati:

**Linea LN\_1 - Sismogrammi con individuazione dei tempi di primi arrivi delle onde di compressione**

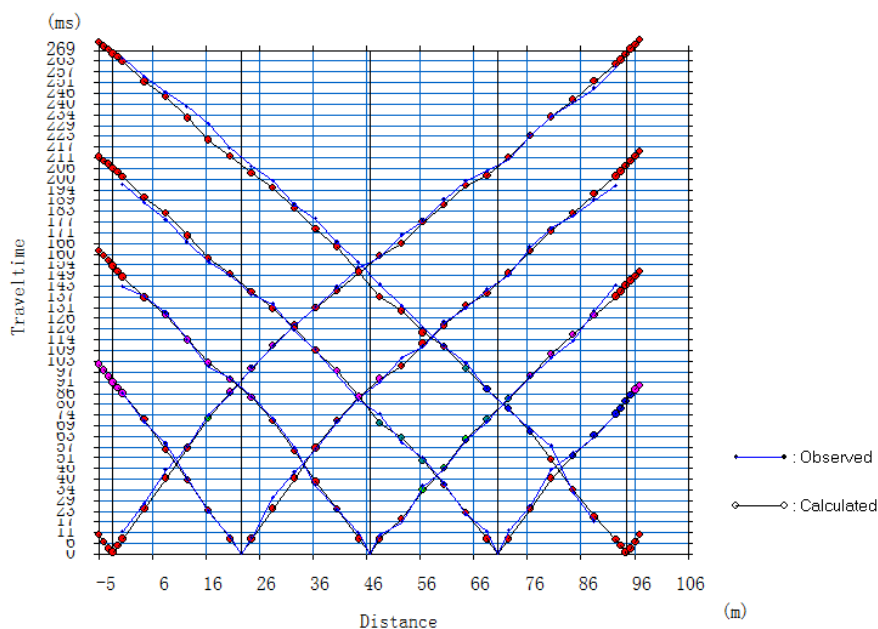




Linea LN\_1 - Dromocrone osservate e calcolate (modello delay-time)



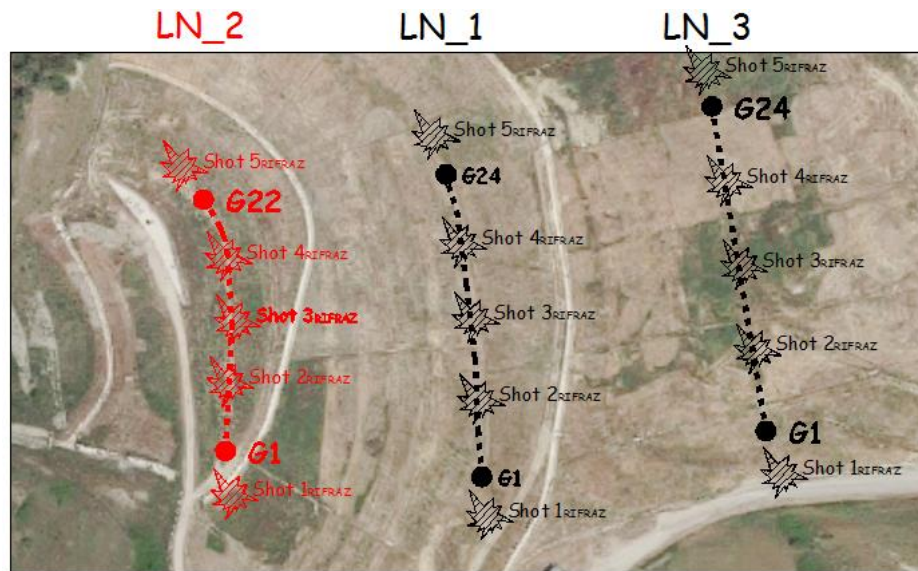
Linea LN\_1 - Dromocrone osservate e calcolate (modello tomografico da delay-time)



## 2.4 Acquisizione e elaborazione dei dati - Stendimento sismico LN\_2

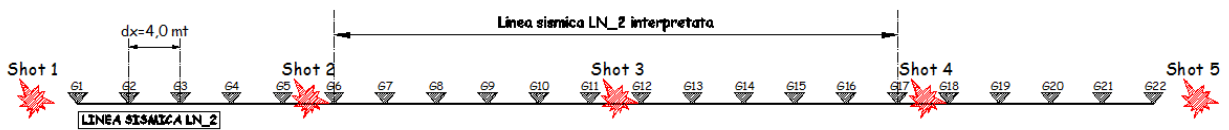
Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 22 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 10Hz 380 ohms del tipo elettromagnetico a bobina mobile equispaziati con interdistanza geofonica di 4,00 mt. Le base sismica a rifrazione è stata eseguita con 5 punti di scoppio in linea secondo il seguente schema:





Nel dettaglio sono stati eseguiti n°2 end-shot posti ad una distanza di 2,00 mt dai geofoni esterni e n°3 shots all'interno dello stendimento sismico.

I sismogrammi ottenuti dalle energizzazioni esterne, rispettivamente denominate Shot-1 e Shot-5, sono caratterizzati da un elevato rumore di fondo che non ha consentito di definire con chiarezza i tempi di primo arrivo delle onde di compressione. In fase di elaborazione sono stati conseguentemente eliminati i primi e gli ultimi cinque geofoni ottenendo di fatto una linea sismica con 12 geofoni, in corrispondenza della quale i geofoni esterni sono quelli denominati G6 E G17. In questo caso l'elaborazione è stata eseguita utilizzando il solo metodo delay-time per il limitato numero di energizzazioni affidabili dopo l'eliminazione degli shots esterni.

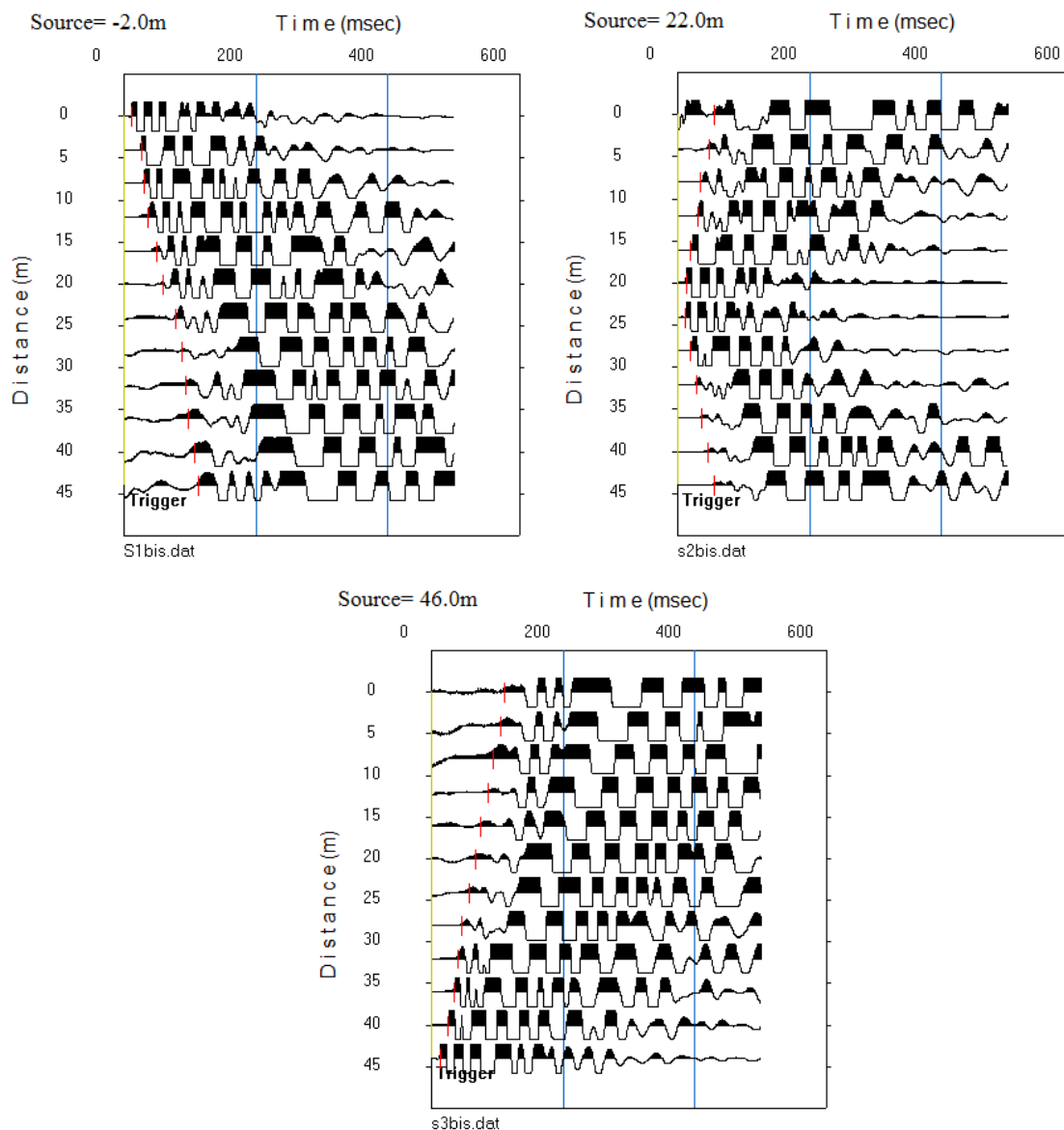


La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante mazza battente del peso di 8 Kg su piastra metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. Il sito interessato dallo stendimento sismico denominato LN\_2, eseguito anch'esso perpendicolarmente alla linea di massima pendenza, è caratterizzato da una superficie topografica pressochè pianeggiante o comunque dalle lievi acclività.

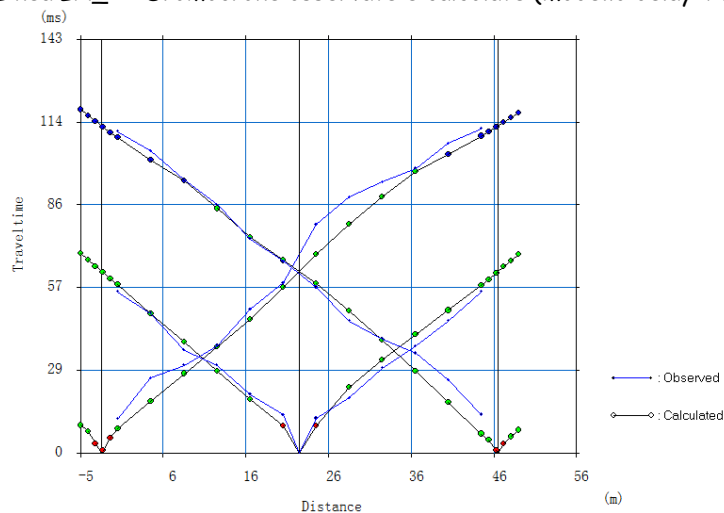
L'acquisizione di dati è avvenuta dopo le opportune verifiche di corretto funzionamento della strumentazione e del circuito di time-break. Il controllo della qualità dei dati acquisiti è stata verificata immediatamente dopo ogni energizzazione. Le fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno permesso di ottenere i seguenti elaborati:



## Linea LN\_2 - Sismogrammi con individuazione dei tempi di primi arrivi delle onde di compressione



## Linea LN\_2 - Dromocrone osservate e calcolate (modello delay-time)







## 2.5 Acquisizione e elaborazione dei dati - Stendimento sismico LN\_3

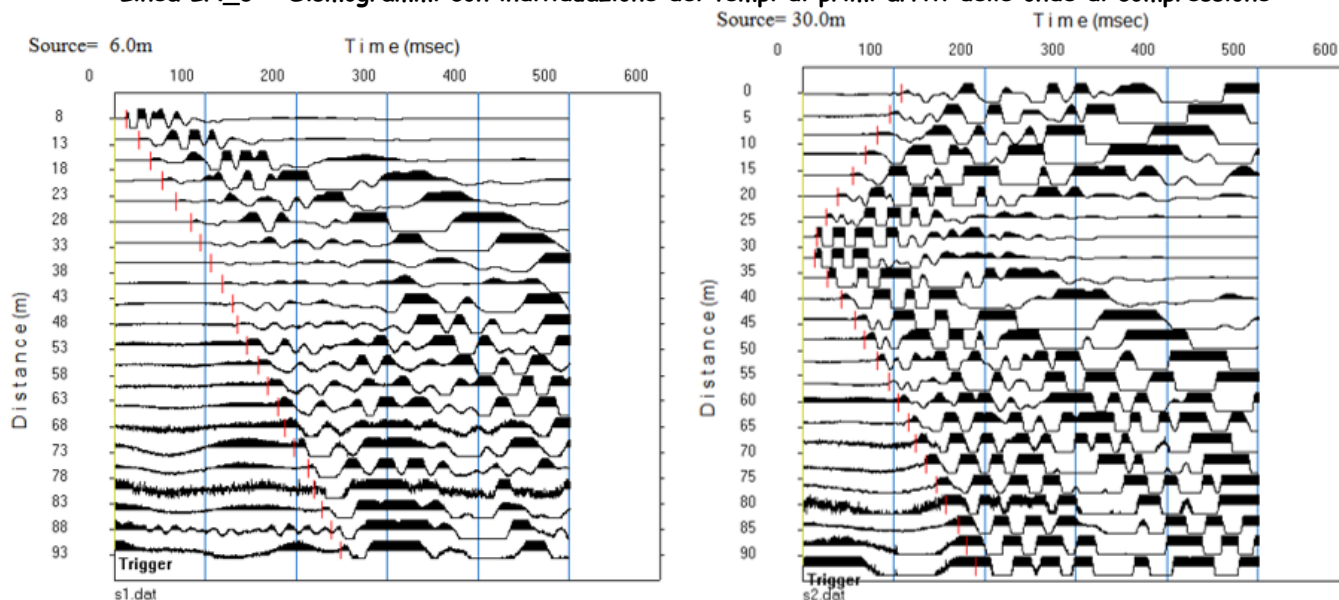
Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 24 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 10Hz 380 ohms del tipo elettromagnetico a bobina mobile equispaziati con interdistanza geofonica di 4,00 mt. Le base sismica a rifrazione è stata eseguita con 5 punti di scoppio in linea secondo il seguente schema:

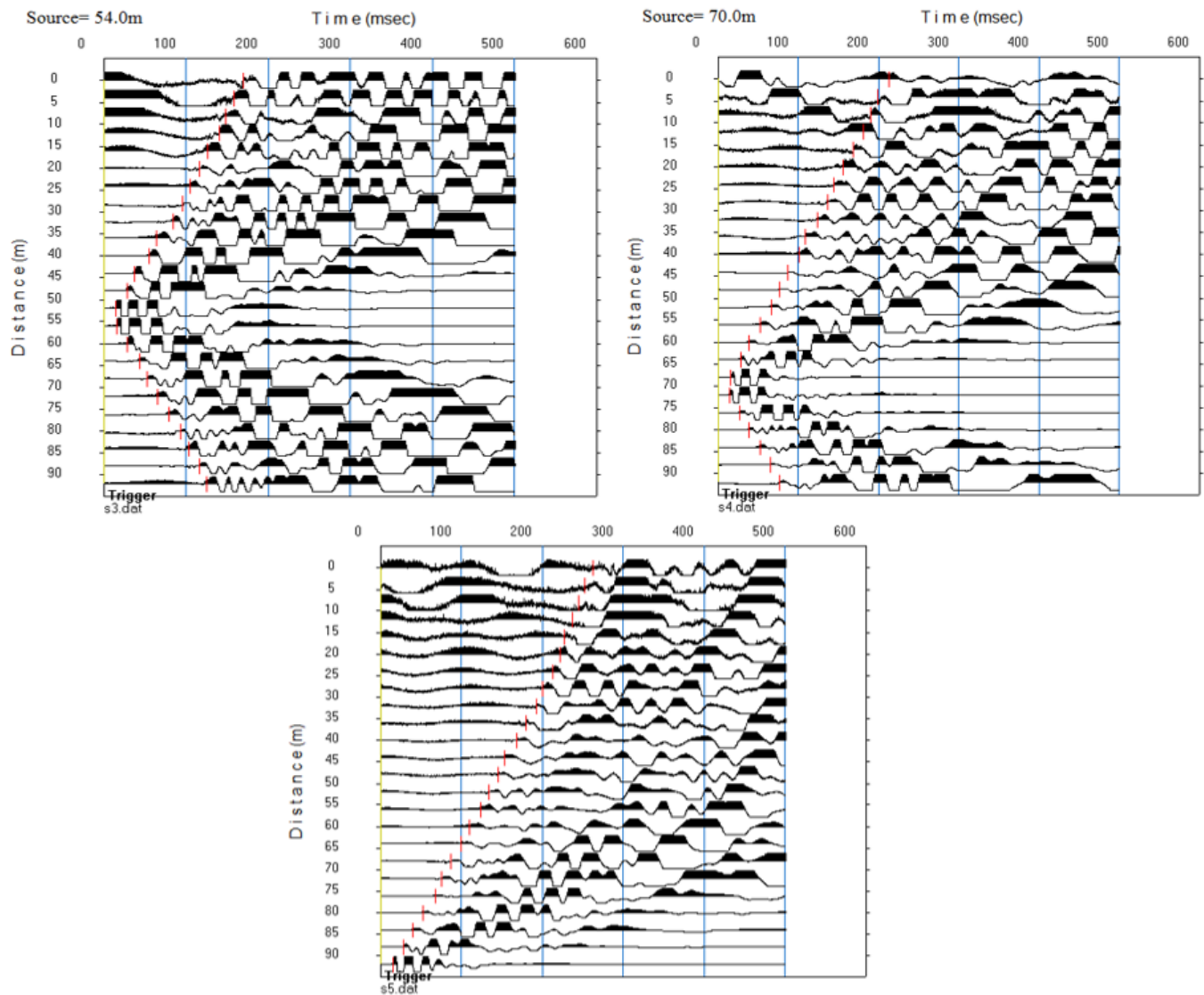


Nel dettaglio sono stati eseguiti n°2 end-shot posti ad una distanza di 2,00 mt dai geofoni esterni e n°3 shots all'interno dello stendimento sismico. I sismogrammi ottenuti dalle registrazioni effettuate sono caratterizzati da una discreta qualità del segnale che ha permesso in tutti i casi di individuare univocamente i tempi di primo arrivo delle onde di compressione. Anche la sovrapposizione tra le dromocrone osservate e quelle calcolate con la procedura di Ray-tracing è caratterizzata da un basso errore che ha consentito di ottenere una sezione sismica di buona qualità.

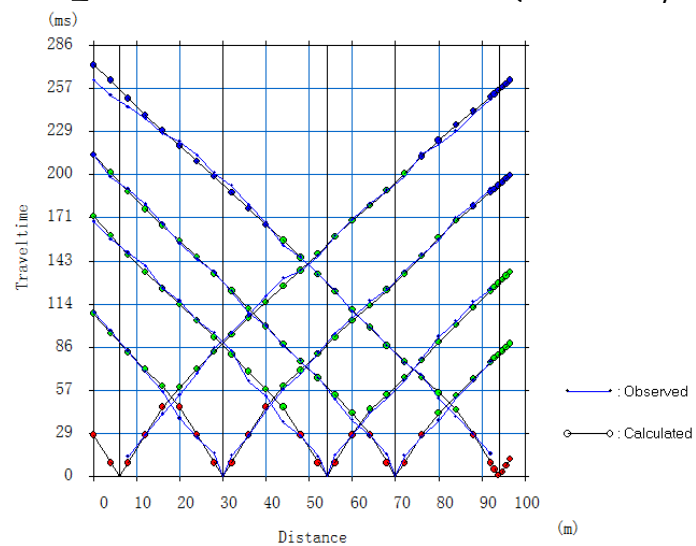
La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante mazza battente del peso di 8 Kg su piastra metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. Il sito interessato dallo stendimento sismico denominato LN\_3, anche in questo caso eseguito perpendicolarmente alla linea di massima pendenza, è caratterizzato da una superficie topografica pressochè pianeggiante o comunque dalle lievi pendenze. L'acquisizione dei dati è avvenuta dopo le opportune verifiche di corretto funzionamento della strumentazione e del circuito di time-break. Il controllo della qualità dei dati acquisiti è stata verificata immediatamente dopo ogni energizzazione. Le fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici hanno permesso di ottenere i seguenti elaborati:

Linea LN\_3 - Sismogrammi con individuazione dei tempi di primi arrivi delle onde di compressione



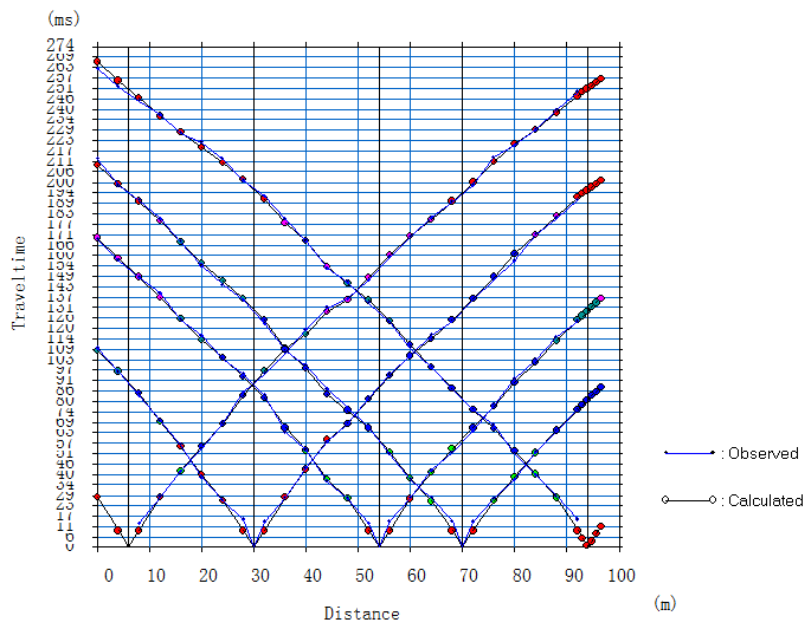


Linea LN\_3 - Dromocrone osservate e calcolate (modello delay-time)





Linea LN\_3 - Dromocrone osservate e calcolate (modello tomografico da delay-time)

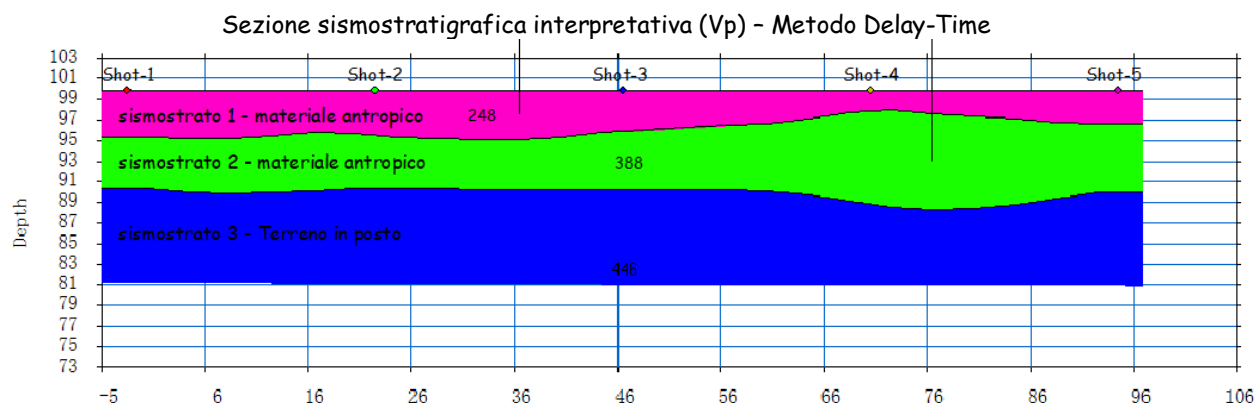


### 3 RISULTATI E CONCLUSIONI

#### 3.1 Linea LN\_1 - Indagine sismica a rifrazione in onde P

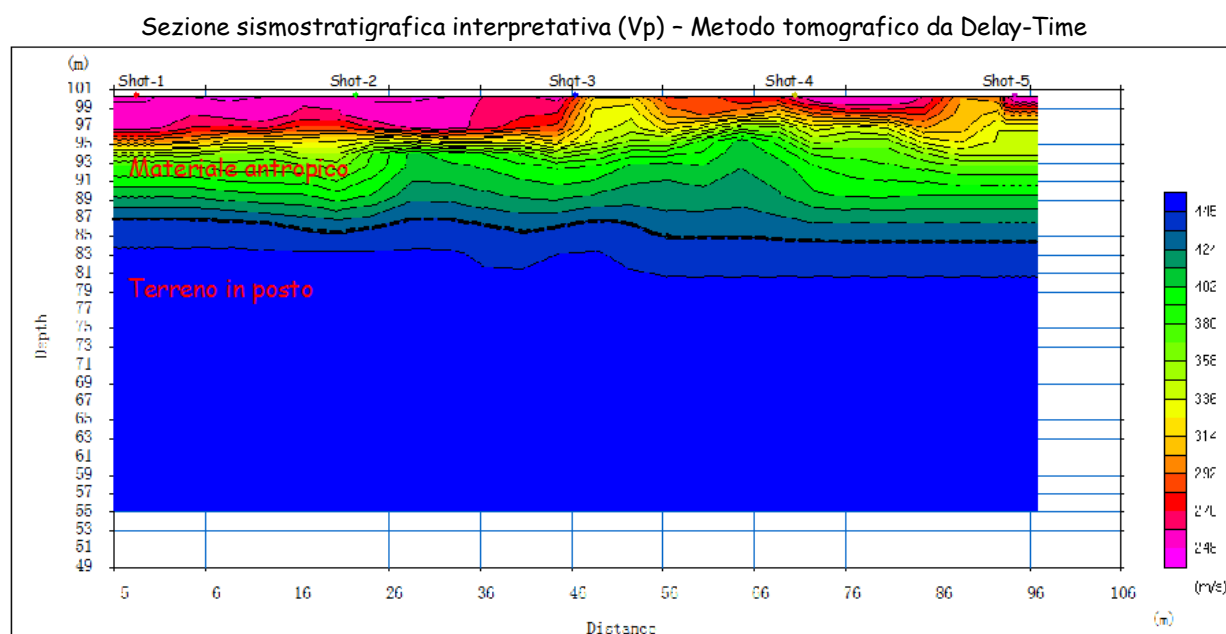
L'indagine sismica a rifrazione in oggetto ha evidenziato, sino alle profondità direttamente indagate connesse alla geometria dello stendimento, la presenza di due rifrattori che hanno permesso di individuare 3 distinti livelli a diversa velocità di propagazione delle onde di compressione:

- 1) il primo simostrato, riferibile ai materiali abbancati di più recente deposizione, presenta spessori compresi tra 2,00 e 4,70 mt circa ed è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione dell'ordine di 250 m/sec circa;
- 2) il secondo simostrato, riferibile anch'esso ai materiali abbancati all'interno della discarica, è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione dell'ordine di 390 m/sec. Tale livello è caratterizzato da spessori compresi tra 5,00 e 9,50 mt circa, crescenti spostandosi verso la parte terminale dello stendimento sismico eseguito;
- 3) il terzo simostrato, riferibile ai sottostanti terreni in posto comunque contraddistinti da un basso stato di consistenza, è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione dell'ordine di 450 m/sec. Esso è stato rilevato a partire da profondità comprese tra 9,50 e 11,50 mt circa dall'attuale p.c..



Partendo dal modello bidimensionale delay-time sopra riportato è stata poi eseguita un'analisi tomografica che ha permesso di individuare in maniera più dettagliata la profondità e la geometria del contatto tra i materiali di riporto antropici costituenti la porzione più superficiale della locale successione stratigrafica e i sottostanti terreni in posto. Questi ultimi sono rilevabili a partire da una profondità compresa tra 13,50÷16,00 mt circa dall'attuale piano campagna, lievemente crescente spostandosi dallo Shot-1 allo Shot-5. Tale successione sismostratigrafica è confermata con discreta approssimazione anche dal profilo monodimensionale delle onde di taglio ottenuto dall'indagine sismica con metodologia MASW eseguita sullo stesso stendimento sismico.

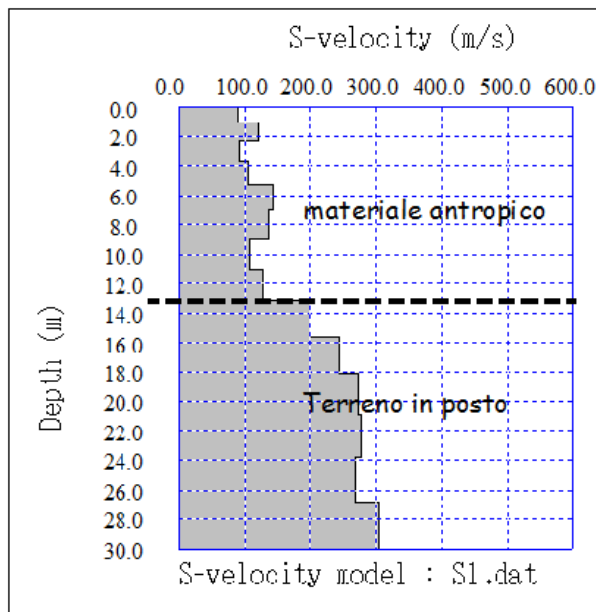
Come si evince dai grafici precedentemente riportati, sulle dromocrone non sono presenti "punti di ginocchio" netti con la velocità delle onde di compressione che, conseguentemente, aumenta lievemente e progressivamente con la profondità, così come è possibile verificare anche sulle sezioni bidimensionali ottenute sia con il metodo delay-time che con quello tomografico.







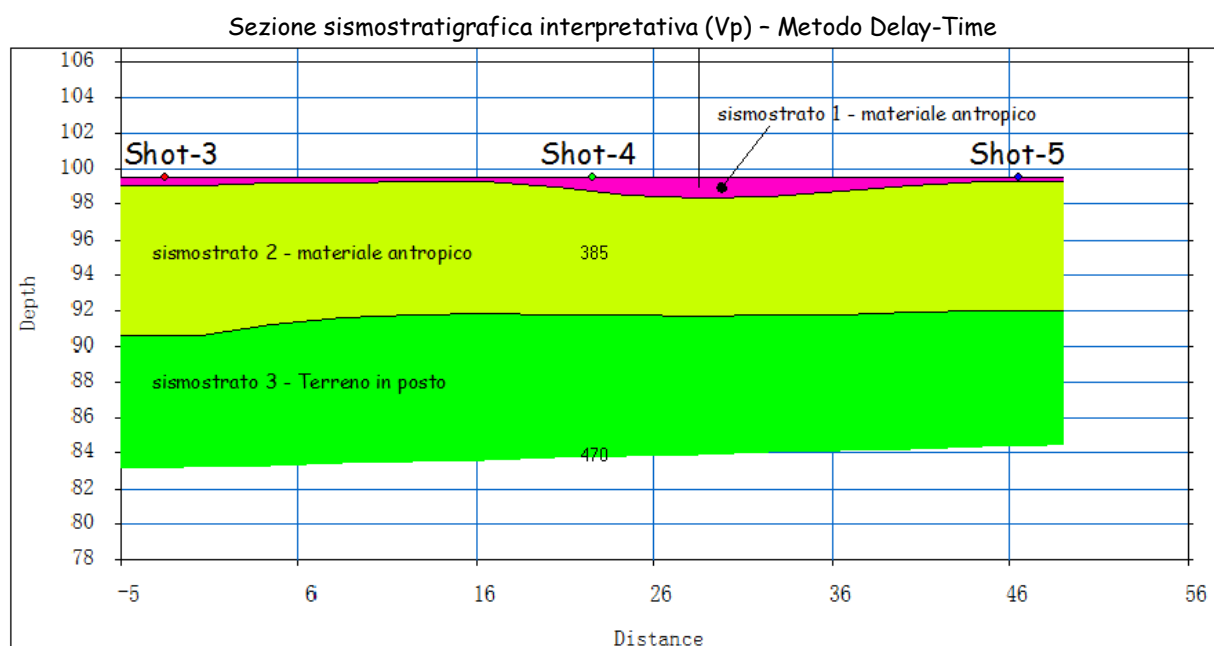
LN\_1 - Profilo verticale delle onde di taglio (MASW)



### 3.2 Linea LN\_2 - Indagine sismica a rifrazione in onde P

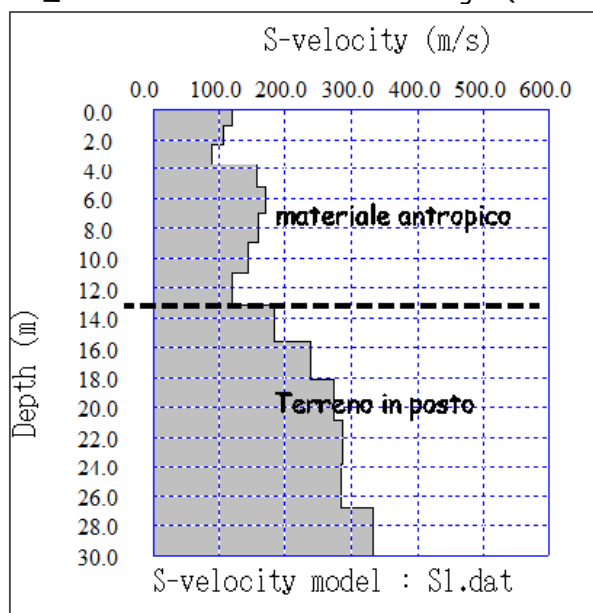
L'indagine sismica a rifrazione in oggetto ha evidenziato, sino alle profondità direttamente indagate connesse alla geometria dello stendimento, la presenza di due rifrattori che hanno permesso di individuare 3 distinti livelli a diversa velocità di propagazione delle onde di compressione:

- 1) il primo sismostrato, riferibile alla porzione più superficiale e areata dei materiali abbancati all'interno della discarica oggetto della presente indagine, è caratterizzato da esegui spessori, compresi tra 0,50 e 1,00 mt circa, e da una velocità delle onde di compressione dell'ordine di 230 m/sec circa;
- 2) il secondo sismostrato, riferibile anch'esso ai materiali abbancati all'interno della discarica, è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione dell'ordine di 385 m/sec. Tale livello è caratterizzato da spessori compresi tra 6,50 e 8,50 mt circa, lievemente decrescenti spostandosi verso la fine dello stendimento sismico eseguito.;
- 3) il terzo sismostrato, riferibile ai sottostanti terreni in posto, è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione dell'ordine di 470 m/sec. Esso è stato rilevato a partire da profondità comprese tra 7,50 e 9,50 mt circa dall'attuale p.c..



Dall'analisi del profilo monodimensionale delle onde di taglio ottenuto dall'indagine sismica con metodologia MASW eseguita sullo stesso stendimento sismico si evince come il passaggio tra i depositi antropici e quelli sottostanti in posto sia localizzabile ad una profondità dell'ordine di 13 mt circa dal p.c., ad una quota superiore di qualche metro rispetto a quella individuabile con la metodologia a rifrazione. Anche in questo caso sulle dromocrone non sono presenti "punti di ginocchio" netti con la velocità delle onde di compressione che quindi aumenta lievemente e progressivamente con la profondità, così come è possibile verificare anche sulla sezione bidimensionale ottenuta con il metodo delay-time sopra riportata, dalla quale si evince che l'incremento del valore di Vp è progressivo.

LN\_2 - Profilo verticale delle onde di taglio (MASW)

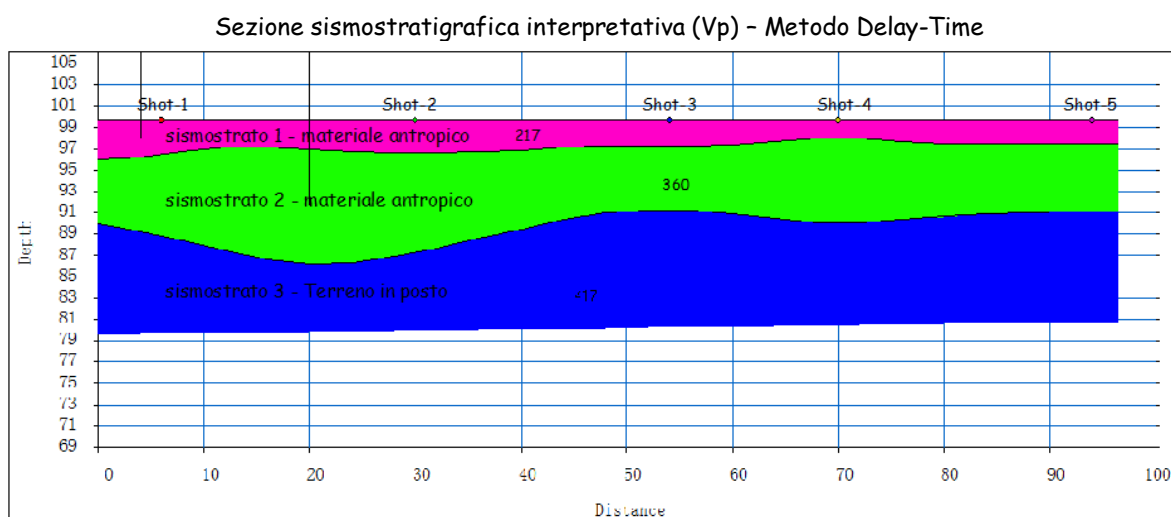




### 3.3 Linea LN\_3 - Indagine sismica a rifrazione in onde P

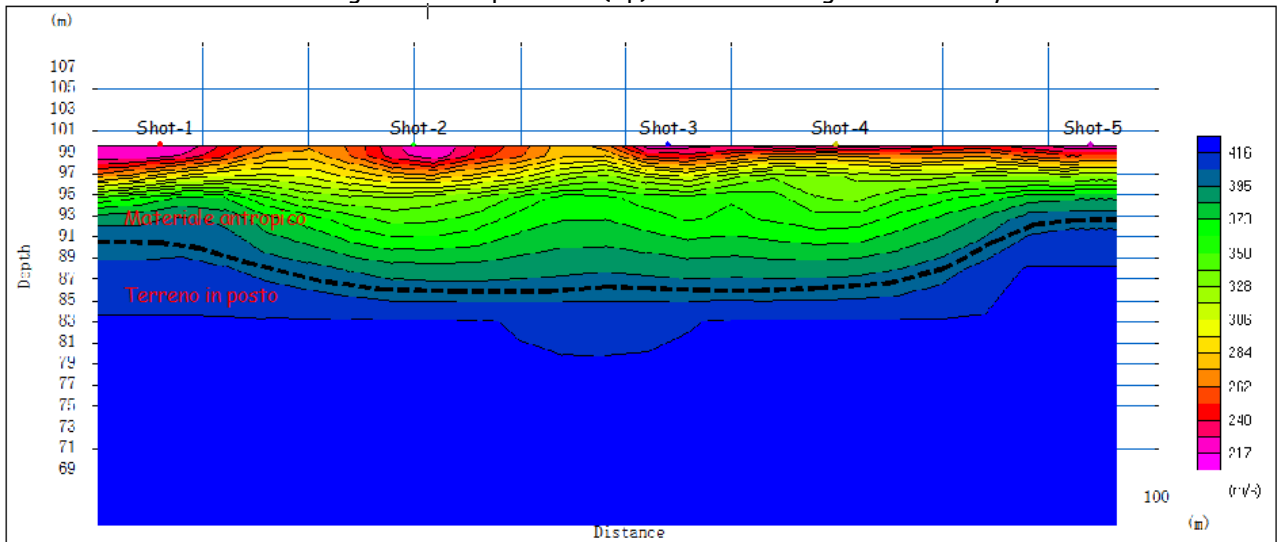
L'indagine sismica a rifrazione in oggetto ha evidenziato, sino alle profondità direttamente indagate connesse alla geometria dello stendimento, la presenza di due rifrattori che hanno permesso di individuare 3 distinti livelli a diversa velocità di propagazione delle onde di compressione:

- 1) il primo sismostrato, riferibile ai materiali abbancati di più recente deposizione, presenta spessori compresi tra 2,00 e 3,70 mt circa ed è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione dell'ordine di 220 m/sec circa;
- 2) il secondo sismostrato, riferibile anch'esso ai materiali abbancati all'interno della discarica, è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione dell'ordine di 360 m/sec. Tale livello è caratterizzato da spessori compresi tra 6,00 e 11,00 mt circa dal p.c., con i valori massimi rilevabili nella porzione iniziale dello stendimento sismico eseguito;
- 3) il terzo sismostrato, riferibile ai sottostanti terreni in posto, è caratterizzato da una velocità delle onde di compressione dell'ordine di 417 m/sec. Esso è stato rilevato a partire da profondità comprese tra 8,50 e 13,50 mt circa dall'attuale p.c..



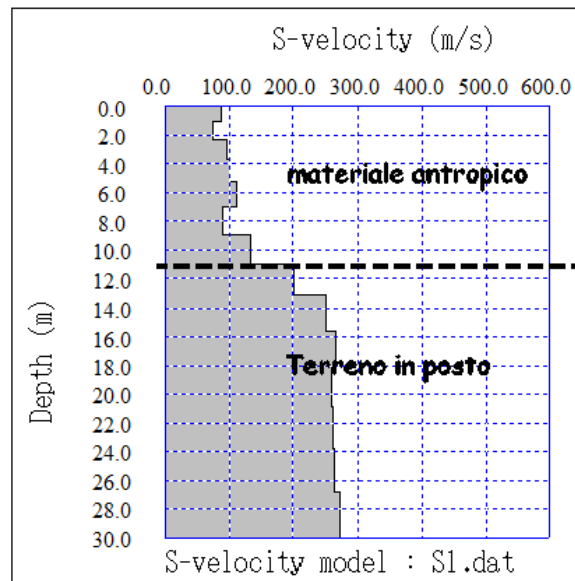
Partendo dal modello bidimensionale delay-time sopra riportato è stata poi eseguita un'analisi tomografica che ha permesso di individuare in maniera più dettagliata la profondità e la geometria del contatto tra i materiali di riporto antropici costituenti la porzione più superficiale della locale successione stratigrafica e i sottostanti terreni in posto. Questi ultimi sono rilevabili a partire da una profondità compresa tra 7,50÷8,00 mt circa dall'attuale piano campagna nelle estreme porzioni laterali dello stendimento eseguito, per poi approfondirsi sino ad una quota compresa tra 13,00÷13,50 mt circa nella porzione centrale della stessa linea sismica.

Sezione sismostratigrafica interpretativa (Vp) - Metodo tomografico da Delay-Time



Dall'analisi del profilo monodimensionale delle onde di taglio ottenuto dall'indagine sismica con metodologia MASW eseguita sullo stesso stendimento geofonico si evince come il passaggio tra i depositi antropici e quelli sottostanti in posto sia localizzabile ad una profondità dell'ordine di 11 mt circa dal p.c., corrispondente con buona approssimazione al valore medio rilevato nella sopra riportata sezione tomografica. Anche in questo caso sulle dromocrone non sono presenti "punti di ginocchio" netti con la velocità delle onde di compressione che aumenta lievemente e progressivamente con la profondità, così come è possibile verificare anche sulla sezione bidimensionale ottenuta con il metodo delay-time.

LN\_3 - Profilo verticale delle onde di taglio (MASW)





## 4 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA MASW

### 4.1 Analisi multicanale delle onde superficiali

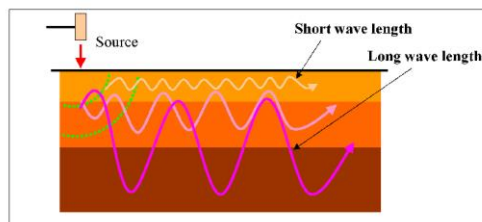
Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Le onde di Rayleigh sono generate dall'interazione tra le onde di pressione e le onde di taglio verticali ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. Alla superficie libera hanno un moto ellittico retrogrado (antiorario) che si inverte ad una profondità di  $\lambda/2\pi$ . In un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente sino ad estinguersi ad una profondità pari circa ad una lunghezza d'onda. Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda, e che, a diverse lunghezze d'onda corrispondende la stessa velocità di fase. In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, le onde superficiali presentano un comportamento dispersivo, ossia a frequenza diverse corrispondono diverse velocità di fase. Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati differenti ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Per ottenere un profilo  $V_s$  bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di *processing* che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Esistono diverse tecniche per estrarre dai sismogrammi acquisiti le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale nel dominio  $f$ - $k$  (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio  $x$ - $t$  (spazio-tempo) al dominio  $f$ - $k$ . Lo spettro  $f$ - $k$  del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggior contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. La velocità delle onde di Rayleigh è infatti associata ai massimi dello spettro  $f$ - $k$ ; si può così ottenere una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza un picco spettrale al quale è associato un numero d'onda  $k$  e quindi una velocità delle onde di Rayleigh  $V_r$  determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_r(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori  $V_r$ - $f$  in un grafico si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione. La fase di inversione deve essere

preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco - elastico a strati piano paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Il processo di inversione si basa su algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati che consentono di automatizzare la procedura.

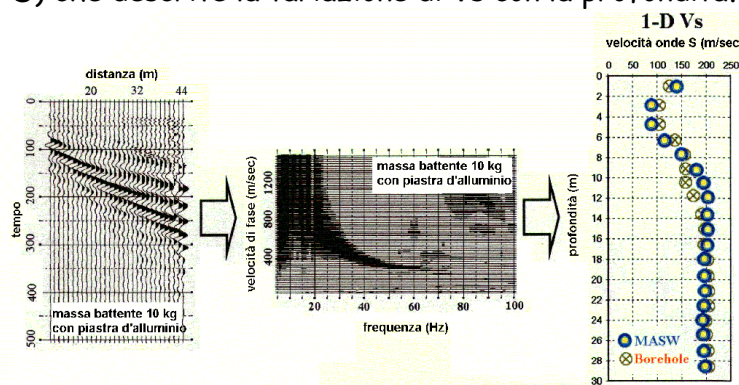


L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte) hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

## 4.2 Descrizione generale della procedura MASW

La procedura MASW comprende tre passi successivi:

- 1 acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- 2 estrazione della curva di dispersione caratteristica del sito (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
- 3 inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$  (profilo 1-D) che descrive la variazione di  $V_s$  con la profondità.







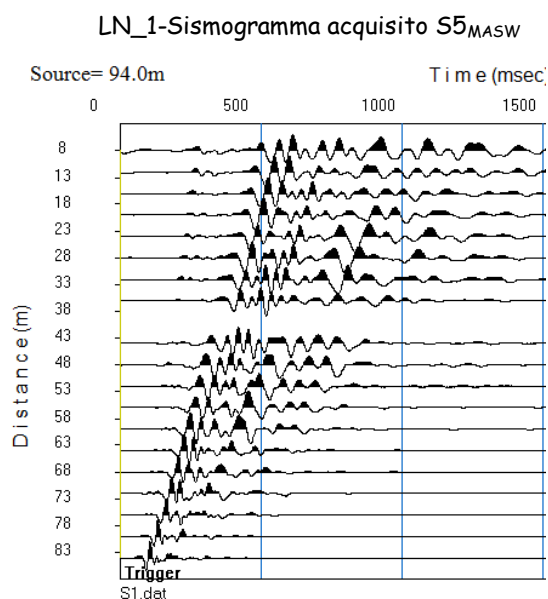
### 4.3 Strumentazione e metodologia di indagine

La prospezione sismica oggetto del presente lavoro è stata eseguita utilizzando un Sismografo multicanale a trasmissione digitale della Sara Electronic Instruments dotato di memoria indipendente per ogni canale in grado di memorizzazione oltre 30.000 campioni. Gli intervalli di campionamento sono programmabili da 5 a 0.05 millisecondi, corrispondenti a frequenze di campionamento da 200 a 20000 Hz.

La durata del campionamento è selezionabile fra 0.1 e 60 secondi. Elevata dinamica (96dB al convertitore, 155dB totale). Impedenza d'ingresso:  $>100k\Omega$ . La trasmissione digitale dei dati consente un'elevata silenziosità e immunità ai rumori.

#### 4.3.1 Acquisizione e elaborazione dei dati MASW - Linea sismica 1

Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 24 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 4,5 Hz 4000 ohms equispaziati con interdistanza geofonica di 4,00 mt. Tale tipologia di indagine è stata eseguita energizzando in corrispondenza dello shot-5 della linea a rifazione. La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante un massa del peso di 8 Kg lanciato su una piastra orizzontale metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. Sono eseguite più energizzazioni con le tracce che sono state poi sommate al fine di evidenziare il segnale sismico (stack) rispetto ai rumori ambientali presenti.

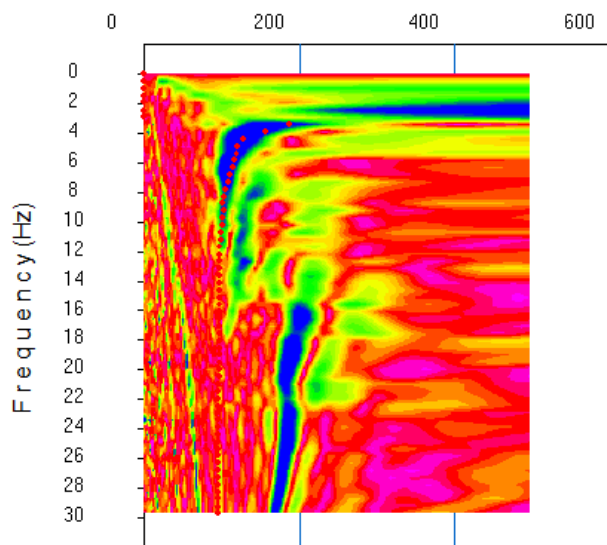




LN\_1 - Spettro di velocità e curva di dispersione misurata

Source= 94.0m

Phase velocity (m/sec)



Dispersion curve : S1.dat

Profondità (mt)	hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	Vseq (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	90	0,0120	Vseq=Vs30=168 m/s
1,07 ÷ 2,31	1,24	120	0,0103	
2,31 ÷ 3,71	1,40	93	0,0150	
3,71 ÷ 5,27	1,57	105	0,0149	
5,27 ÷ 7,01	1,73	146	0,0119	
7,01 ÷ 8,90	1,90	136	0,0139	
8,90 ÷ 10,96	2,06	108	0,0190	
10,96 ÷ 13,19	2,23	127	0,0175	
13,19 ÷ 15,58	2,39	200	0,0119	
15,58 ÷ 18,13	2,56	244	0,0105	
18,13 ÷ 20,85	2,72	274	0,0099	
20,85 ÷ 23,74	2,89	278	0,0104	
23,74 ÷ 26,79	3,05	270	0,0113	
26,79 ÷ 30,00	3,21	305	0,0105	

$\Sigma hi/Vi = 0,1790$

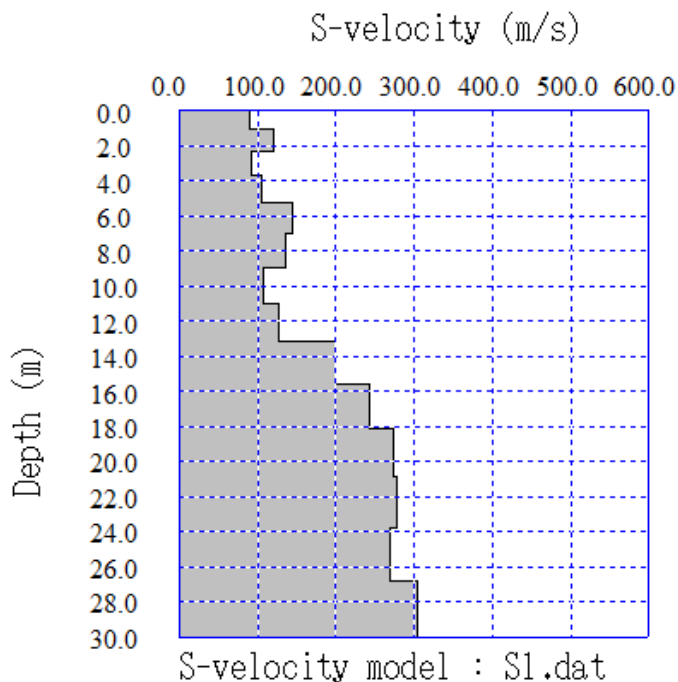
Sulla base della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità i terreni di sedime del sito oggetto di indagine risultano attribuibili alla categoria di sottosuolo D, come si evince dalla tabella 3.2.II delle N.T.C. 2018 di seguito riportata.

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.
---	--





LN\_1 - Profilo verticale delle onde di taglio



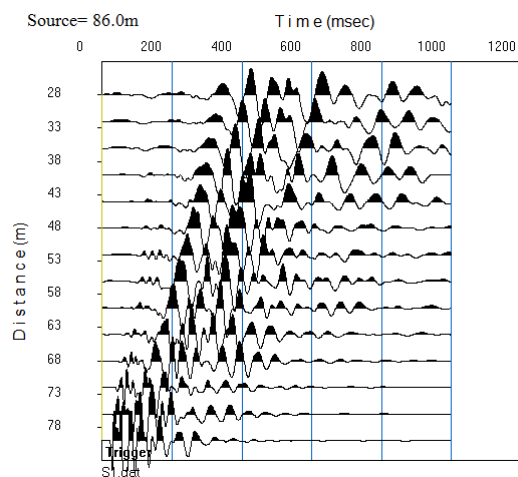
Dal profilo verticale monodimensionale delle onde di taglio sopra riportato si evince la presenza di terreni a bassa velocità di propagazione delle onde di taglio sino ad una profondità di 13 mt circa dal p.c., oltre la quale si assiste ad un lieve e graduale incremento del valore di  $V_s$  con la profondità. La bassa velocità di propagazione delle onde di taglio (90÷149 m/s) all'interno dei terreni costituenti la porzione più superficiale della locale successione stratigrafica è compatibile con depositi di riporto antropici di recente deposizione a basso stato di addensamento/consistenza.

#### 4.3.2 Acquisizione e elaborazione dei dati MASW - Linea sismica 2

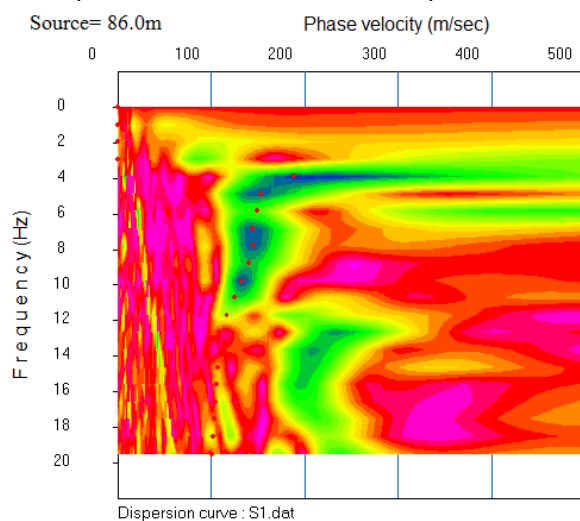
Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 22 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 4,5 Hz 4000 ohms equispaziati con interdistanza geofonica di 4,00 mt. Tale tipologia di indagine è stata eseguita energizzando in corrispondenza dello shot-5 della linea a rifazione. La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante un massa del peso di 8 Kg lanciato su una piastra orizzontale metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. Sono eseguite più energizzazioni con le tracce che sono state poi sommate al fine di evidenziare il segnale sismico (stack) rispetto ai rumori ambientali presenti.



LN\_2-Sismogramma S5<sub>MASW</sub>



LN\_2 - Spettro di velocità e curva di dispersione misurata



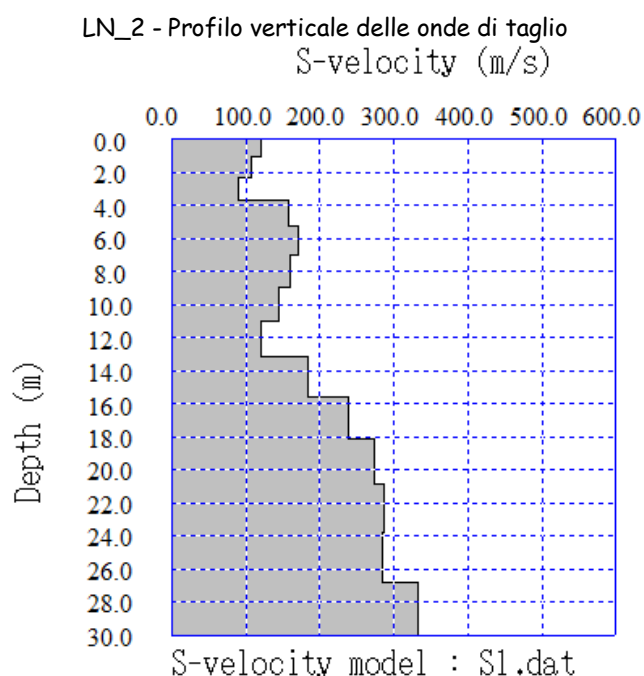
Profondità (mt)	hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	V <sub>seq</sub> (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	121	0,0088	V <sub>seq</sub> =V <sub>s30</sub> =182 m/s
1,07 ÷ 2,31	1,24	108	0,0115	
2,31 ÷ 3,71	1,40	90	0,0156	
3,71 ÷ 5,27	1,57	158	0,0099	
5,27 ÷ 7,01	1,73	171	0,0101	
7,01 ÷ 8,90	1,90	160	0,0119	
8,90 ÷ 10,96	2,06	145	0,0142	
10,96 ÷ 13,19	2,23	121	0,0184	
13,19 ÷ 15,58	2,39	184	0,0130	
15,58 ÷ 18,13	2,56	238	0,0107	
18,13 ÷ 20,85	2,72	273	0,0100	
20,85 ÷ 23,74	2,89	287	0,0100	
23,74 ÷ 26,79	3,05	285	0,0107	
26,79 ÷ 30,00	3,21	334	0,0096	

$$\Sigma H_i/V_i = 0,1644$$



Sulla base della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità i terreni di sedime del sito oggetto di indagine risultano attribuibili alla categoria di sottosuolo C, come si evince dalla tabella 3.2.II delle N.T.C. 2018 di seguito riportata.

C	<i>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.</i>
---	---



Dal profilo verticale monodimensionale delle onde di taglio sopra riportato si evince la presenza di terreni a bassa velocità di propagazione delle onde di taglio sino ad una profondità di 13 mt circa dal p.c., oltre la quale si assiste ad un lieve e graduale incremento del valore di Vs con la profondità. La bassa velocità di propagazione delle onde di taglio (90÷171 m/s) all'interno dei terreni costituenti la porzione più superficiale della locale successione stratigrafica è compatibile con depositi di riporto antropici di recente deposizione a basso stato di addensamento/consistenza.

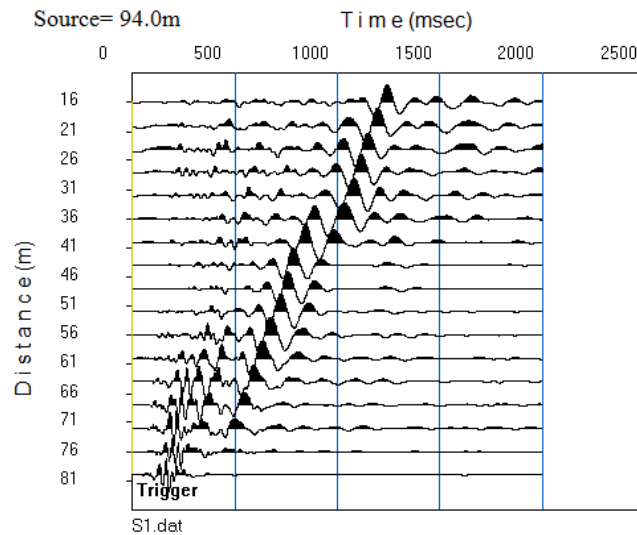
#### 4.3.3 Acquisizione e elaborazione dei dati MASW - Linea sismica 3

Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di 24 geofoni verticali Geo-space GS-11D da 4,5 Hz 4000 ohms equispaziati con interdistanza geofonica di 4,00 mt. Tale tipologia di indagine è stata eseguita energizzando in corrispondenza dello shot-5 della linea a rifazione. La generazione della perturbazione sismica è avvenuta mediante un massa del peso di 8 Kg lanciato su una piastra orizzontale metallica. L'istante di tempo zero (segnale di inizio registrazione) viene

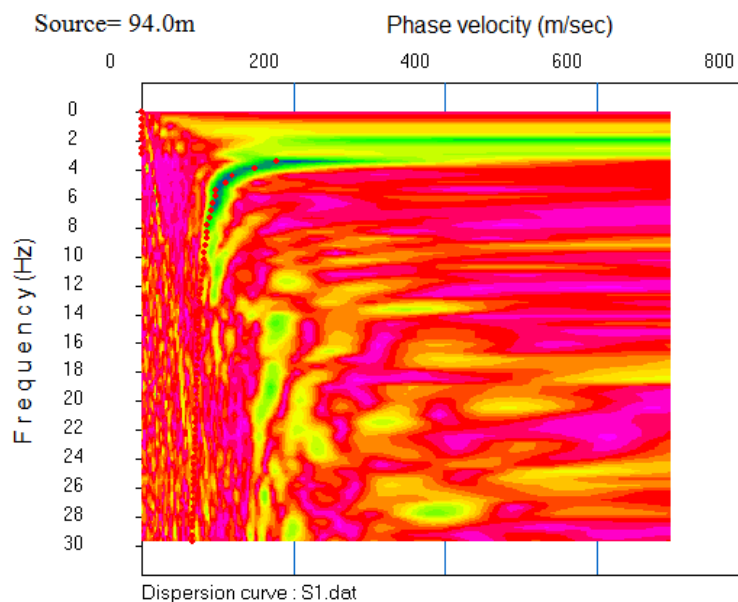


inviato allo strumento da un sensore di contatto posto all'estremità della stessa mazza di energizzazione. Sono eseguite più energizzazioni con le tracce che sono state poi sommate al fine di evidenziare il segnale sismico (stack) rispetto ai rumori ambientali presenti.

LN\_3-Sismogramma acquisito S5<sub>MASW</sub>



LN\_3 - Spettro di velocità e curva di dispersione misurata





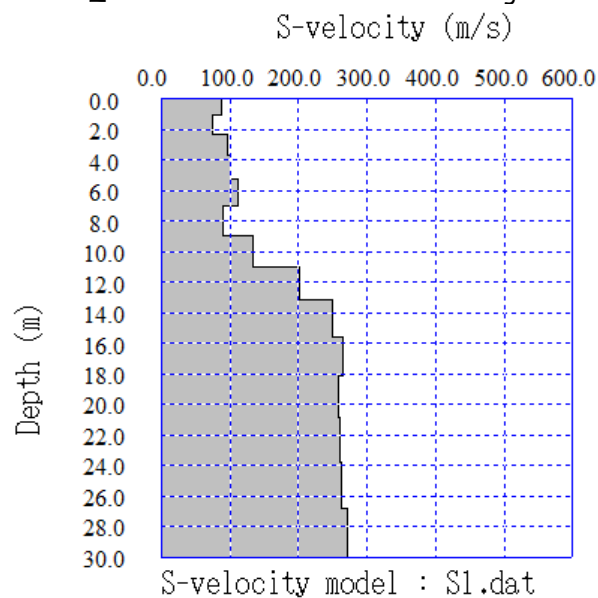
Profondità (mt)	hi (mt)	Vi (m/s)	hi/Vi	V <sub>seq</sub> (m/s)
0,00 ÷ 1,07	1,07	89	0,0121	V <sub>seq</sub> =V <sub>s30</sub> =162 m/s
1,07 ÷ 2,31	1,24	76	0,0162	
2,31 ÷ 3,71	1,40	97	0,0145	
3,71 ÷ 5,27	1,57	102	0,0153	
5,27 ÷ 7,01	1,73	113	0,0153	
7,01 ÷ 8,90	1,90	90	0,0210	
8,90 ÷ 10,96	2,06	133	0,0155	
10,96 ÷ 13,19	2,23	202	0,0110	
13,19 ÷ 15,58	2,39	251	0,0095	
15,58 ÷ 18,13	2,55	265	0,0096	
18,13 ÷ 20,85	2,72	259	0,0105	
20,85 ÷ 23,74	2,88	260	0,0111	
23,74 ÷ 26,79	3,05	263	0,0116	
26,79 ÷ 30,00	3,21	272	0,0118	

$$\Sigma Hi/Vi = 0,1851$$

Sulla base della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità i terreni di sedime del sito oggetto di indagine risultano attribuibili alla categoria di sottosuolo D, come si evince dalla tabella 3.2.II delle N.T.C. 2018 di seguito riportata.

D	<i>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.</i>
---	---

LN\_3 - Profilo verticale delle onde di taglio





Dal profilo verticale monodimensionale delle onde di taglio sopra riportato si evince la presenza di terreni a bassa velocità di propagazione delle onde di taglio sino ad una profondità di 11 mt circa dal p.c., oltre la quale si assiste ad un lieve e graduale incremento del valore di  $V_s$  con la profondità. La bassa velocità di propagazione delle onde di taglio ( $76 \div 133$  m/s) all'interno dei terreni costituenti la porzione più superficiale della locale successione stratigrafica è anche in caso compatibile con depositi di riporto antropici di recente deposizione a basso stato di addensamento/consistenza.

## 5 MISURE SISMICHE PASSIVE HVSR

### 5.1 PREMESSA

Per la determinazione dei contrasti di impedenza sismica all'interno dei terreni costituenti la locale successione stratigrafica e per l'ottenimento di ulteriori indicazioni sulla profondità dei terreni in posto al di sotto dei materiali di riporto antropici presenti all'interno del corpo della discarica in fase post-operativa, si sono eseguite n°5 registrazione del rumore sismico ambientale con la tecnica dei rapporti spettrali (HVSR).

Ubicazione misure sismiche passive HVSR





## 5.2 REGISTRAZIONI ED ELABORAZIONI DEI DATI ACQUISITI

### 5.2.1 Tracce in input (Registrazione HVSR-1)

Strumento: TE3-0093/01-14

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 09/10/18 16:24:00 Fine registrazione: 09/10/18 16:36:00

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 81% tracciato (selezione manuale)

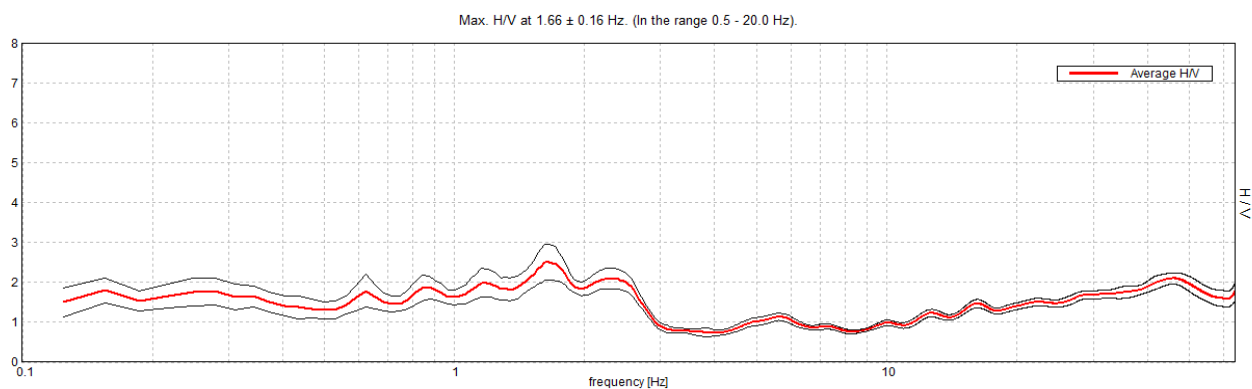
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

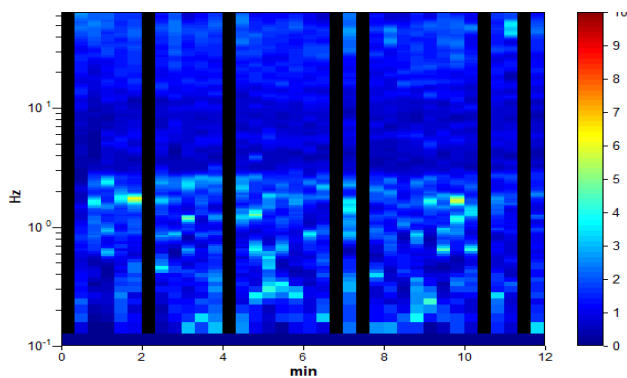
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

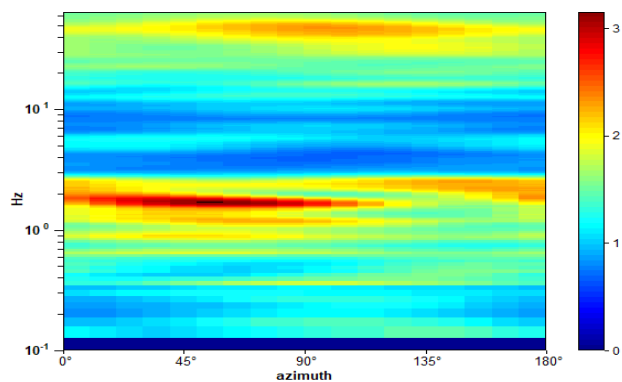
#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



#### SERIE TEMPORALE H/V



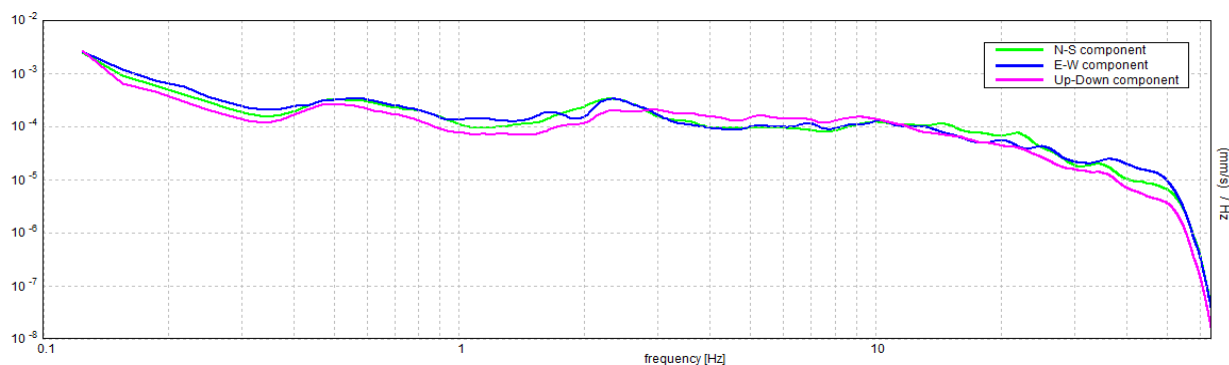
#### DIREZIONALITA' H/V







## SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente.**]

**Picco H/V a  $1.66 \pm 0.16$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.66 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$960.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 80	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.50 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.09848  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.1631 < 0.16563$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.446 < 1.78$	OK	





$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## 5.2.2 Tracce in input (Registrazione HVSR-2)

Strumento: TE3-0093/01-14

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 09/10/18 16:53:37 Fine registrazione: 09/10/18 17:03:37

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h10'00". Analizzato 33% tracciato (selezione manuale)

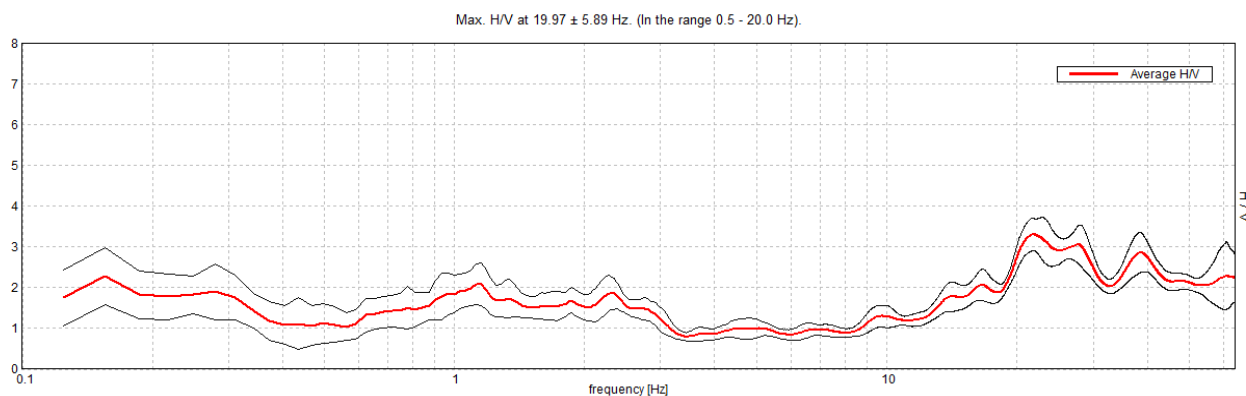
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

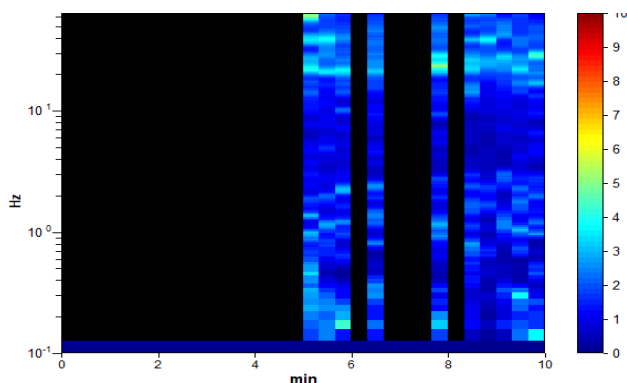
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

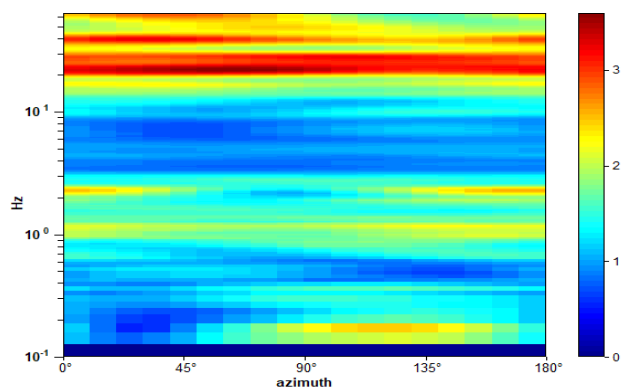




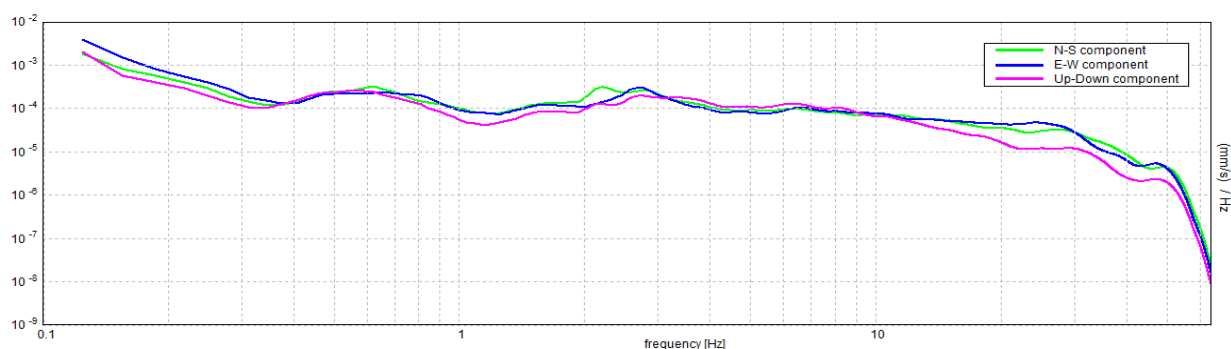
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente.**

**Picco H/V a  $19.97 \pm 5.89$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$19.97 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3993.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 960	OK	

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	12.594 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.71 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.29495  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$5.88982 < 0.99844$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2998 < 1.58$	OK	



$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

### 5.2.3 Tracce in input (Registrazione HVSR-3)

Strumento: TE3-0093/01-14

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 09/10/18 17:12:56 Fine registrazione: 09/10/18 17:24:56

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 86% tracciato (selezione manuale)

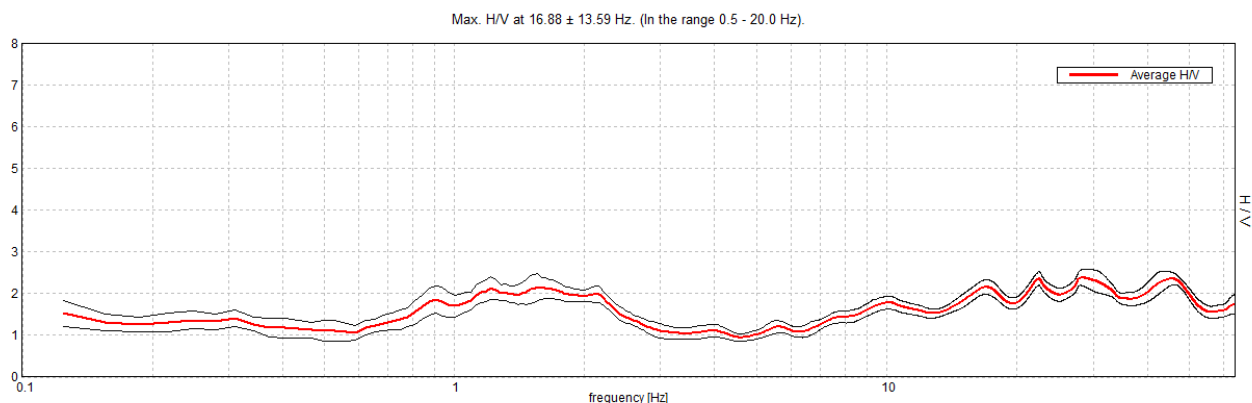
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

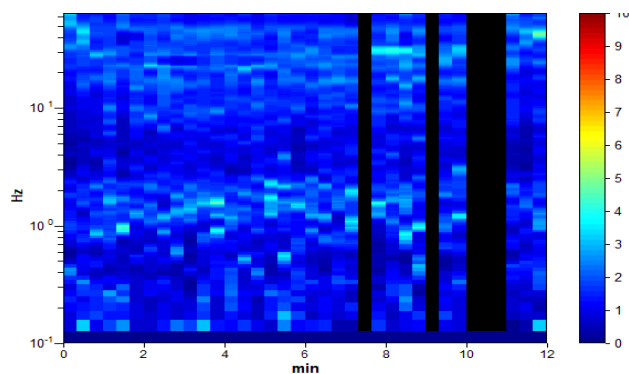
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

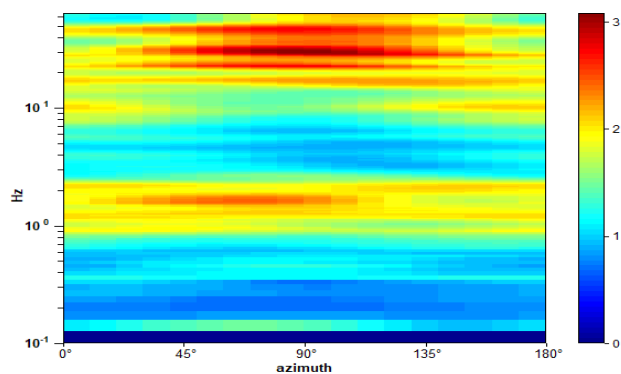




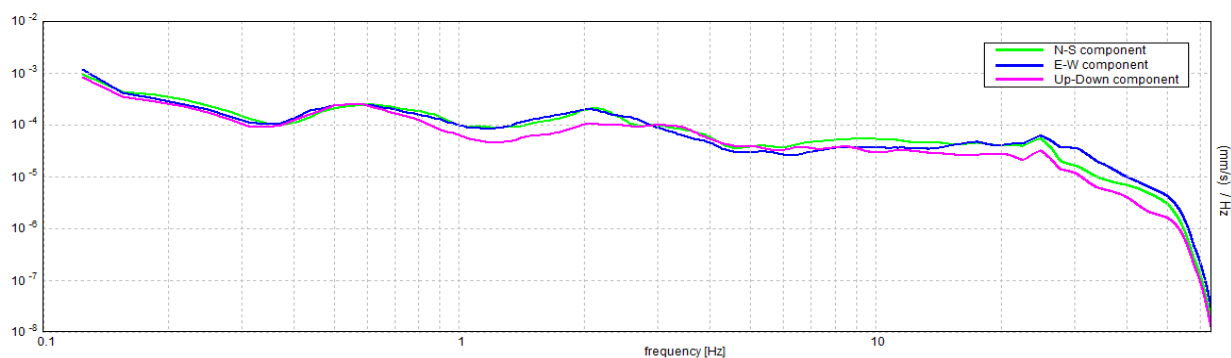
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $16.88 \pm 13.59$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$16.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$10462.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 811	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	5.188 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.16 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.80546  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$13.59212 < 0.84375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1751 < 1.58$	OK	



$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

#### 5.2.4 Tracce in input (Registrazione HVSR-4)

Strumento: TE3-0093/01-14

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 09/10/18 17:34:52 Fine registrazione: 09/10/18 17:46:52

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

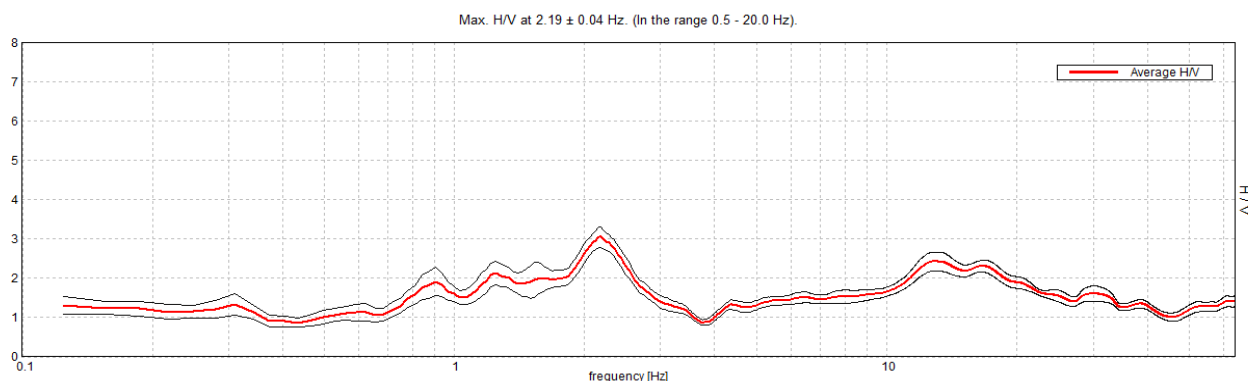
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

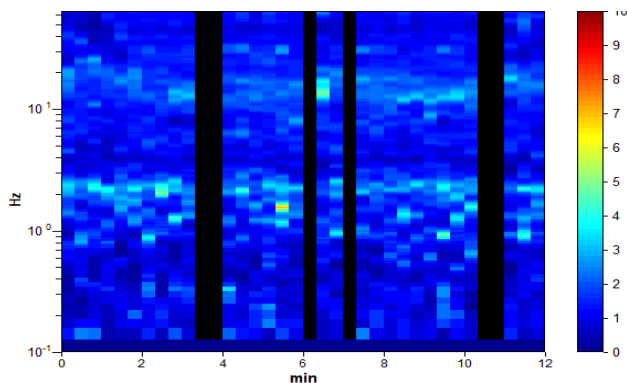
Lisciamento: 10%

#### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

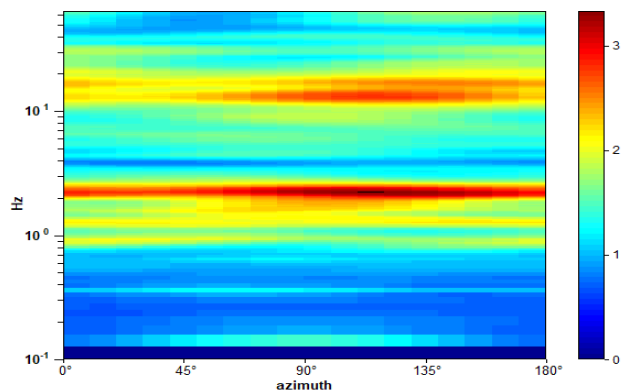




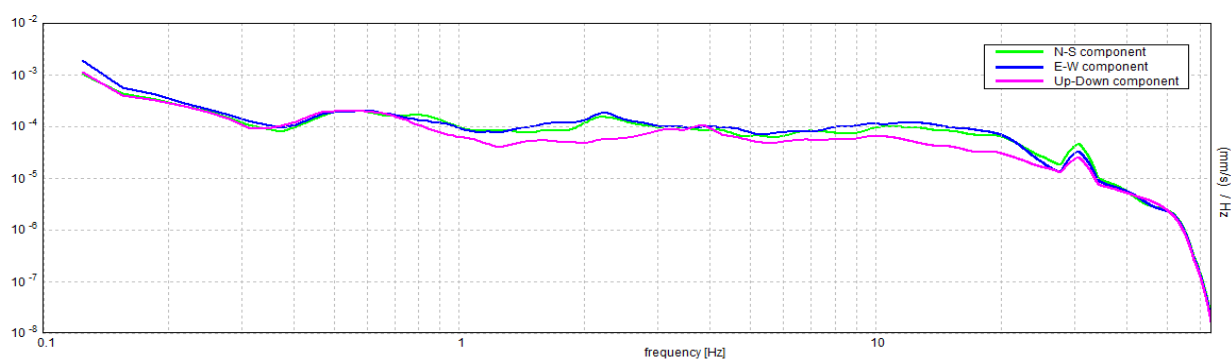
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente.**

**Picco H/V a  $2.19 \pm 0.04$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).**

#### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1312.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 106	OK	

#### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.063 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.906 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.05 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0175  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.03827 < 0.10938$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2624 < 1.58$	OK	



$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

### 5.2.5 Tracce in input (Registrazione HVSR-5)

Strumento: TE3-0093/01-14

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 09/10/18 17:52:31 Fine registrazione: 09/10/18 18:04:31

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h12'00". Analizzato 81% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

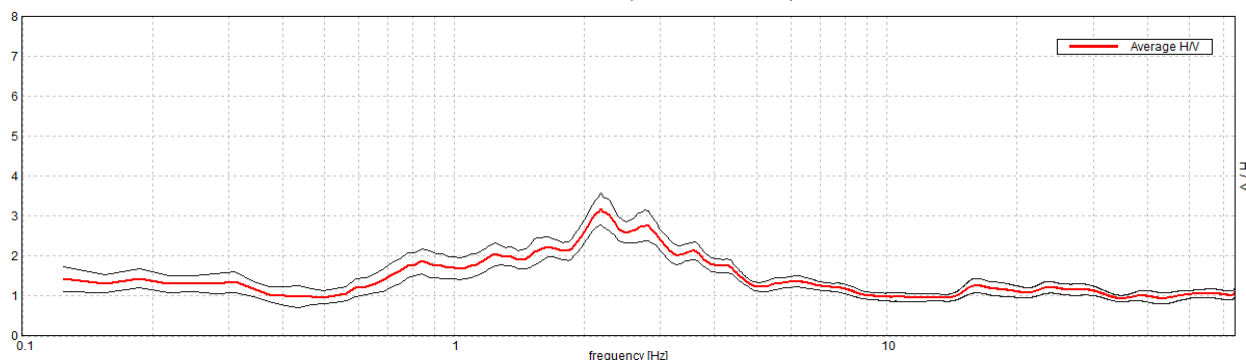
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

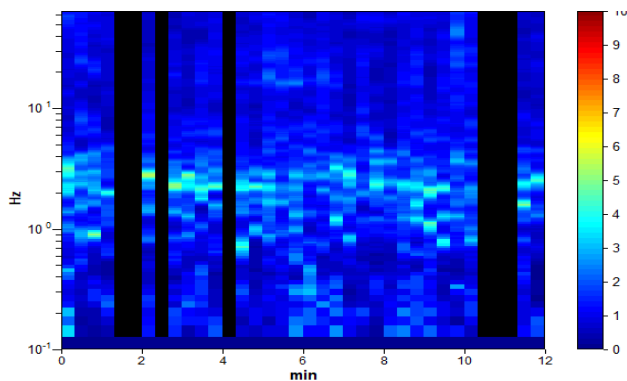
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Picco H/V a  $2.19 \pm 0.35$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).

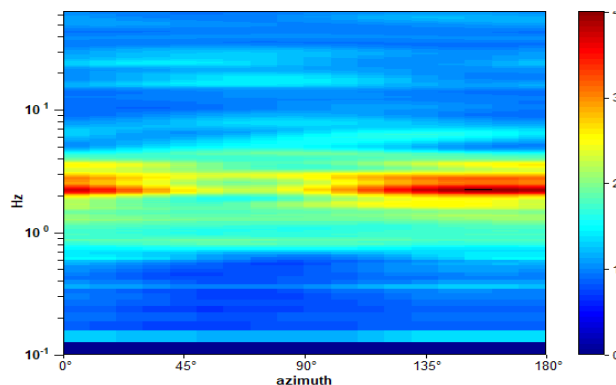




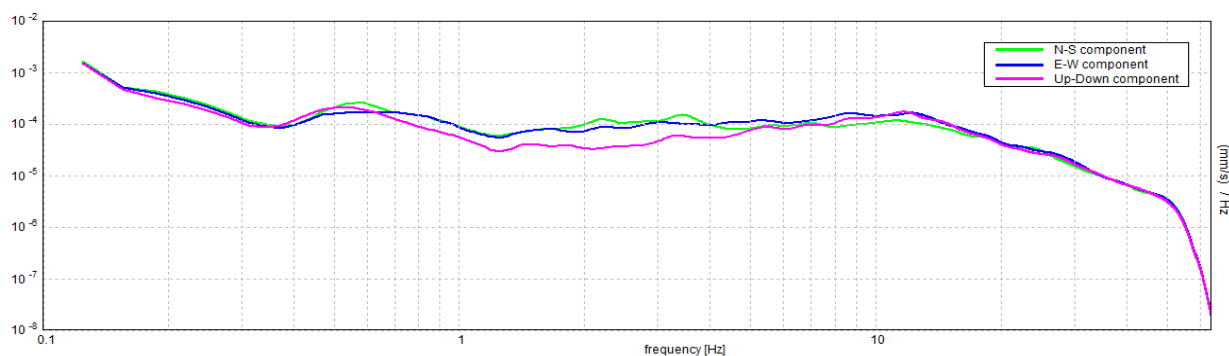
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $2.19 \pm 0.35$  Hz (nell'intervallo 0.5 - 20.0 Hz).**

### Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.19 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1268.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 106	OK	

### Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.719 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.17 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.15846  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.34663 < 0.10938$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3996 < 1.58$	OK	





$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

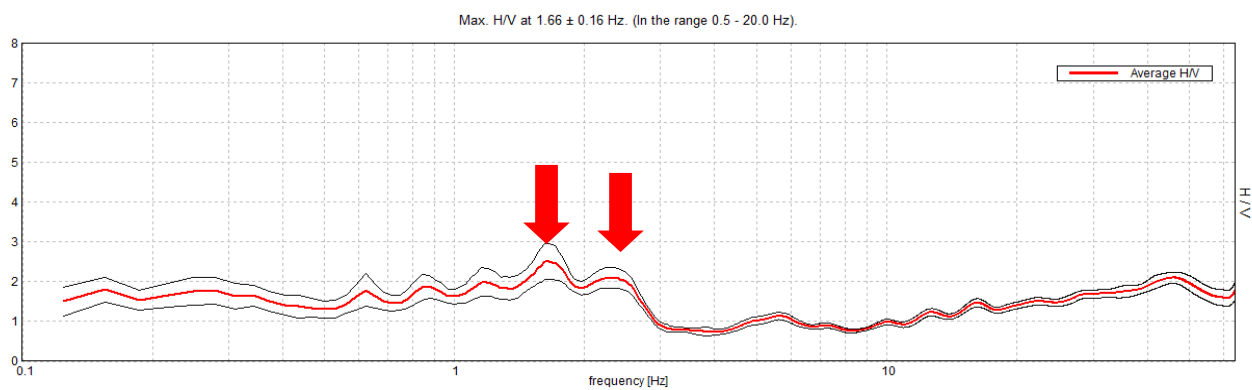
### 5.3 CONCLUSIONI

Dall'analisi delle curve dei rapporti spettrali H/V di seguito riportate si evince come esse siano discretamente sovrapponibili (qualità fisica del dato) e la presenza di contrasti di impedenza sismica, con picchi H/V compresi tra 1,9÷3,1 circa, rilevabili ad una frequenza compresa tra 1,66÷2,80 Hz ( $\equiv$  frequenza di risonanza del terreno), ad una profondità indicativamente compresa tra 30 e 50 mt ( $\Rightarrow f_0=2\div3$  Hz). Tale tipologia di indagine vada a confermare l'assenza di evidenti contrasti di densità ( $\equiv$  impedenza sismica) connessi al passaggio tra i materiali di riporto antropici legati all'attività della discarica e la sottostante formazione geologica basale, caratterizzata anch'essa, almeno nella sua porzione più superficiale, da un basso stato di consistenza.

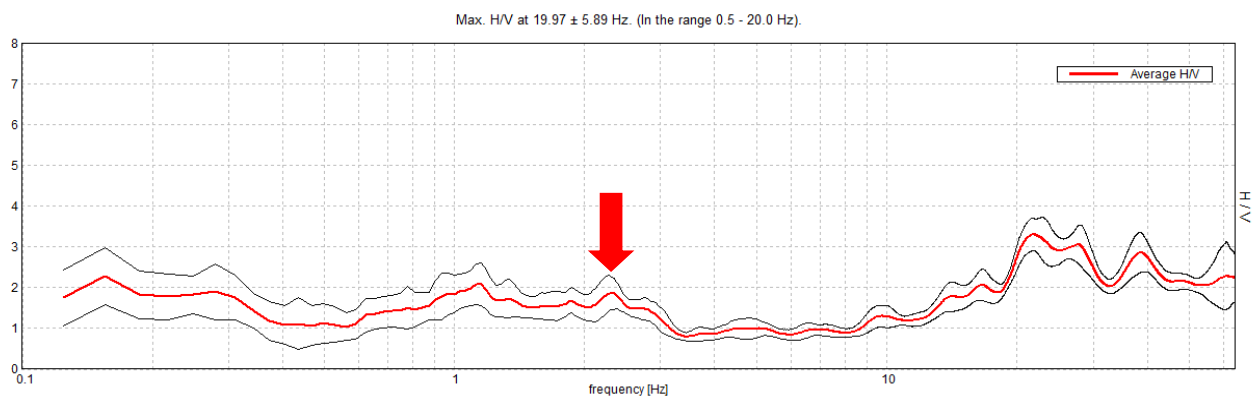
$f_0$ (Hz)	$h$ (m)	
< 1	> 100	Centinaia di metri
1 – 2	50 – 100	
2 – 3	30 – 50	
3 – 5	20 – 30	Decine di metri
5 – 8	10 – 20	
8 – 20	5 – 10	
> 20	< 5	Qualche metro



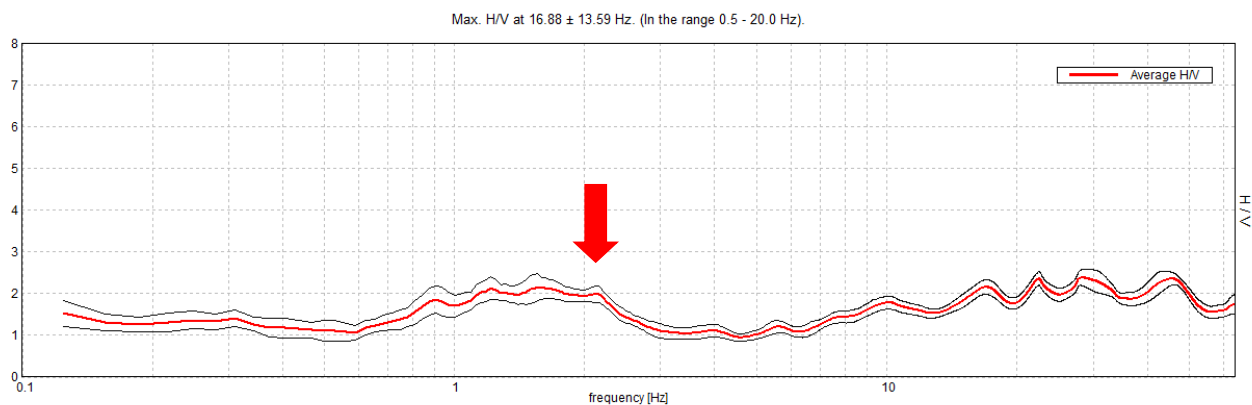
### Registrazione HVSR-1



### Registrazione HVSR-2

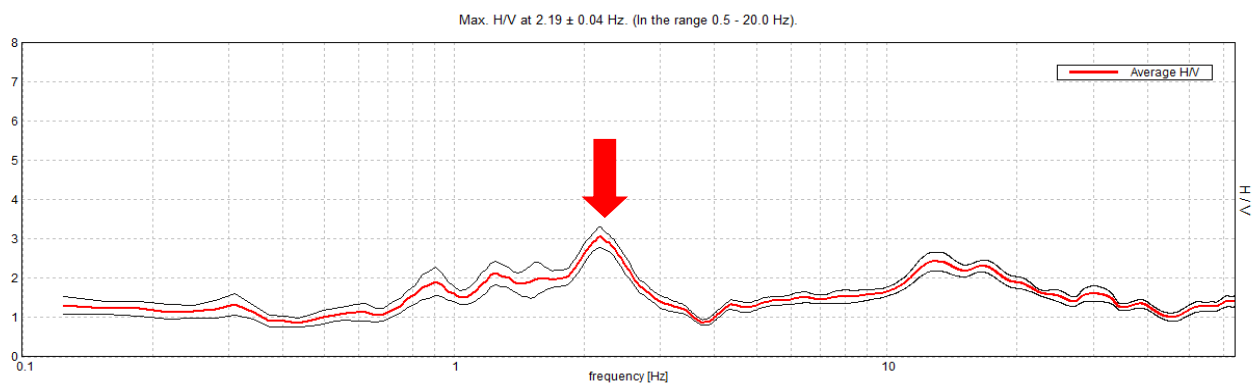


### Registrazione HVSR-3

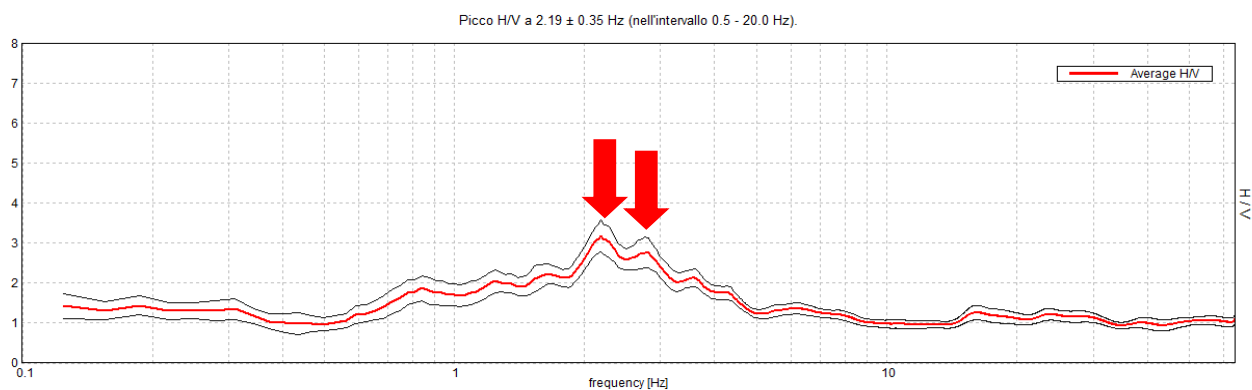




## Registrazione HVSR-4



## Registrazione HVSR-5



Sassoferrato, 5 novembre 2018

**SERVIZI SISMICI S.n.c.**  
 di **Donnini A. & Mantoni F.**  
 Via Piano di Frassineta, 109  
 60041 - SASSOFERRATO (AN)  
 Cod. Fisc. e P.IVA: 02495830420  
 M. Reg. AN-192227

*Giuseppe Scrimin*

**Dati dichiarati nella richiesta di prove:**

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**  
Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**  
Località prelievo campioni: **ATRI**

Sondaggio n.: **1** Data di prelievo: **31/08/18**  
Campione n.: **1** Profondità di prelievo: da m **7,50** a m **7,90**

**SCHEDA CAMPIONE**

Tipo di perforazione (dichiarata):	<b>Carotaggio continuo</b>
Tipo contenitore:	<b>Sacchetto in plastica</b>
Data di apertura del campione:	<b>20/09/18</b>
Classe di Qualità:	<b>2</b>

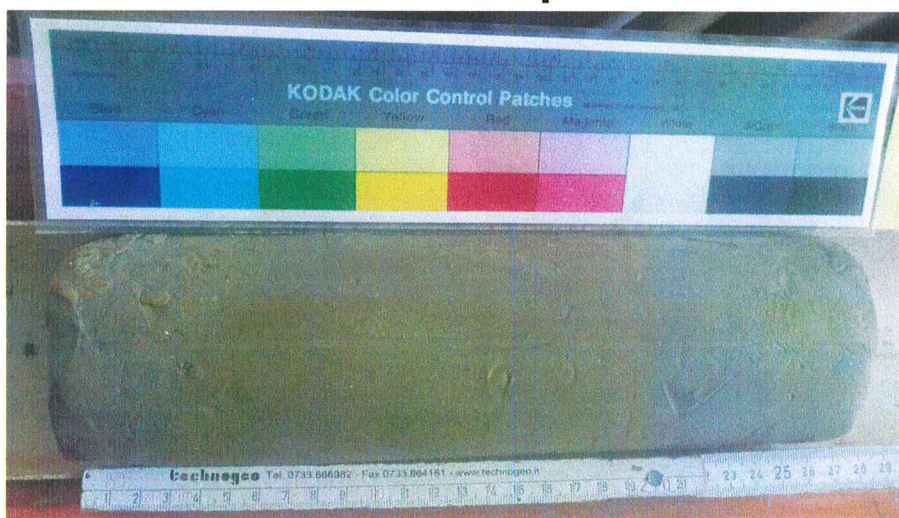
SINTESI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE			
Contenuto in acqua	$W_n$	%	<b>19,90</b>
Massa volumica granuli solidi	$\rho_s$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	-
Massa volumica naturale	$\rho_n$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>2,04</b>

**Prove eseguite**

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 1) Apertura campione rimaneggiato          | 5) Limiti di Atterberg (Casagrande) |
| 2) Descrizione ed identificazione campione | 6) Taglio diretto                   |
| 3) Contenuto acqua                         | 7)                                  |
| 4) Massa volumica (misure lineari)         | 8)                                  |

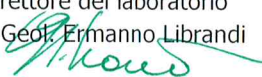
**DESCRIZIONE**

Argille limose, olivastre marrone chiaro ( 2.5Y 5/3 ) , media consistenza con numerose microlenti sabbiose grigiastre ed ocracee.

**foto del campione**


Note:

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi





**technogeo s.r.l**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 141 /1 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 130/GT del 13/09/18

### ***Dati dichiarati nella richiesta di prove:***

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**  
Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**  
Località prelievo campioni: **ATRI**

Sondaggio n.: **1** Data di prelievo: **31/08/18**  
Campione n.: **1** Profondità di prelievo: da m **7,50** a m **7,90**  
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

## **DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN ACQUA** **(UNI CEN ISO/TS 17892-1)**

Data della prova da: 20/09/18 a: 21/09/18

<b>m<sub>1</sub></b>	Massa campione umido	[g]	397,14
<b>m<sub>2</sub></b>	Massa campione secco	[g]	331,12
<b>w</b>	<b>Contenuto in acqua</b>	<b>%</b>	<b>19,9</b>

Note:

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi





**technogeo s.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Decreto di concessione, n. 8084 del 10/09/10, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore a), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246.

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 141 / 2 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 130/GT del 13/09/18

### ***Dati dichiarati nella richiesta di prove:***

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**  
Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**  
Località prelievo campioni: **ATRI**  
  
Sondaggio n.: **1**  
Campione n.: **1**  
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

Data di prelievo: **31/08/18**

Profondità di prelievo: da m **7,50** a m **7,90**

## **MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE (UNI CEN ISO/TS 17892-2) (Metodo delle misure lineari)**

Data della prova da: 20/09/18 a: 21/09/18

<i>m</i>	Massa del provino in condizioni di umidità naturale	[g]	146,68
<i>V</i>	Volume della fustella	[cm <sup>3</sup> ]	72,00
<i>w<sub>n</sub></i>	Contenuto in acqua del provino (UNI CEN ISO-ST 17892-1)	%	19,9
<i>ρ</i>	<b>Massa volumica in condizioni di umidità naturale</b>	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>2,04</b>
<i>ρ<sub>d</sub></i>	<b>Massa volumica essiccata</b>	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>1,70</b>

Note:

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi



**technogeo s.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 141 / 3 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 130/GT del 13/09/18

### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**

Progetto/Opera: **ATRI**

Località prelievo campioni: **ATRI**

Sondaggio n.: **1**

Data di prelievo: **31/08/18**

Campione n.: **1**

Profondità di prelievo: da m **7,50** a m **7,90**

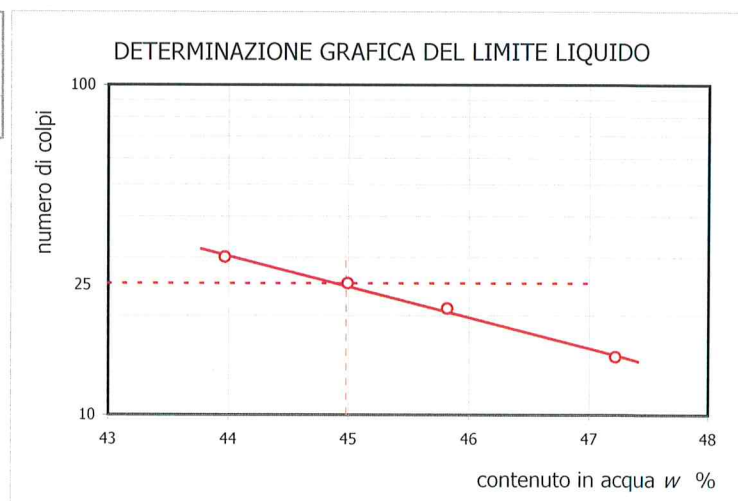
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA METODO CASAGRANDE (ASTM D4318-05)

Data della prova da: 24/09/18 a: 25/09/18

	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
Determinazione n.	1	2	3	4	1	2
Numero dei colpi	-	30	25	21	-	-
Massa del provino umido [g]	34,74	30,10	30,33	30,93	3,65	3,50
Massa del provino asciutto [g]	24,13	20,76	20,80	21,01	3,06	2,94
Contenuto in acqua w %	44,0	45,0	45,8	47,2	19,3	19,0

<b>LIMITE LIQUIDO WL</b>	%	<b>45</b>
<b>LIMITE PLASTICO WP</b>	%	<b>19</b>
<b>INDICE PLASTICO IP</b>	%	<b>26</b>



Note: -

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi



technogeo s.r.l.

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Rapporto di prova N. 141 / 4 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 130/GT del 13/09/18

### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**  
Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**  
Località prel. camp.: **ATRI**  
Sondaggio n.: **1**  
Campione n.: **1**  
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

Data di prelievo: **31/08/18**

Profondità di prelievo: da m **7,50** a m **7,90**

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (Valori di picco) (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

### Attrezzature utilizzate:

Macchina digitale per prove di taglio diretto Tecnotest

Modello

**T 665/010**

Matricola

**N. 2001/6**

Data della prova da: 20/09/18

a: 28/09/18

Posizione provini nel campione:

Provini prelevati in asse al campione a partire 5 cm dall'estremità superiore

Metodo di preparazione provini:

Fustellamento verticale da campione indisturbato

### CARATTERISTICHE INIZIALI

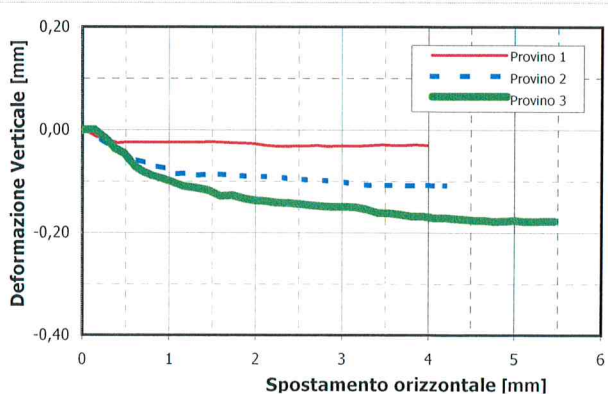
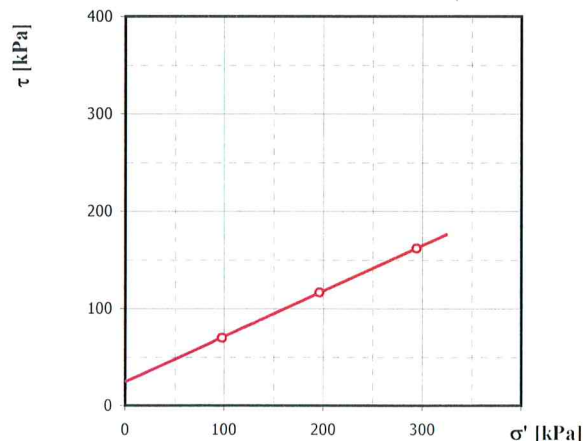
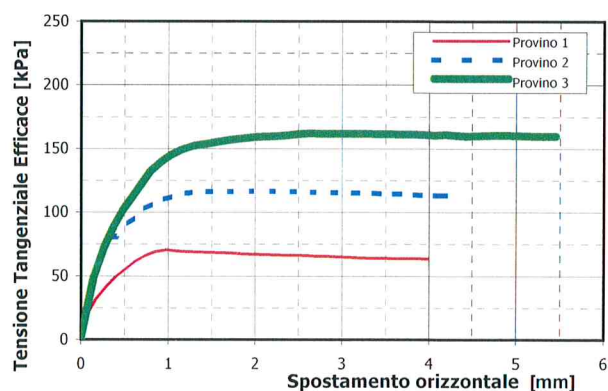
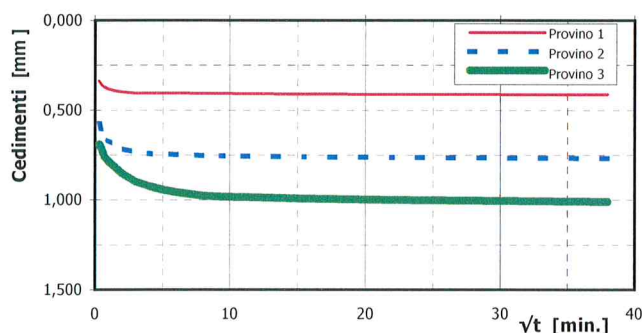
Provino		P1	P2	P3	
Lato	L	60,0	60,0	60,0	[mm]
Altezza	H <sub>0</sub>	20,0	20,0	20,0	[mm]
Area	A	3600	3600	3600	[mm <sup>2</sup> ]
Contenuto in acqua	w	19,9	19,7	19,8	%
Massa volumica	ρ	2,04	2,03	2,04	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Massa volumica secca	ρ <sub>d</sub>	1,70	1,69	1,70	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Indice dei vuoti	e <sub>0</sub>	0,589	0,596	0,588	-
Grado di saturazione	S <sub>ro</sub>	91	89	91	%

Massa volumica dei granuli: ρ<sub>s</sub> = 2,70 [Mg/m<sup>3</sup>]

Valore assunto

### MODALITA' DI PROVA

Scatola	Condizione
<input checked="" type="checkbox"/> quadrata <input type="checkbox"/> circolare	<input checked="" type="checkbox"/> sommersa <input type="checkbox"/> asciutta
Velocità di deformazione	0,003 mm/min.
Tensione normale provino n. 1	98,1 [kPa]
Tensione normale provino n. 2	196,1 [kPa]
Tensione normale provino n. 3	294,2 [kPa]



Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi





**technogeo s.r.l**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Rapporto di prova N. 141 /4 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 130/GT del 13/09/18

### Calcoli della fase di taglio

Provino n. 1						Provino n. 2						Provino n. 3					
$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$
[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]
0,000	0,00	0,0				0,000	0,00	0,0				0,000	0,00	0,0			
-0,006	0,08	20,0				-0,002	0,09	34,4				0,000	0,14	46,9			
-0,014	0,17	30,8				-0,012	0,17	53,3				-0,016	0,26	71,1			
-0,020	0,29	40,8				-0,030	0,28	69,2				-0,036	0,37	87,8			
-0,026	0,40	48,9				-0,037	0,39	80,6				-0,046	0,48	101,4			
-0,025	0,51	55,0				-0,046	0,50	89,2				-0,071	0,60	112,8			
-0,025	0,62	60,8				-0,058	0,61	95,8				-0,082	0,70	122,5			
-0,025	0,74	65,6				-0,064	0,72	102,2				-0,089	0,80	132,2			
-0,025	0,85	68,6				-0,070	0,84	106,7				-0,095	0,92	139,4			
-0,025	0,98	70,0				-0,076	0,97	110,0				-0,102	1,04	145,0			
-0,025	1,11	69,2				-0,086	1,09	113,1				-0,110	1,16	148,9			
-0,025	1,23	68,6				-0,085	1,22	114,7				-0,113	1,30	151,9			
-0,025	1,35	68,3				-0,088	1,34	115,8				-0,118	1,45	153,3			
-0,024	1,48	68,1				-0,087	1,46	116,1				-0,129	1,59	155,3			
-0,025	1,60	67,8				-0,087	1,59	116,1				-0,128	1,73	156,7			
-0,026	1,73	67,5				-0,088	1,71	116,1				-0,134	1,86	157,8			
-0,027	1,86	66,9				-0,090	1,84	116,4				-0,138	1,99	158,6			
-0,028	1,99	66,7				-0,091	1,96	116,4				-0,139	2,11	159,2			
-0,031	2,11	66,4				-0,091	2,09	116,1				-0,142	2,24	159,4			
-0,033	2,24	66,1				-0,092	2,21	116,4				-0,143	2,37	160,3			
-0,033	2,36	65,8				-0,094	2,33	116,1				-0,145	2,50	161,1			
-0,032	2,48	65,8				-0,096	2,45	116,1				-0,147	2,63	161,7			
-0,032	2,60	65,6				-0,097	2,56	115,6				-0,149	2,76	161,4			
-0,031	2,71	65,0				-0,098	2,68	115,6				-0,150	2,89	161,4			
-0,033	2,83	65,0				-0,099	2,80	115,6				-0,150	3,02	161,4			
-0,032	2,96	64,7				-0,100	2,93	115,3				-0,151	3,15	161,4			
-0,032	3,08	64,4				-0,103	3,05	115,0				-0,155	3,28	161,4			
-0,032	3,21	63,9				-0,106	3,18	115,0				-0,162	3,41	161,1			
-0,031	3,34	63,6				-0,108	3,31	114,7				-0,163	3,54	161,1			
-0,030	3,47	63,6				-0,108	3,43	114,4				-0,165	3,67	160,8			
-0,031	3,59	63,3				-0,108	3,55	114,2				-0,169	3,80	160,8			
-0,031	3,72	63,3				-0,109	3,68	114,2				-0,169	3,93	160,6			
-0,030	3,85	63,3				-0,109	3,81	113,6				-0,172	4,06	160,3			
-0,031	3,98	63,1				-0,108	3,94	113,3				-0,172	4,19	160,6			
						-0,109	4,06	113,1				-0,174	4,32	160,0			
						-0,109	4,19	113,1				-0,175	4,43	159,4			
												-0,177	4,54	159,7			
												-0,177	4,65	160,0			
												-0,179	4,76	160,3			
												-0,178	4,88	160,3			
												-0,177	4,99	160,0			
												-0,179	5,11	159,7			
												-0,179	5,22	159,4			
												-0,178	5,34	159,4			
												-0,178	5,45	159,4			

Note:

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**  
 Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**  
 Località prelievo campioni: **ATRI**  
 Sondaggio n.: **1**  
 Campione n.: **1**  
 Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

Data di prelievo: **31/08/18**  
 Profondità di prelievo: da m **7,50** a m **7,90**

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (Valori di picco) (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Attrezzature utilizzate:	Modello	Matricola
Macchina digitale per prove di taglio diretto Tecnotest	T 665/010	N. 98015

Posizione provini nel camp.: Provini prelevati in asse al campione a cm 5 dall'estremità superiore

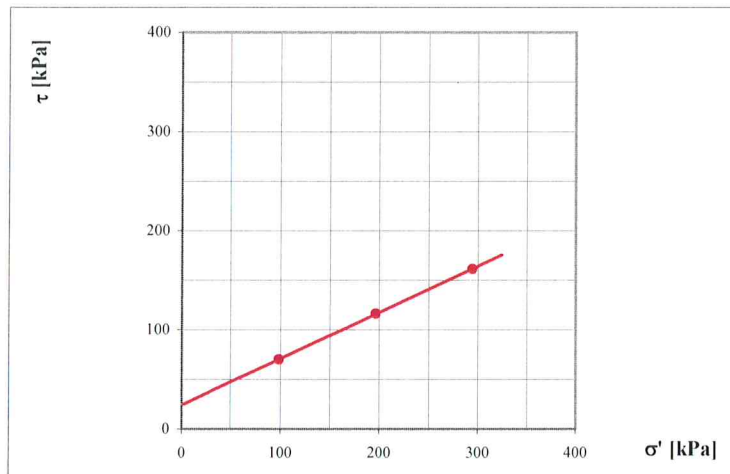
Metodo di preparaz. provini: Fustellamento verticale da campione indisturbato

Data della prova da: 20/09/18 a: 28/09/18

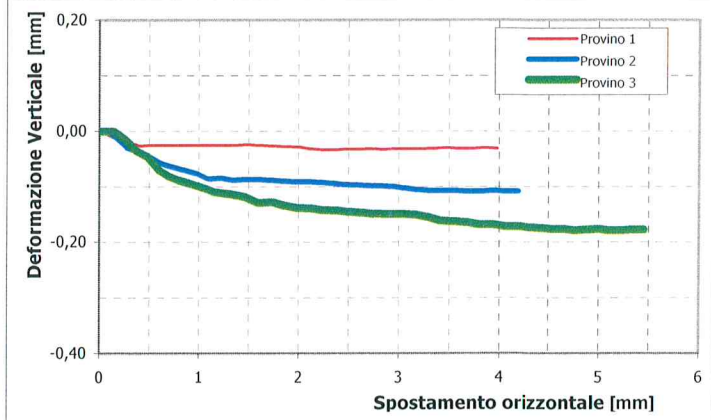
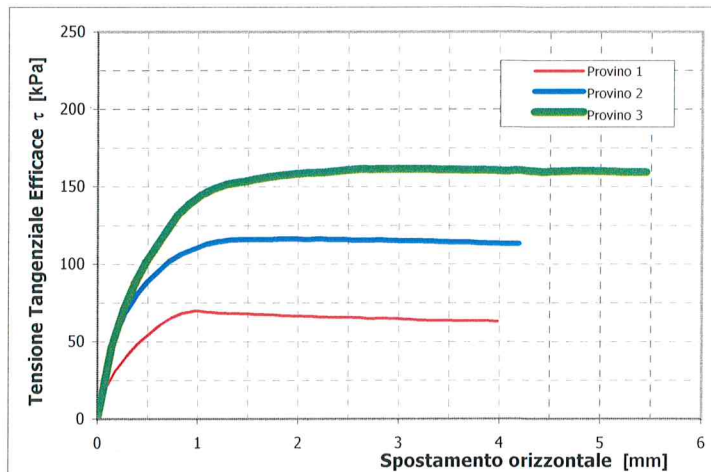
CARATTERISTICHE INIZIALI					
Provino		1	2	3	
Lato	L	60,0	60,0	60,0	[mm]
Altezza	H <sub>0</sub>	20,0	20,0	20,0	[mm]
Area	A	3600	3600	3600	[mm <sup>2</sup> ]
Contenuto in acqua	w	19,9	19,7	19,8	%
Massa volumica	ρ	2,04	2,03	2,04	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Massa volumica secca	ρ <sub>d</sub>	1,70	1,69	1,70	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Indice dei vuoti	e <sub>0</sub>	0,589	0,596	0,588	-
Grado di saturazione	S <sub>ro</sub>	91	89	91	%

Massa volumica dei granuli: ρ<sub>s</sub> = 2,70 [Mg/m<sup>3</sup>]  
 Valore assunto

MODALITA' DI PROVA		
Scatola	Condizione	
<input checked="" type="checkbox"/> quadrata	<input type="checkbox"/> circolare	<input checked="" type="checkbox"/> sommersa <input type="checkbox"/> asciutta
Velocità di deformazione	0,003	mm/min.
Tensione normale provino n. 1	98,1	[kPa]
Tensione normale provino n. 2	196,1	[kPa]
Tensione normale prpvino n. 3	294,2	[kPa]



$\phi' = 25,05$  gradi  
 $c' = 24,35$  kPa



Osservazioni: -



**Dati dichiarati nella richiesta di prove:**

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**  
Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**  
Località prelievo campioni: **ATRI**

Sondaggio n.: **1**  
Campione n.: **2**

Data di prelievo: **31/08/18**  
Profondità di prelievo: da m **10,70** a m **11,00**

## SCHEDA CAMPIONE

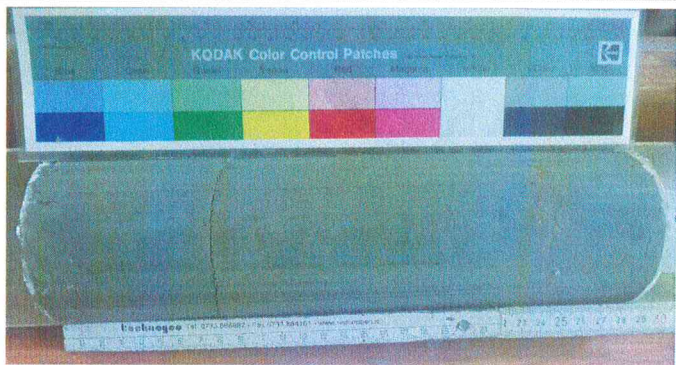
Tipo di perforazione (dichiarata):	<b>Carotaggio continuo</b>
Lunghezza contenitore [mm]:	<b>630</b>
Diametro esterno contenitore [mm]:	<b>90</b>
Data di apertura del campione:	<b>17/09/18</b>
Impresa esecutrice:	<b>n.d.</b>
Classe di Qualità:	<b>1</b>
Lunghezza del campione [mm]:	<b>285</b>
Diametro del campione [mm]:	<b>86</b>

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE			
Contenuto in acqua	$W_n$	%	<b>17,90</b>
Massa volumica granuli solidi	$\rho_s$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	-
Massa volumica naturale	$\rho_n$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>2,13</b>
Massa volumica secca	$\rho_{dry}$	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>1,81</b>
Indice dei vuoti	$e$		-
Porosità	$n$		-
Grado di saturazione	$S$	%	-

**Prove eseguite**

- 1) Apertura campione indisturbato
- 2) Descrizione ed identificazione campione
- 3) Contenuto acqua
- 4) Massa volumica (misure lineari)
- 5) Limiti di Atterberg (Casagrande)
- 6) Taglio diretto
- 7) Taglio residuo
- 8)
- 9)
- 10)
- 11)

- 12)
- 13)
- 14)
- 15)
- 16)
- 17)
- 18)
- 19)
- 20)
- 21)
- 22)

SCHEMATIZZAZIONE DEL CAMPIONE	LUNGHEZZA [cm]	POKET PEN. [kPa]	VANE TEST [kPa]	POSIZIONE PROVINI	DESCRIZIONE
	0 ALTO 10 20 30 40 50 60 70 BASSO			$W_n$ Limiti TD1 $\rho$ TD2 TD3	Argille limose grigio scuro verdastre ( GLEY 1 4/10Y ), consistenti con numerosi microlivelli sabbiosi ocrei.
					

Note:

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. *Ermanno Librandi*



**technogeo S.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 142 /1 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 131/GT del 13/09/18

### ***Dati dichiarati nella richiesta di prove:***

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**  
Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**  
Località prelievo campioni: **ATRI**

Sondaggio n.: **1** Data di prelievo: **31/08/18**  
Campione n.: **2** Profondità di prelievo: da m **10,70** a m **11,00**  
Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

## **DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN ACQUA** (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

Data della prova da: 17/09/18 a: 18/09/18

<b>m<sub>1</sub></b>	Massa campione umido	[g]	276,55
<b>m<sub>2</sub></b>	Massa campione secco	[g]	234,60
<b>w</b>	<b>Contenuto in acqua</b>	<b>%</b>	<b>17,9</b>

Note:

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi



**technogeo s.r.l**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Decreto di concessione, n. 8084 del 10/09/10, per il rilascio dei certificati relativi alle prove geotecniche sui terreni (settore a), ai sensi dell'art. 8 D.P.R. 246.

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 142 / 2 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 131/GT del 13/09/18

### ***Dati dichiarati nella richiesta di prove:***

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**

Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**

Località prelievo campioni: **ATRI**

Sondaggio n.: **1**

Data di prelievo: **31/08/18**

Campione n.: **2**

Profondità di prelievo: da m **10,70** a m **11,00**

Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

## **MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE (UNI CEN ISO/TS 17892-2) (Metodo delle misure lineari)**

Data della prova da: 26/09/18 a: 27/09/18

$m$	Massa del provino in condizioni di umidità naturale	[g]	153,59
$V$	Volume della fustella	[cm <sup>3</sup> ]	72,00
$w_n$	Contenuto in acqua del provino (UNI CEN ISO-ST 17892-1)	%	17,9
$\rho$	<b>Massa volumica in condizioni di umidità naturale</b>	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>2,13</b>
$\rho_d$	<b>Massa volumica essiccata</b>	[Mg/m <sup>3</sup> ]	<b>1,81</b>

Note:

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi





**technogeo s.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 142 /3 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 131/GT del 13/09/18

### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**

Progetto/Opera: **ATRI**

Località prelievo campioni: **ATRI**

Sondaggio n.: **1**

Data di prelievo: **31/08/18**

Campione n.: **2**

Profondità di prelievo: da m **10,70** a m **11,00**

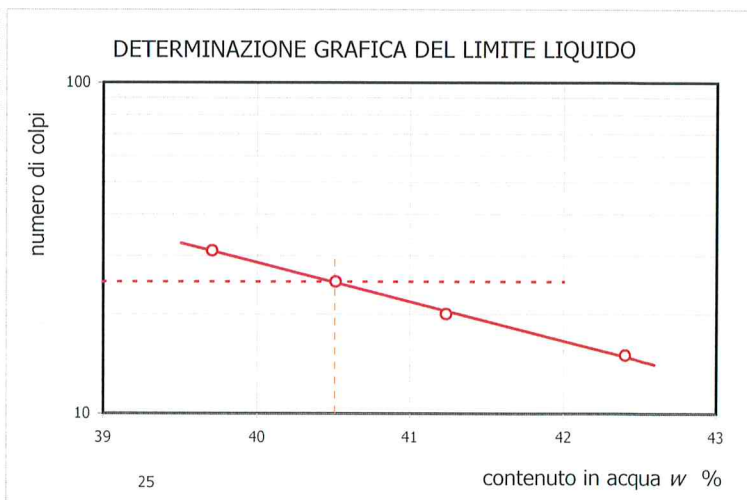
Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

## DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA METODO CASAGRANDE (ASTM D4318-05)

Data della prova da: 25/09/18 a: 26/09/18

	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
Determinazione n.	1	2	3	4	1	2
Numero dei colpi	-	31	25	20	-	-
Massa del provino umido [g]	29,59	30,59	31,34	29,89	5,58	3,97
Massa del provino asciutto [g]	21,18	21,77	22,19	20,99	4,70	3,34
Contenuto in acqua w %	39,7	40,5	41,2	42,4	18,7	18,9

<b>LIMITE LIQUIDO WL</b>	%	<b>41</b>
<b>LIMITE PLASTICO WP</b>	%	<b>19</b>
<b>INDICE PLASTICO IP</b>	%	<b>22</b>



Note: -

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. *Ermanno Librandi*



**technogeo s.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 142 /4 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 131/GT del 13/09/18

### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**  
 Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**  
 Località prel. camp.: **ATRI**  
 Sondaggio n.: **1**  
 Campione n.: **2**  
 Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

Data di prelievo: **31/08/18**

Profondità di prelievo: da m **10,70** a m **11,00**

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (Valori di picco) (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

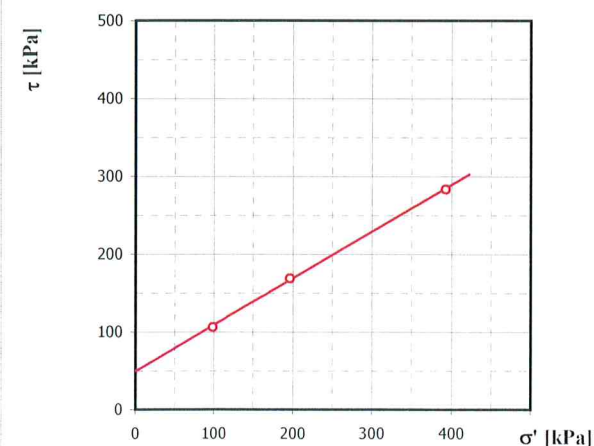
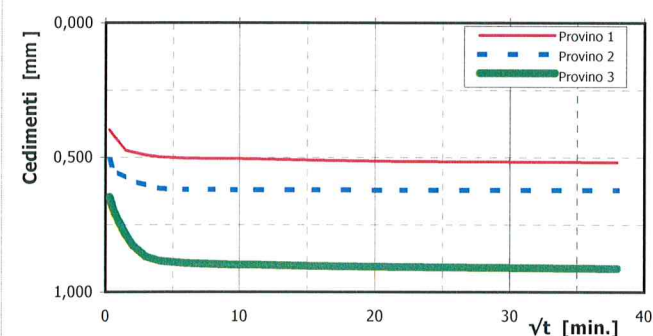
Attrezzature utilizzate:	Modello	Matricola
Macchina digitale per prove di taglio diretto Tecnotest	<b>T 665/010</b>	<b>N. 2001/6</b>

Data della prova da: 17/09/18  
a: 03/10/18

Posizione provini nel campione: Provini prelevati in asse al campione a partire 6 cm dall'estremità superiore  
 Metodo di preparazione provini: Fustellamento verticale da campione indisturbato

### CARATTERISTICHE INIZIALI

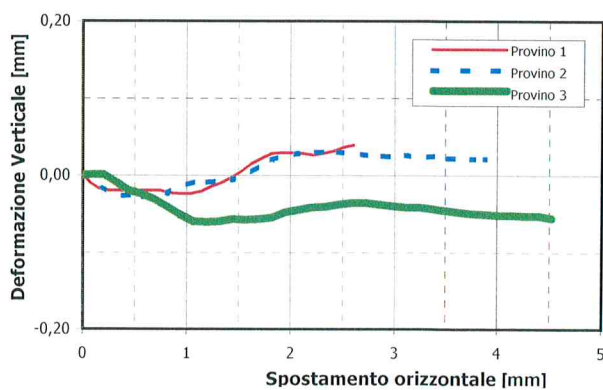
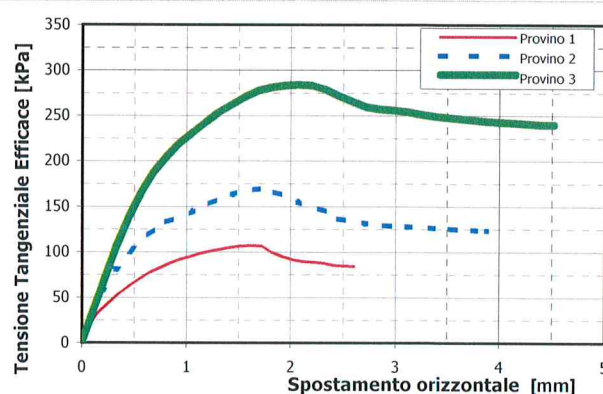
Provino	P1	P2	P3	
Lato	L	60,0	60,0	60,0 [mm]
Altezza	H <sub>0</sub>	20,0	20,0	20,0 [mm]
Area	A	3600	3600	3600 [mm <sup>2</sup> ]
Contenuto in acqua	w	18,4	17,7	18,0 %
Massa volumica	ρ	2,11	2,13	2,14 [Mg/m <sup>3</sup> ]
Massa volumica secca	ρ <sub>d</sub>	1,78	1,81	1,81 [Mg/m <sup>3</sup> ]
Indice dei vuoti	e <sub>0</sub>	0,546	0,518	0,519 -
Grado di saturazione	S <sub>ro</sub>	93	94	95 %



**Massa volumica dei granuli:** ρ<sub>s</sub> = 2,75 [Mg/m<sup>3</sup>]  
 Valore assunto

### MODALITA' DI PROVA

Scatola	Condizione
<input checked="" type="checkbox"/> quadrata <input type="checkbox"/> circolare	<input checked="" type="checkbox"/> sommersa <input type="checkbox"/> asciutta
Velocità di deformazione	0,003 mm/min.
Tensione normale provino n. 1	98,1 [kPa]
Tensione normale provino n. 2	196,1 [kPa]
Tensione normale provino n. 3	392,3 [kPa]



Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi





**technogeo s.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 142 /4 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 131/GT del 13/09/18

### Calcoli della fase di taglio

Provino n. 1						Provino n. 2						Provino n. 3					
$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$	$\Delta_H$	$\Delta_X$	$\tau$
[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]
0,000	0,00	0,0				0,000	0,00	0,0				0,000	0,00	0,0			
-0,010	0,07	16,9				-0,001	0,09	28,6				0,001	0,09	27,8			
-0,017	0,15	31,7				-0,016	0,20	58,3				0,001	0,20	63,3			
-0,020	0,25	43,1				-0,027	0,32	80,8				-0,009	0,32	103,1			
-0,020	0,35	53,1				-0,026	0,44	98,6				-0,020	0,44	135,6			
-0,021	0,46	62,5				-0,028	0,56	113,1				-0,024	0,56	163,6			
-0,020	0,55	70,0				-0,029	0,68	124,2				-0,031	0,68	186,4			
-0,020	0,65	76,9				-0,023	0,81	132,8				-0,041	0,81	204,7			
-0,020	0,75	81,9				-0,014	0,93	138,1				-0,051	0,93	219,4			
-0,023	0,84	87,2				-0,009	1,06	144,4				-0,060	1,06	231,7			
-0,024	0,94	91,4				-0,009	1,19	151,7				-0,061	1,19	243,1			
-0,024	1,04	94,7				-0,008	1,31	157,8				-0,060	1,31	253,6			
-0,021	1,14	98,1				-0,006	1,44	163,1				-0,057	1,44	262,5			
-0,015	1,24	100,6				-0,001	1,56	167,2				-0,058	1,56	270,3			
-0,010	1,33	102,8				0,012	1,69	169,2				-0,057	1,69	277,2			
-0,003	1,43	104,7				0,020	1,82	166,4				-0,055	1,82	280,8			
0,005	1,53	106,1				0,026	1,95	161,7				-0,048	1,95	283,1			
0,015	1,63	106,7				0,028	2,07	154,7				-0,045	2,07	283,6			
0,022	1,73	106,1				0,030	2,20	149,4				-0,042	2,20	282,8			
0,028	1,82	99,2				0,030	2,33	144,2				-0,041	2,33	278,3			
0,029	1,92	94,7				0,030	2,46	136,4				-0,038	2,46	271,4			
0,029	2,02	91,1				0,029	2,59	133,3				-0,036	2,59	265,0			
0,028	2,12	89,2				0,026	2,72	131,1				-0,036	2,72	259,2			
0,026	2,22	88,3				0,025	2,85	129,2				-0,038	2,85	256,7			
0,028	2,31	87,2				0,024	2,98	128,3				-0,040	2,98	255,6			
0,031	2,41	85,0				0,026	3,11	127,8				-0,042	3,11	253,9			
0,036	2,51	84,2				0,023	3,24	126,9				-0,042	3,24	251,1			
0,039	2,61	83,9				0,025	3,37	126,1				-0,044	3,37	249,2			
						0,022	3,50	125,3				-0,046	3,50	247,5			
						0,022	3,62	124,7				-0,048	3,62	246,1			
						0,021	3,75	123,9				-0,050	3,75	244,7			
						0,021	3,88	123,3				-0,051	3,88	243,3			
												-0,052	4,01	242,5			
												-0,052	4,14	241,7			
												-0,053	4,26	240,6			
												-0,053	4,39	239,7			
												-0,056	4,52	239,7			

Note:

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Pagina 2 di 2

Il presente Documento si compone di pagine: 2

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi

[MOD. MG 08/03/02 r.0]



Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**  
 Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**  
 Località prelievo campioni: **ATRI**  
 Sondaggio n.: **1**  
 Campione n.: **2**  
 Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

Data di prelievo: **31/08/18**  
 Profondità di prelievo: da m **10,70** a m **11,00**

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO (Valori di picco)**  
 (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

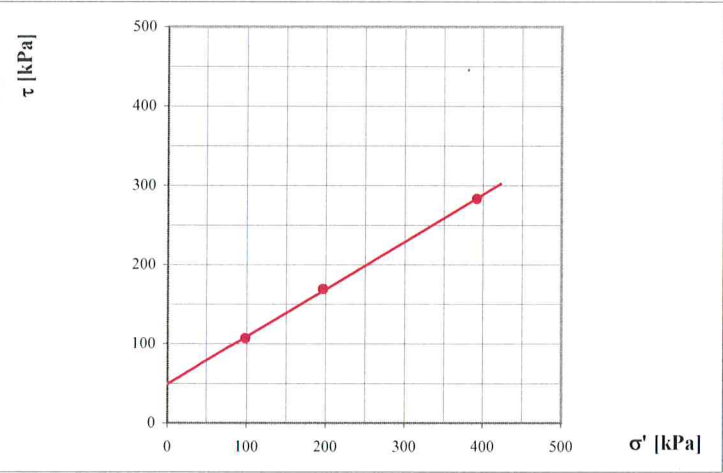
<b>Attrezzature utilizzate:</b>	<b>Modello</b>	<b>Matricola</b>
Macchina digitale per prove di taglio diretto Tecnotest	T 665/010	N. 98015

Posizione provini nel camp.: Provini prelevati in asse al campione a cm 6 dall'estremità superiore  
 Metodo di preparaz. provini: Fustellamento verticale da campione indisturbato  
 Data della prova da: 17/09/18 a: 03/10/18

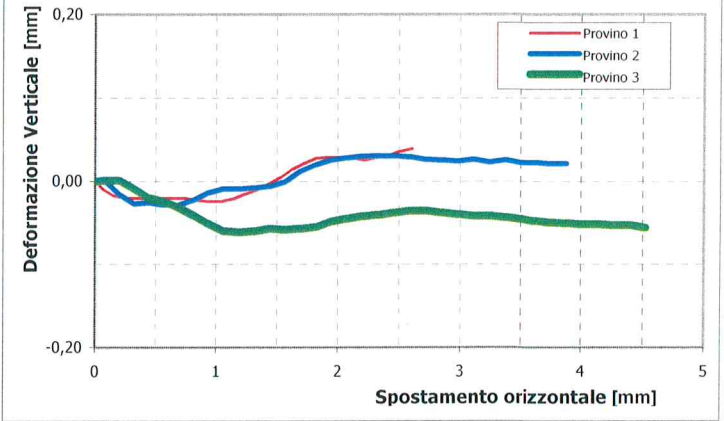
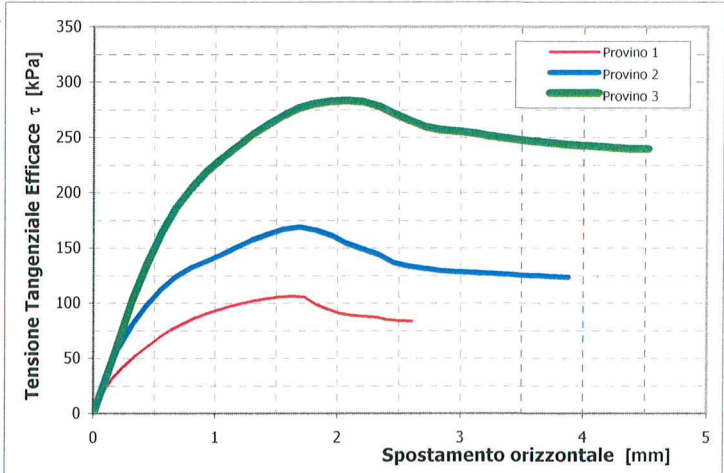
CARATTERISTICHE INIZIALI					
Provino		1	2	3	
Lato	L	60,0	60,0	60,0	[mm]
Altezza	H <sub>0</sub>	20,0	20,0	20,0	[mm]
Area	A	3600	3600	3600	[mm <sup>2</sup> ]
Contenuto in acqua	w	18,4	17,7	18,0	%
Massa volumica	ρ	2,11	2,13	2,14	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Massa volumica secca	ρ <sub>d</sub>	1,78	1,81	1,81	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Indice dei vuoti	e <sub>0</sub>	0,546	0,518	0,519	-
Grado di saturazione	S <sub>r0</sub>	93	94	95	%

<b>Massa volumica dei granuli:</b>	ρ <sub>s</sub> = 2,75	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Valore assunto		

MODALITA' DI PROVA			
Scatola		Condizione	
<input checked="" type="checkbox"/> quadrata	<input type="checkbox"/> circolare	<input checked="" type="checkbox"/> sommersa	<input type="checkbox"/> asciutta
Velocità di deformazione		0,003	mm/min.
Tensione normale provino n. 1		98,1	[kPa]
Tensione normale provino n. 2		196,1	[kPa]
Tensione normale prpvino n. 3		392,3	[kPa]



φ' =	30,92	gradi
c' =	49,44	kPa



Osservazioni: -



**technogeo s.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 142 /5 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 131/GT del 13/09/18

### Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**  
 Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**  
 Località prel. camp.: **ATRI**  
 Sondaggio n.: **1**  
 Campione n.: **2**  
 Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

Data di prelievo: **31/08/18**  
 Profondità di prelievo: da m **10,70** a m **11,00**

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (Residuo) (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Attrezzature utilizzate:	Modello	Matricola
Macchina digitale per prove di taglio diretto	<b>T 665/010</b>	<b>N. 98015</b>

Data della prova da: 17/09/18 a: 03/10/18

Posizione provini nel campione: Provino prelevato in asse al campione a 6 cm dall'estremità superiore

Metodo di preparazione provini: Fustellamento verticale da campione indisturbato

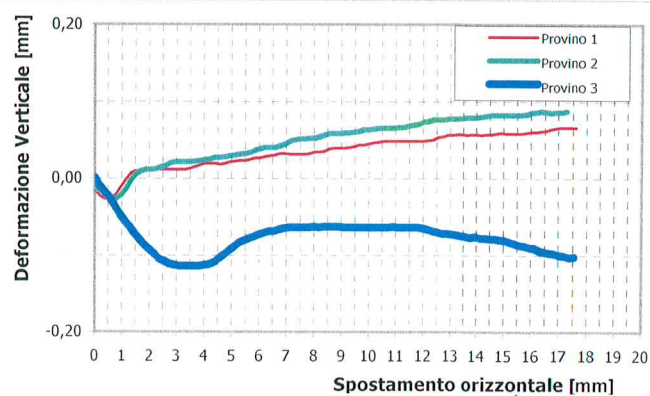
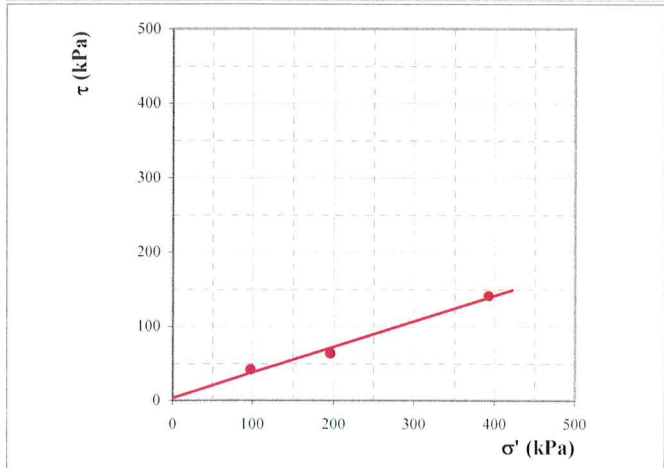
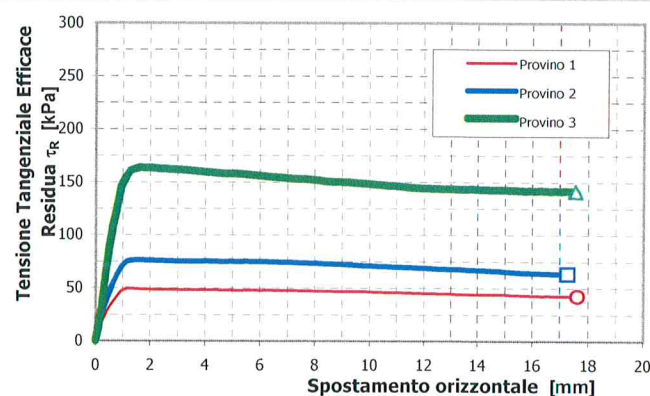
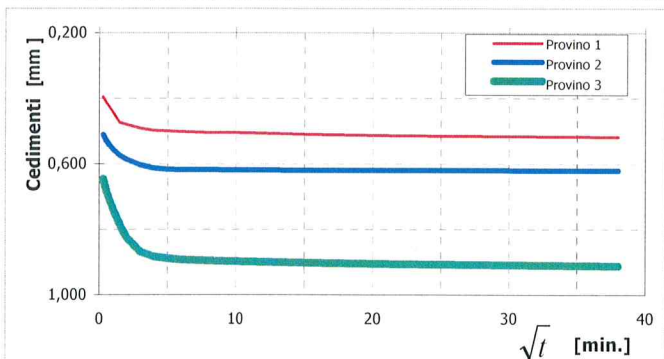
### CARATTERISTICHE INIZIALE

Provino n.		P1	P2	P3	
Lato	(L)	60,0	60,0	60,0	[mm]
Altezza ( $H_0$ )	$H_0$	20,0	20,0	20,0	[mm]
Area (A)	A	3600	3600	3600	[mm <sup>2</sup> ]
Contenuto in acqua	w	18,4	17,7	18,0	%
Massa volumica	$\rho$	2,11	2,13	2,14	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Massa volumica secca	$\rho_d$	1,78	1,81	1,81	[Mg/m <sup>3</sup> ]
Indice dei vuoti	$e_0$	0,546	0,518	0,519	-
Grado di saturazione	$S_{ro}$	93	94	95	%

**Massa volumica dei granuli:**  $\rho_s = 2,75$  [Mg/m<sup>3</sup>]  
 Valore assunto

### MODALITA' DI PROVA

Scatola	Condizione
<input checked="" type="checkbox"/> quadrata <input type="checkbox"/> circolare	<input type="checkbox"/> asciutta <input checked="" type="checkbox"/> sommersa
Velocità di deformazione	0,003 [mm/min.]
Tensione normale provino n. 1	98,1 [kPa]
Tensione normale provino n. 2	196,1 [kPa]
Tensione normale provino n. 3	392,3 [kPa]



Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi





**technogeo S.r.l.**

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421 (n.2 linee r.a.)

Fax 0733 864161

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

## LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione n. 8084 del 10/09/10, per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

Web: [www.technogeo.it](http://www.technogeo.it) - e-mail: [laboratorio@technogeo.it](mailto:laboratorio@technogeo.it)

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

**Certificato N. 142 /5 del 08/10/18**

Verbale d'accettazione N. 131/GT del 13/09/18

### CALCOLI DELLA FASE DI TAGLIO

Provino n. 1						Provino n. 2						Provino n. 3					
$\Delta H$	$\Delta X$	$\tau_R$	$\Delta H$	$\Delta X$	$\tau_R$	$\Delta H$	$\Delta X$	$\tau_R$	$\Delta H$	$\Delta X$	$\tau_R$	$\Delta H$	$\Delta X$	$\tau_R$	$\Delta H$	$\Delta X$	$\tau_R$
[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]	[mm]	[mm]	[kPa]
0,000	0,00	0,0	0,039	8,94	46,4	0,000	0,00	0,0	0,058	8,94	72,2	0,000	0,00	0,0	-0,063	8,72	150,0
-0,016	0,04	6,4	0,039	9,12	46,4	-0,012	0,04	10,8	0,059	9,12	71,9	-0,008	0,12	13,6	-0,063	8,91	150,0
-0,024	0,22	17,5	0,040	9,29	46,4	-0,017	0,22	24,7	0,059	9,29	71,7	-0,013	0,25	35,0	-0,064	9,08	149,4
-0,027	0,41	26,7	0,041	9,47	46,4	-0,023	0,41	37,8	0,060	9,48	71,4	-0,018	0,36	60,0	-0,064	9,26	149,4
-0,027	0,59	34,4	0,043	9,65	46,4	-0,025	0,59	50,8	0,061	9,66	71,1	-0,023	0,49	84,2	-0,064	9,44	148,9
-0,021	0,79	41,7	0,043	9,83	46,4	-0,027	0,78	61,7	0,063	9,83	70,8	-0,030	0,63	105,6	-0,064	9,62	148,6
-0,012	0,97	46,9	0,045	10,02	46,1	-0,022	0,97	69,7	0,063	10,02	70,8	-0,039	0,78	123,6	-0,064	9,81	148,3
-0,002	1,16	49,2	0,046	10,20	45,8	-0,014	1,15	74,7	0,064	10,20	70,6	-0,048	0,94	145,0	-0,064	9,99	148,1
0,006	1,33	49,2	0,047	10,38	45,8	-0,003	1,33	75,8	0,065	10,38	70,3	-0,057	1,12	153,9	-0,064	10,17	147,5
0,009	1,52	48,9	0,048	10,56	45,6	0,005	1,52	76,1	0,065	10,57	70,0	-0,064	1,29	160,3	-0,064	10,35	147,2
0,010	1,70	48,6	0,048	10,74	45,6	0,009	1,70	76,1	0,065	10,75	69,7	-0,072	1,46	162,2	-0,064	10,53	146,9
0,011	1,88	48,6	0,048	10,92	45,6	0,011	1,88	75,8	0,065	10,93	69,4	-0,080	1,64	163,3	-0,064	10,71	146,4
0,011	2,05	48,3	0,048	11,10	45,6	0,011	2,05	75,8	0,066	11,11	69,4	-0,087	1,82	163,1	-0,063	10,89	146,1
0,011	2,23	48,3	0,048	11,28	45,3	0,012	2,23	75,6	0,066	11,29	69,2	-0,093	2,00	163,1	-0,064	11,07	145,8
0,011	2,41	48,3	0,048	11,46	45,3	0,014	2,41	75,6	0,068	11,47	69,2	-0,099	2,19	162,8	-0,064	11,25	145,3
0,011	2,60	48,3	0,048	11,65	45,0	0,016	2,60	75,3	0,069	11,65	68,9	-0,105	2,36	162,2	-0,064	11,43	144,7
0,011	2,78	48,3	0,048	11,83	45,0	0,020	2,78	75,3	0,070	11,83	68,6	-0,108	2,54	162,2	-0,064	11,61	144,4
0,011	2,96	48,3	0,048	12,01	44,7	0,021	2,96	75,0	0,073	12,02	68,6	-0,111	2,72	161,7	-0,064	11,79	144,2
0,011	3,14	48,1	0,049	12,19	44,7	0,021	3,14	75,0	0,074	12,20	68,3	-0,113	2,91	161,7	-0,065	11,98	143,9
0,011	3,32	48,1	0,050	12,37	44,7	0,021	3,32	75,0	0,076	12,38	68,1	-0,114	3,09	161,1	-0,067	12,16	143,9
0,013	3,50	48,1	0,053	12,55	44,4	0,021	3,50	75,0	0,076	12,56	67,8	-0,114	3,27	160,8	-0,069	12,31	143,6
0,015	3,68	48,1	0,054	12,73	44,4	0,022	3,68	75,0	0,076	12,74	67,8	-0,114	3,46	160,6	-0,070	12,50	143,6
0,017	3,86	48,1	0,056	12,91	44,4	0,023	3,86	75,0	0,077	12,92	67,5	-0,114	3,64	160,0	-0,072	12,68	143,3
0,019	4,04	48,1	0,056	13,09	44,2	0,024	4,04	75,3	0,077	13,10	67,5	-0,114	3,82	159,7	-0,072	12,86	143,3
0,019	4,22	48,1	0,057	13,27	43,9	0,025	4,22	75,0	0,077	13,28	67,5	-0,113	4,00	159,2	-0,073	13,04	143,3
0,019	4,40	48,1	0,057	13,46	43,9	0,027	4,41	75,0	0,078	13,46	67,2	-0,112	4,18	158,9	-0,074	13,22	143,1
0,018	4,58	47,8	0,056	13,64	43,9	0,027	4,59	74,7	0,079	13,65	66,9	-0,109	4,36	158,6	-0,075	13,40	143,1
0,019	4,76	47,8	0,057	13,82	43,9	0,028	4,77	74,7	0,079	13,83	66,9	-0,104	4,54	158,1	-0,076	13,58	143,1
0,021	4,95	47,8	0,057	14,00	43,6	0,029	4,95	75,0	0,079	14,01	66,7	-0,099	4,72	157,8	-0,077	13,76	143,3
0,022	5,12	47,5	0,056	14,18	43,6	0,030	5,12	74,7	0,080	14,19	66,4	-0,094	4,90	157,8	-0,076	13,94	143,1
0,023	5,30	47,5	0,057	14,36	43,6	0,031	5,30	74,7	0,081	14,37	66,1	-0,089	5,08	157,5	-0,078	14,12	142,8
0,023	5,48	47,8	0,057	14,54	43,6	0,032	5,48	75,0	0,082	14,55	65,8	-0,084	5,26	157,2	-0,078	14,30	142,8
0,024	5,66	47,8	0,058	14,72	43,6	0,033	5,67	74,7	0,082	14,73	65,8	-0,081	5,45	156,9	-0,079	14,48	142,5
0,026	5,84	47,8	0,059	14,90	43,6	0,036	5,85	74,7	0,082	14,91	65,3	-0,078	5,63	156,4	-0,079	14,66	142,5
0,026	6,02	47,5	0,058	15,09	43,3	0,038	6,03	74,7	0,082	15,10	65,0	-0,076	5,81	156,1	-0,080	14,84	142,2
0,028	6,20	47,8	0,058	15,27	43,1	0,040	6,21	74,7	0,082	15,28	64,7	-0,073	5,99	155,6	-0,081	15,02	142,2
0,029	6,39	47,8	0,058	15,45	43,1	0,040	6,39	74,4	0,082	15,46	64,4	-0,071	6,17	155,3	-0,083	15,20	141,9
0,030	6,57	47,5	0,058	15,63	42,8	0,040	6,58	74,4	0,082	15,64	64,2	-0,069	6,35	154,7	-0,085	15,38	141,9
0,032	6,75	47,5	0,059	15,81	42,8	0,042	6,76	74,2	0,083	15,82	64,2	-0,069	6,53	154,4	-0,087	15,56	141,7
0,032	6,94	47,5	0,060	15,99	42,5	0,044	6,94	74,2	0,085	16,00	63,9	-0,067	6,71	154,2	-0,088	15,74	141,4
0,031	7,12	47,2	0,060	16,17	42,5	0,048	7,12	73,9	0,086	16,18	63,9	-0,065	6,89	153,9	-0,090	15,92	141,7
0,031	7,30	47,2	0,061	16,35	42,2	0,050	7,31	73,6	0,087	16,36	63,6	-0,064	7,08	153,1	-0,091	16,10	141,4
0,031	7,48	46,9	0,062	16,53	42,5	0,051	7,49	73,3	0,086	16,54	63,6	-0,064	7,25	152,8	-0,094	16,28	141,7
0,031	7,67	46,9	0,064	16,71	42,2	0,051	7,67	73,3	0,085	16,73	63,3	-0,064	7,44	152,5	-0,096	16,46	141,4
0,032	7,85	46,9	0,065	16,90	42,2	0,052	7,85	73,1	0,086	16,91	63,3	-0,064	7,62	152,5	-0,097	16,64	141,1
0,034	8,02	46,7	0,066	17,08	42,2	0,052	8,03	73,1	0,086	17,09	63,3	-0,064	7,81	152,2	-0,098	16,82	141,4
0,034	8,21	46,7	0,066	17,26	42,2	0,054	8,21	72,8	0,087	17,27	63,3	-0,063	7,99	151,7	-0,100	17,00	141,1
0,035	8,39	46,7	0,066	17,44	42,5	0,056	8,39	72,5				-0,064	8,18	151,4	-0,101	17,18	141,4
0,038	8,57	46,7	0,066	17,62	42,2	0,058	8,58	72,5				-0,063	8,36	150,6	-0,103	17,36	141,1
0,039	8,76	46,4				0,058	8,76	72,2				-0,063	8,54	150,3	-0,102	17,54	141,1

Note:

Lo sperimentatore  
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Ermanno Librandi

Committente: **MICROSONDA.GEO s.n.c.**  
 Progetto/Opera: **SONDAGGIO DISCARICA SANTA LUCIA**  
 Località prelievo campioni: **ATRI**  
 Sondaggio n.: **1** Data di prelievo: **31/08/18**  
 Campione n.: **2** Profondità di prelievo: da m **10,70** a m **11,00**  
 Tipo di contenitore: **Fustella metallica tipo Shelby**

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO (Residuo) (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

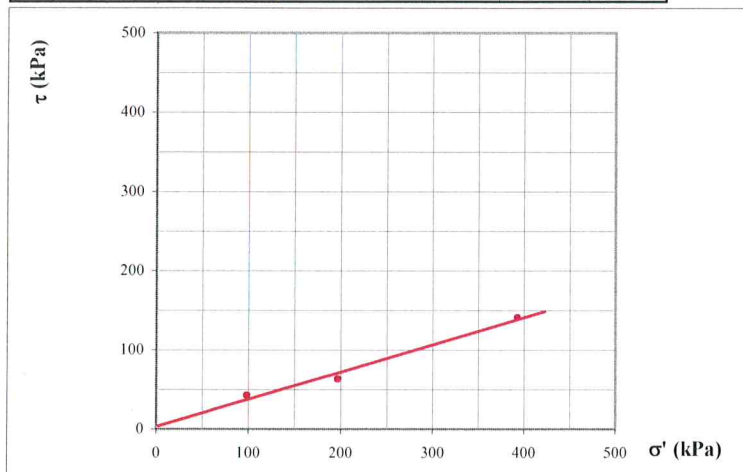
Attrezzature utilizzate	Modello	Matricola
Macchina digitale per prove di taglio diretto	T 665/010	N. 98015

Posizione provini nel camp.: Provino prelevato in asse al campione a 6 cm dall'estremità superiore  
 Metodo di preparaz. provini: Fustellamento verticale da campione indisturbato  
 Data della prova da: 17/09/18 a: 03/10/18

CARATTERISTICHE INIZIALE				
Provino n.		1	2	3
Lato (L)	[mm]	60,0	60,0	60,0
Altezza ( $H_0$ )	[mm]	20,0	20,0	20,0
Area (A)	[mm <sup>2</sup> ]	3600	3600	3600
Contenuto in acqua (w)	%	18,4	17,7	18,0
Massa volumica ( $\rho$ )	[Mg/m <sup>3</sup> ]	2,11	2,13	2,14
Massa volumica secca ( $\rho_d$ )	[Mg/m <sup>3</sup> ]	1,78	1,81	1,81
Indice dei vuoti ( $e_0$ )	-	0,546	0,518	0,519
Grado di saturazione ( $S_{R0}$ )	%	93	94	95

**Massa volumica dei granuli:**  $\rho_s = 2,75 \text{ Mg/m}^3$   
 Valore assunto

MODALITA' DI PROVA		
Scatola		Condizione
<input checked="" type="checkbox"/> quadrata	<input type="checkbox"/> circolare	<input checked="" type="checkbox"/> sommersa <input type="checkbox"/> asciutta
Velocità di deformazione	0,003	[mm/min.]
Tensione normale provino n. 1	98,1	[kPa]
Tensione normale provino n. 2	196,1	[kPa]
Tensione normale provino n. 3	392,3	[kPa]



$\phi'_R = 19,02$  gradi  
 $C'_R = 3,33$  kPa

