



# CITTÀ DI LUCCA

Settore Dipartimentale 5 - Opere Pubbliche

U.O. 5.5 - Strade - Progettazione e supporto geologico

**OGGETTO:**

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA, PROGETTAZIONE ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DI OPERE DI BONIFICA E MESSA IN SICUREZZA DI VERSANTI INTERESSATI DA MOVIMENTI FRANOSI  
INTERVENTO 1: MOVIMENTO FRANOSO VIA DI PIEVE S. STEFANO  
CIG B708C80567 - CUP J67H25000380004**

**UBICAZIONE:** Via di Pieve S. Stefano - (Lu)

TAVOLA:

DESCRIZIONE:

**G.00**

**Relazione geologica-geotecnica**

SCALA:

FILE:

DATA:

Luglio 2025

Il Tecnico incaricato:  
Dott. Ing. Paolo Del Debbio

Consulenza Geologica:  
Dott. Geol. Marco Palazzetti

Il RUP  
Dott. Geol. Alessandro Paoli

NOTE:  
**Rev. 2**

## **INDICE**

<b>PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>3</b>
<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>RIFERIMENTI NORMATIVI E VINCOLI</b>	<b>3</b>
<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>	<b>5</b>
<b>LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI</b>	<b>5</b>
MORFOLOGIA	5
GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	5
IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA	5
<b>CAMPAGNA GEOGNOSTICA</b>	<b>6</b>
RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO	7
PROVE PENETROMETRICHE DPSH	7
CARATTERIZZAZIONE SUBSTRATO ROCCIOSO - CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO (METODO R.M.R. – BIENIAWSKI, 1989)	9
PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE P E MASW	10
TOMOGRAFIA ELETTRICA 2D	10
GEOMETRIA DEL DISSESTO - SPESSORI COINVOLTI NEL MOVIMENTO	11
MODELLO GEOLOGICO	11
<b>RELAZIONE MODELLAZIONE SISMICA</b>	<b>13</b>
<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA</b>	<b>13</b>
CLASSIFICAZIONE SISMICA	13
DETERMINAZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	13
PARAMETRI SISMICI	13
VALUTAZIONE SU EVENTUALI EFFETTI CONNESSI AL SISMA	15
<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<b>16</b>
<b>MODELLO GEOTECNICO</b>	<b>16</b>
<b>INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO E DI MESSA IN SICUREZZA</b>	<b>16</b>
<b>VERIFICHE DI STABILITA' DEL VERSANTE</b>	<b>17</b>
<b>VALUTAZIONI GEOLOGICO-AMBIENTALI</b>	<b>19</b>
<b>ASPETTI RELATIVI AL DISPOSTO DEGLI ARTT. 74 E 75 - DPGR 48/R/2003</b>	<b>19</b>
<b>GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO</b>	<b>20</b>

**ALLEGATI NEL TESTO**

N. ALL.	TITOLO
<b>ALL. 1</b>	Estratti da P.O., P.G.R.A. e P.A.I. Autorità di Bacino distrettuale Appennino Settentrionale, Regione Toscana - Reticolo idraulico e di gestione, SITA Regione Toscana – perimetrazione aree soggette a Vincolo idrogeologico e aree boscate
<b>ALL. 2</b>	Prove penetrometriche DPSH
<b>ALL. 3</b>	Classificazione dell'ammasso roccioso
<b>ALL. 4</b>	Indagini sismiche Onde P – MASW – Sismica passiva HVSR
<b>ALL. 5</b>	Tomografia geoelettrica 2D
<b>ALL. 6</b>	Verifiche di stabilità del versante

**TAVOLE FUORI TESTO**

N. TAV.	TITOLO	Scala
<b>TAV. G01</b>	Corografia Carta geologica Rilievo stato attuale	1:10.000 1:5.000 1:400
<b>TAV. G02</b>	Sezioni geologiche-geotecniche stato attuale	1:200

---

## **PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI**

---

### **PREMESSA**

La presente relazione geologica-geotecnica riguarda un dissesto di versante occorso in loc. San Martino in Vignale (Comune di Lucca – LU) lungo Via della Pieve Santo Stefano nel settore compreso tra questa e la sottostante Via delle Foreste, a seguito dell'evento alluvionale dei giorni 17-18 Aprile 2025.

Il dissesto ha totalmente compromesso la viabilità, asportando oltre metà della sede stradale. Eventuali probabili evoluzioni porterebbero ad ulteriore aggravamento della situazione con estensione della frana sia verso monte, sia nelle fasce perimetrali senza poter escludere anche un coinvolgimento diretto della sottostante Via delle Foreste.

### **RIFERIMENTI NORMATIVI E VINCOLI**

Le indagini, finalizzate ad una valutazione dal punto di vista geologico-geotecnico e idrogeologico della zona in cui ricade l'area di progetto e alla definizione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni, sono state eseguite in accordo con la seguente normativa:

- *Decreto Ministeriale 17.01.2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche delle Costruzioni”;*
- *Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti – Circolare 21.01.2019 n. 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018;*
- *Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 1/R del 19.01.2022 – Regolamento di attuazione dell'art. 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento delle attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico;*
- *Piano Strutturale approvato con Del. C.C. n 39 del 24.04.2017*
- *Piano Operativo approvato con Del. C.C. n 109 del 15.10.2024*
- *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale (P.G.R.A.), primo aggiornamento 2021-2027, approvato con D.P.C.M. del 1° dicembre 2022;*
- *Progetto P.A.I. Dissesti geomorfologici del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale adottato con Del. 39 del 28.03.2024 e conseguenti misure di salvaguardia adottate con Del. 40 del 28.03.2024;*

- *Del. G.R.T. n. 421 del 26.05.2014 – Aggiornamento della classificazione sismica regionale, relativo all'aggiornamento dell'allegato 1 (elenco dei comuni) e dell'allegato 2 (mappa) della Del. G.R.T. n. 878 del 08.10.2012.*
- *R.D. 3267/23 e L.R. 48/2003 – “Regolamento Forestale della Toscana” (attuazione della L.R. 39/2000, art. 39 – “Legge Forestale della Toscana”) relative alla tutela del Vincolo Idrogeologico;*
- *L.R.79/2012 – reticolo idrografico e di gestione Regione Toscana*

Dall'esame delle normative vigenti in tema di assetto geologico, idrogeologico e idraulico i tratti delle strade in esame ricadono nelle seguenti classi (per il dettaglio, si rimanda all'All. 1):

---

#### Piano Operativo

- Carta degli ambiti e pertinenze fluviali: area **esterna** alla perimetrazione
- Carta ei battenti TR 200 anni: area **esterna** alla perimetrazione
- Carta della magnitudo idraulica: area **esterna** alla perimetrazione
- Carta della pericolosità da alluvione: area **esterna** alla perimetrazione
- Carta della pericolosità geologica: **Classe G3** – Pericolosità elevata
- Carta della pericolosità sismica: area **esterna** alle perimetrazioni
- Carta della vulnerabilità sismica: **Classe 2** – Vulnerabilità medio-bassa
- Carta dell'esposizione sismica: **Classe 1** – Esposizione bassa
- Carta del rischio sismico: **Classe 1** – Rischio sismico basso
- Carta delle MOPS: area **esterna** alla perimetrazione

- 
- P.A.I. Dissesti geomorfologici - Autorità Distrettuale Appennino Settentrionale
  - Propensione al dissesto: **P3a** – pericolosità elevata

- 
- P.G.R.A. - Autorità Distrettuale Appennino Settentrionale
  - Mappa della pericolosità idraulica fluviale: area **esterna** alle perimetrazioni

---

#### Reticolo idrografico Regione Toscana

Area esterna alle fasce di rispetto di 10 m dal reticolo idrografico

---

#### L.R. 41/R/2018

Intervento non soggetto alla LR 41/R/2018

---

#### Vincolo Idrogeologico

L'area è sottoposta a Vincolo Idrogeologico ed è area boscata

---

## **RELAZIONE GEOLOGICA**

---

### **LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI**

#### ***Morfologia***

Il dissesto si sviluppa lungo un tratto di viabilità posto ad una quota media di circa 150 m s.l.m. su di un versante degradante verso Nord con gradienti medi del 30-32%, poche decine di metri a valle di uno spartiacque morfologico che corre lungo una digitazione collinare allungata verso Est.

A valle della strada e fino alla sottostante Via delle Foreste il versante è occupato da bosco degradato e vegetazione cespugliata, mentre verso monte tale assetto è limitato ad una fascia di poche decine di metri, oltre la quale è presente il resede di una proprietà privata subpianeggiante posto sul crinale del rilievo.

#### ***Geologia e geomorfologia***

Il rilievo è localmente costituito dalla formazione delle Arenarie del M. Gottero, tetto stratigrafico dell'Unità ligure interna. Questa formazione è costituita da torbiditi arenacei in strati da spessi a molto spessi a cui si intercalano calcilutiti e calcilutiti marnose, areniti fini e argilliti marnose. A valle di Via delle Foreste, quindi a circa 30 m da p.c. rispetto alla carreggiata dissestata, le Arenarie del M. Gottero passano alla sottostante formazione degli Scisti della Val Lavagna.

L'assetto strutturale vede una stratificazione variabile in ragione di pieghe a scala locale ma anche di versante, stratificazione che comunque è tendenzialmente immergente verso Sud con inclinazioni comprese tra 20-80°.

Per quanto riguarda l'evoluzione recente delle forme del rilievo, si osserva la presenza di coperture detritiche derivate dal disfacimento del substrato roccioso e costituite quindi da una matrice fine prevalentemente limoso-sabbiosa contenente clasti eterometrici di arenarie, siltiti e argilliti.

Sono inoltre presenti frane quiescenti ed attive, anche di notevole dimensione, che vanno ad interessare estesi settori di versante e che come concausa hanno l'assetto idrogeologico locale, caratterizzato dalla costante presenza di una circolazione idrica confinata verso il basso all'interfaccia tra Arenarie del M. Gottero e Scisti della Val Lavagna.

#### ***Idrologia e idrogeologia***

L'unico ricettore in zona è il Rio di Ribongi, che scorre verso Est alla base del versante, quindi ad una certa distanza dall'area dissestata, e verso il quale fanno capo le acque raccolte dal sistema di zanelle e fossette lungo la viabilità

Alla scala del dissesto si segnala la presenza di una zanella che mediante alcune caditoie raccoglie parte delle acque e le allontana lungo il versante fino alle caditoie lungo Via delle Foreste; in proposito, si rimanda alla Tavola di progetto dove è riportato lo schema di regimazione idraulica della zona realizzato a supporto di un precedente intervento di bonifica di un dissesto occorso a monte di Via delle Foreste.

Da un punto di vista idrologico si riscontra una circolazione sotterranea che a causa della prossimità dello spartiacque morfologico, posto poche decine di metri a monte, è esclusivamente alimentata per infiltrazione diretta delle acque meteoriche a monte ed è parzialmente confinata verso il basso dal substrato roccioso, caratterizzato da frequenti livelli calcilutitici e argillitico-marnosi scarsamente permeabili. Più in profondità, ad una trentina di metri dal p.c., l'eventuale circolazione che riesce ad infiltrarsi nel substrato (Arenarie del M. Gottero) trova progressivamente un confinamento sempre più deciso man mano che si ha la transizione (per alternanza stratigrafica) con la formazione degli Scisti della Val Lavagna, dando luogo a venute a giorno di stillicidi e sorgenti laddove la fascia di contatto tra le due formazioni intercetta la topografia.

Il particolare assetto geologico può quindi far sì che durante e a seguito di importanti fasi piovose, alla normale falda profonda che è confinata dal passaggio agli Scisti della Val Lavagna, si aggiunga una saturazione dei terreni detritici di copertura con emergenze di stillicidi e piccole sorgenti. Questa situazione è osservabile al piede del dissesto, dove permane una marcata saturazione dei terreni, destinata a rientrare solamente quando le acque saranno drenate verso il basso per infiltrazione nel substrato roccioso.

## CAMPAGNA GEOGNOSTICA

In considerazione dell'assetto geomorfologico della zona, sono state predisposte indagini geognostiche articolate come segue (V. All. 1 e 2):

- analisi di dati bibliografici
- rilevamento geomorfologico di superficie
- n. 3 prove penetrometriche DPSH spinte fino al rifiuto strumentale
- Classificazione ammasso roccioso con metodi semiquantitativi (Bieniawski, 1989)
- n. 2 indagine sismica tomografica con impiego di Onde P (non è stato possibile effettuare indagini con onde SH per l'impossibilità di energizzare correttamente)
- n. 1 indagine sismica MASW
- n. 2 misure di rumore sismico HVSR
- n. 1 tomografia elettrica

### **Rilevamento geomorfologico**

Il rilevamento geomorfologico ha evidenziato la presenza di un orizzonte detritico, ben visibile nell'area di distacco della frana, costituito da terreni prevalentemente limoso-sabbiosi con clasti eterometrici variamente abbondanti.

Il dissesto presenta un fronte di distacco principale che ha tranciato fino ad oltre metà della sede stradale con collasso del versante a valle. La larghezza della frana è di circa 36 m con una scarpata di frana subverticale di altezza 1,5-2,0 m e una progressiva riduzione di pendenza procedendo verso valle.

Complessivamente può essere individuata una forma di frana di tipo rotazionale.

La situazione è tuttora in evoluzione come risulta evidente dalla progressiva estensione laterale della frana, soprattutto in sinistra idrografica, dove sono presenti lesioni stradali più o meno continue per altri 20 m circa.

Per quanto riguarda le cause scatenanti del dissesto, queste vanno sicuramente ricondotte alle piogge eccezionali dei giorni 17 e 18 aprile 2025, che sono andate ad aggravare le condizioni di saturazione dei terreni conseguenti alle piogge del periodo invernale.

In concomitanza dell'evento alluvionale si può quindi pensare ad ulteriori forti infiltrazioni di acque nelle coperture detritiche e a scorimenti incontrollati di acque superficiali che si sono riversati nella attuale zona di corona della frana.

Come possibile evoluzione della frana, soprattutto se si verificheranno ulteriori forti e prolungate precipitazioni, si ritengono probabili fenomeni di dilavamento e scoscendimento nel settore centrale della frana e fenomeni di scorrimento estesi all'intera area descritta in precedenza, non potendosi escludere che possa avversi un'estensione, soprattutto in sinistra idraulica, dove si sono rilevate lesioni recenti nel manto stradale.

### **Prove penetrometriche DPSH**

Sono state effettuate tre prove penetrometriche DPSH, ubicate in prossimità dei margini Est ed Ovest e nel settore centrale della corona.

In tabella sono indicati gli orizzonti geologici in cui è suddivisibile la successione stratigrafica:

**PROVA PENETROMETRICA DPSH 1 (Margine Est Area in frana)**

<b>PROFONDITA'</b> <b>(m da p.c.)</b>	<b>DESCRIZIONE LITOLOGICA</b>	<b>N<sub>spt</sub> medio</b>	<b>Orizzonte geologico</b>
0,0 – 2,4	<b>Terreno di riporto e/o copertura detritica sciolta</b> Limo sabbioso-argilloso con clasti da millimetrici a centimetrici	4,1	1
2,4 – 4,8	<b>Copertura detritica mediamente addensata</b> Clasti da millimetrici a decimetrici in abbondante matrice limoso-argilloso-sabbiosa	17,4	2
4,8 – 5,0	<b>Substrato roccioso da molto alterato ad alterato</b>	>50	3

**PROVA PENETROMETRICA DPSH 2 (Margine Ovest Area in frana)**

PROFONDITA' (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	N <sub>spt</sub> medio	Orizzonte geologico
0,0 – 2,6	<b>Terreno di riporto e/o copertura detritica sciolta</b> Limo sabbioso-argilloso con clasti da millimetrici a centimetrici	3,7	1
2,6 – 5,8	<b>Copertura detritica mediamente addensata</b> Clasti da millimetrici a decimetrici in abbondante matrice limoso-argilloso-sabbiosa	10,6	2
5,8 – 6,0	<b>Substrato roccioso da molto alterato ad alterato</b>	>50	3

**PROVA PENETROMETRICA DPSH 3 (Area centrale corona)**

PROFONDITA' (m da p.c.)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	N <sub>spt</sub> medio	Orizzonte geologico
0,0 – 2,0	<b>Terreno di riporto e/o copertura detritica sciolta</b> Limo sabbioso-argilloso con clasti da millimetrici a centimetrici	5,7	1
2,0 – 3,4	<b>Copertura detritica mediamente addensata</b> Clasti da millimetrici a decimetrici in abbondante matrice limoso-argilloso-sabbiosa	15,3	2
3,4 – 3,6	<b>Substrato roccioso da molto alterato ad alterato</b>	>50	3

In merito alla soggiacenza della falda, nei fori delle tre prove penetrometriche è risultata acqua a -4,7 m nella prova DPSH2, mentre le prove DPSH1 e 3 sono risultate asciutte; di seguito si farà comunque riferimento a questo valore tipico di una situazione di massima ricarica conseguente alle precipitazioni dell'Autunno – Inverno.

**Sintesi dei valori N<sub>spt</sub>**

Orizzonte		DIN1	DIN2	DIN3	Max	Min	Med
1	Terreno di riporto e/o copertura detritica sciolta	4.1	3.7	5.7	5.7	3.7	4.5
2	Copertura detritica mediamente addensata	17.4	10.6	15.9	17.4	10.6	14.6
3	Substrato roccioso alterato ad alterato	>50	>50	>50	>50	>50	>50

Considerata la variabilità laterale e verticale dei litotipi presenti e l'estensione dell'area indagata si ritiene di assumere come rappresentativo il valore medio di N<sub>spt</sub>.

Per gli spessori, considerata la variabilità lungo il versante si rimanda alle sezioni geologiche-geotecniche.

Descrizione litologica	N <sub>spt</sub> assunto	Parametri geotecnici
<u>ORIZZONE 1</u> Terreno di riporto e/o copertura detritica sciolta	4,5	$\gamma$ : 1,8 t/m <sup>3</sup> $\gamma_s$ : 1,9 t/m <sup>3</sup> $\phi$ : 28-29°
<u>ORIZZONE 2</u> Copertura detritica mediamente addensata	14,6	$\gamma$ : 1,9 t/m <sup>3</sup> $\gamma_s$ : 2,0 t/m <sup>3</sup> $\phi$ : 31-32°
<u>ORIZZONE 3</u> Substrato roccioso arenaceo alterato ad alterato	>50	(*)

$\gamma$ : peso di volume del terreno asciutto;  $\gamma_s$ : peso di volume del terreno saturo;  $\phi$ : angolo di attrito; (\*) v. classificazione ammasso roccioso

### **Caratterizzazione substrato roccioso - Classificazione ammasso roccioso (metodo R.M.R. – Bieniawski, 1989)**

Per quanto riguarda i parametri geomeccanici della roccia si riporta di seguito la classificazione mediante metodo di Bieniawski 1989, condotta su di un affioramento presente poco ad Ovest del dissesto, sulla scarpata di monte della strada (v. All. 3).

La stima della resistenza a compressione monoassiale è stata effettuata mediante martello di Schmidt.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti:

#### **Arenarie del Gottero**

#### **Classificazione Ammasso Roccioso**

##### **Dati Classificazione Bieniawski**

##### ***Simbologia adottata***

- A1 Co - resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;
- A2 RQD - qualità della massa rocciosa mediante l'indice di recupero;
- A3 Is - spaziatura delle discontinuità;
- A4 Cd - Condizioni delle discontinuità (natura delle pareti, separazioni, riempimenti);
- A5 Ci - Condizioni idrauliche;

*Tipologia opera 1: Gallerie, 2: Fondazioni, 3: Pendii;*

A6 Giacitura delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo;

A1 = 2.00 : Co=5÷25 Mpa

A2 = 3.00 : RQD<25

A3 = 8.00 : Is=0.06÷0.2

A4 = 20.00 : Leggermente rugosa - Continue - Aperture=0.1÷1mm - Pareti mediamente alterate - Riempimento compatto

A5 = 7.00 : Bagnata

Tipo = 3

A6 = -50.00 : Sfavorevole

## Risultati Classificazione Bieniawski

### *Simbologia adottata*

<i>RMR</i>	: Indice di BIENIAWSKI
<i>Des</i>	: Descrizione dell'ammasso roccioso (*)
<i>c</i>	: Coesione dell'ammasso roccioso espressa in [kg/cmq]
<i>φ</i>	: Angolo attrito ammasso roccioso [°]
<i>E</i>	: Modulo elastico ammasso roccioso espresso in [kg/cmq]
<i>GSI</i>	: Geological Strength Index

<b>RMR</b>	<b>Des</b>	<b>c</b> [kg/cmq]	<b>φ</b>	<b>E (**)</b>	<b>GSI</b> [kg/cmq]
-10.00	MOLTO SCADENTE (*)	2.00	25.00	3162.28	35.00

(\*) Definizione di "molto scadente" riferita alla giacitura di una o più famiglie di fratture sfavorevole rispetto al versante. Questo non incide sui parametri geomecanici

(\*\*) modulo E a piccolissime deformazioni. Per l'eventuale utilizzo nel dimensionamento delle opere si dovrà ricavare un Modulo elastico "operativo"

## **Prospezione sismica a rifrazione con Onde P e MASW**

Per una ricostruzione delle geometrie sepolte, ci si è basati su due prospezioni sismiche a rifrazione con Onde P, una eseguita a monte ed una lungo la carreggiata a cavallo dell'area dissestata (v. All. 4).

Il profilo ottenuto dalla prospezione sismica a rifrazione evidenzia un andamento sostanzialmente regolare dei sismostrati che, da una correlazione con le prove penetrometriche e sulla base del rilievo geomorfologico eseguito, si ritiene possano essere suddivisi come segue:

- primo sismo-strato a più bassa velocità ( $V_p$  fino a 500 m/s) e con andamento relativamente costante, riconducibile al detrito sciolto e/o terreno di riporto della carreggiata (orizzonte 1). Risulta più continuo e regolare e di spessore circa 3,0-4,0 m a monte (sismica 1) e confinato a cavallo dell'area dissestata, più irregolare e spesso circa 1,0-3,0 m lungo strada (sismica 2);
- secondo sismo-strato ( $V_p$  fino a 800 m/s) correlabile con detrito più addensato (orizzonte 2), spinto fino a circa 5,0 m di profondità a monte (sismica 1) e fino a 4,0-5,0 m a cavallo dell'area dissestata (sismica 2), dove risulta comunque più ondulato e tendente ad assottigliarsi verso Ovest;
- terzo sismo-strato dove si ha un progressivo aumento di velocità: da confronto con l'indagine MASW si può ipotizzare che fino a  $V_p=1700$  m/s si tratti del substrato roccioso alterato e fratturato ( $V_s, masw=402$  m/s) mentre da  $V_p>1700$  m/s si tratti di substrato più integro ( $V_s, masw=616$  m/s). Da  $V_p>2000$  m/s si passerebbe poi al bedrock sismico ( $V_s, masw=860$  m/s) m/s.

La stesa 2, come accennato, indica una tendenza alla risalita del substrato (isotachia Vp=800 m/s) verso Ovest, dove in prossimità della scarpata di monte della curva in effetti è osservabile un suo affioramento.

### ***Tomografia elettrica 2D***

La tomografia elettrica, effettuate lungo il medesimo allineamento della stessa sismica 2, è servita ad affinare i risultati delle precedenti indagini geognostiche (v. All. 5).

Andando ad analizzare la sezione elettrostratigrafica si osserva una certa correlazione con la tomografia sismica effettuata all'incirca sullo stesso allineamento.

Nel complesso si confermano gli spessori già individuati con la prospezione sismica 2: copertura detritica spessa 3-4 m, decisamente più resistiva (60->150 ohm.m) nei 2/3 Ovest (minore grado di saturazione), sovrapposta ad un substrato roccioso più conduttivo (<30-40 ohm.m) per la probabile presenza di livelli argillitici più o meno espressi.

Spostandosi verso Est, al di sotto dell'orizzonte di copertura, appaiono terreni decisamente più conduttori, da ascrivere probabilmente ad una facies di passaggio ai sottostanti Scisti della Val Lavagna, caratterizzati da una maggiore frequenza di strati argillitici.

### ***Geometria del dissesto - spessori coinvolti nel movimento***

La campagna geognostica eseguita ha consentito di ricostruire con sufficiente dettaglio le geometrie della frana.

Il dissesto si è originato grossomodo nella mezzeria della carreggiata, alla quota di circa 150 m s.l.m., a causa delle ultime piogge intense, che hanno saturato la copertura detritica e dato origine a circolazioni idriche in grado di provocare lo scollamento della coltre più superficiale.

Sul terreno sono ben visibili sia la zona di corona della frana, dove si osserva il netto taglio del manto stradale e del terrapieno sottostante, ora esposto con una scarpata circa verticale alta 1,5 m circa, sia i fianchi destro e sinistro marcati da rigonfiamenti ed evidenze di traslazione.

Si tratta di una frana di scorrimento rotazionale con uno sviluppo traversale del fronte collassato di circa 36-38 m.

Per quanto riguarda lo sviluppo longitudinale della frana, si osserva un fronte di distacco subverticale, di altezza media di 1,5 m; procedendo verso valle l'acclività diminuisce e si osserva una zona di accumulo che si estende per circa 35 m con spesso massimi nella zona centrale stimabili in circa 3 m. Il fronte di avanzamento dell'accumulo è ben evidente e caratterizzato da una scarpata alla base della quale sono presenti venute d'acqua ed un generale stato di saturazione.

Per quanto riguarda il dislivello complessivo della frana risultano circa 12-13 m e lo spessore rimosso massimo è stimabile in circa 3-4 m.

## MODELLO GEOLOGICO

Con i dati a disposizione è stato possibile definire il seguente modello geologico, dove per i dettagli degli spessori, data la variabilità lungo l'area investigata, si rimanda alle sezioni geologiche-geotecniche.

## MODELLO GEOLOGICO

LITOTIPO	Parametri geotecnici medi
<b>ORIZZONTE 1</b> Terreno di riporto/ detrito sciolto	$\gamma_m$ : 1,8 t/m <sup>3</sup> $\gamma_s m$ : 1,9 t/m <sup>3</sup> $\varphi_m$ : 28-29° $c_m$ : 0,00 kg/cm <sup>2</sup>
<b>ORIZZONTE 2</b> Copertura detritica mediamente addensata	$\gamma_m$ : 1,9 t/m <sup>3</sup> $\gamma_s m$ : 2,0 t/m <sup>3</sup> $\varphi_m$ : 31-32° $c_m$ : 0,00 kg/cm <sup>2</sup>
<b>ORIZZONTE 3</b> Substrato roccioso alterato e fratturato	$\gamma_m$ : 2,4 t/m <sup>3</sup> $\gamma_s m$ : 2,4 t/m <sup>3</sup> $\varphi_m$ : 25° $c_m$ : 2,0 kg/cm <sup>2</sup>

$\gamma$ : peso di volume del terreno asciutto;  $\gamma_s$ : peso di volume del terreno saturo;  $\varphi$ : angolo di attrito;  $c$ : coesione;

(\*) v. *classificazione ammasso roccioso*

## **RELAZIONE MODELLAZIONE SISMICA**

### **CARATTERIZZAZIONE SISMICA**

#### ***Classificazione sismica***

Il Comune di Lucca, ai sensi dell'Allegato 1 della D.G.R.T. n. 878 del 08.10.2012 rientra nella Zona sismica 3.

#### ***Determinazione categoria di sottosuolo***

Per la definizione della categoria di sottosuolo si fa riferimento alla prospezione sismica MASW eseguita sullo stendimento della stesa sismica 2 e a due misure di rumore HVSR.

La MASW è chiaramente complicata dalla disomogeneità del sottosuolo e dagli effetti del rilevato, che probabilmente genera disturbi nell'elaborazione. È comunque stato possibile definire un modello medio coerente con i risultati della tomografia sismica a rifrazione, con un bedrock sismico posto a circa 11-12 m da p.c..

elaborazione mediante picking e inversione       $V_{SE} = 395\text{-}402 \text{ m/s (da p.campagna)}$

(best model)	strato	1	2	3	4
VS <sub>s</sub> da Rayleigh (m/sec)		237	402	616	860
spessore (m)		2,5344	4,1806	4,5149	

Le misure di rumore HVSR non aggiungono ulteriori dati rispetto a quanto definito con l'indagine MASW.

L'assetto sismostratigrafico è coerente con una categoria di sottosuolo di **tipo B**, così definita ai sensi della Tab. 3.2.II D.M. 17/01/2018.

**B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti**, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Data la morfologia con inclinazioni medie maggiori di 15° per la determinazione dei parametri sismici si considera una categoria topografica **T2** ai sensi della Tab. 3.2.III D.M. 17/01/2018).

#### ***Parametri sismici***

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii  
Muro rigido: 0

Sito in esame.  
latitudine: 43,877731

longitudine: 10,469395  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 19381	Lat: 43,8952	Lon: 10,4375	Distanza: 3213,083
Sito 2	ID: 19382	Lat: 43,8970	Lon: 10,5068	Distanza: 3684,595
Sito 3	ID: 19604	Lat: 43,8471	Lon: 10,5092	Distanza: 4669,047
Sito 4	ID: 19603	Lat: 43,8453	Lon: 10,4400	Distanza: 4311,127

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B  
Categoria topografica: T2  
Periodo di riferimento: 50anni  
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,044	g
Fo:	2,529	
Tc*:	0,237	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,054	g
Fo:	2,542	
Tc*:	0,253	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,132	g
Fo:	2,392	
Tc*:	0,290	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,169	g
Fo:	2,377	
Tc*:	0,297	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,200  
Cc: 1,470  
St: 1,200  
Kh: 0,013  
Kv: 0,006  
Amax: 0,620  
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,200  
Cc: 1,450  
St: 1,200  
Kh: 0,016

Kv: 0,008  
Amax: 0,765  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,200  
Cc: 1,410  
St: 1,200  
Kh: 0,046  
Kv: 0,023  
Amax: 1,866  
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,200  
Cc: 1,400  
St: 1,200  
Kh: 0,058  
Kv: 0,029  
Amax: 2,389  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 43.876769  
longitudine: 10.468393

### ***Valutazione su eventuali effetti connessi al sisma***

Nelle aree di collina è da prendere in considerazione la possibilità che si verifichino, in seguito ad un sisma, dei fenomeni di amplificazioni significative, cedimenti e cedimenti differenziali, fenomeni di liquefazione o l'attivazione/riattivazione di dissesti.

Per quanto riguarda il potenziale di liquefazione, ai sensi del punto 4 del paragrafo 7.11.3.4.2. dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (2018), si ritiene di poter omettere le relative verifiche in quanto la falda si colloca internamente a litotipi sicuramente non ascrivibili al caso dei terreni monogranulari saturi: la copertura detritica infatti è caratterizzata da clasti con abbondante matrice limosa, cosa che comporterebbe curve granulometriche sicuramente esterne, almeno in parte, ai limiti di cui al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC2018.

Il sottostante substrato roccioso è ovviamente non liquefacibile.

## **RELAZIONE GEOTECNICA**

### **MODELLO GEOTECNICO**

Per una stima dei principali parametri geotecnici, si riporta la seguente tabella.

Per gli spessori si fornisce la situazione riferita al ciglio strada attuale, rimandando comunque alle sezioni geologiche per le variazioni lungo il versante.

### **MODELLO GEOTECNICO**

LITOTIPO	Parametri geotecnici caratteristici
<u>ORIZZONTE 1</u> Terreno di riporto/ detrito sciolto	$\gamma_k$ : 1,8 t/m <sup>3</sup> $\gamma_{sk}$ : 1,9 t/m <sup>3</sup> $\phi_k$ : 28° $c_k$ : 0,00 kg/cm <sup>2</sup>
<u>ORIZZONTE 2</u> Copertura detritica mediamente addensata	$\gamma_k$ : 1,9 t/m <sup>3</sup> $\gamma_{sk}$ : 2,0 t/m <sup>3</sup> $\phi_k$ : 31° $c_k$ : 0,00 kg/cm <sup>2</sup>
<u>ORIZZONTE 3</u> Substrato roccioso alterato e fratturato	$\gamma_k$ : 2,4 t/m <sup>3</sup> $\gamma_{sk}$ : 2,4 t/m <sup>3</sup> $\phi_k$ : 25° $c_k$ : 2,0 kg/cm <sup>2</sup>

Con:

$\gamma$ : peso di volume del terreno asciutto;  $\gamma_s$ : peso di volume del terreno asciutto  $\phi$ : angolo di attrito;  
 $c$ : coesione;

FALDA: v. sezione geologica/geotecnica

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO: TIPO B

CATEGORIA TOPOGRAFICA: T2

### **INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO E DI MESSA IN SICUREZZA**

In considerazione della presenza sia di un fronte di frana collassato, sia di un tratto in sinistra idraulica dove si sono rilevate lesioni recenti che potrebbero portare all'attivazione di un ulteriore fronte di frana, sono stati previsti interventi di consolidamento estesi anche a quest'ultimo tratto.

Le opere previste sono state diversificate per adattarsi alle due diverse situazioni riscontrate.

Nel tratto collassato è stato infatti previsto una paratia di micropali con i primi 2,3 m liberi e rivestiti e con un ordine di tiranti, mentre nel tratto interessato da lesioni è stato previsto un cordolo fuori terra per circa 0,55 m, sempre fondato su micropali e con un ordine di tiranti.

Per quanto riguarda il dimensionamento delle opere di consolidamento della viabilità, si dovrà tenere conto di spessori dell'orizzonte detritico e del sovrastante terreno di riporto stradale stimati, in circa 4,0-4,5 m; per la definizione del dimensionamento delle opere di

consolidamento, si rimanda alle sezioni geologiche-geotecniche ed ai parametri meccanici attribuiti ai vari orizzonti di terreno.

Si dovrà inoltre curare la regimazione delle acque meteoriche per evitarne la dispersione lungo il versante, provvedendo al ripristino ed al miglioramento della rete di zanelle esistenti e dei loro recapiti nelle linee di deflusso esistenti lungo il versante.

In proposito, come già accennato, si potrà implementare il sistema di canalizzazioni esistenti e realizzate a supporto di precedenti interventi nel versante a valle della strada (v. Tavole di progetto) che consentono l'allontanamento delle acque verso gli impluvi della zona esterni all'area in frana.

Questo sistema porterà ad evitare dispersioni di acque nel corpo di frana e nelle aree immediatamente adiacenti evitando o limitando molto possibili saturazioni dell'accumulo di frana e nei settori circostanti.

## **VERIFICHE DI STABILITA' DEL VERSANTE**

Per verificare l'efficacia delle opere strutturali di progetto sull'assetto generale del versante, sono state effettuate verifiche di stabilità ai sensi dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018) e applicando le seguenti schematizzazioni (v. All. 6):

- Metodo di Jambu (1967);
- utilizzo dei parametri sismici espressi nel paragrafo *Parametri sismici* riguardo lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV);
- verifica condotta adoperando i parametri caratteristici del modello geotecnico, da considerarsi alla stregua di parametri residui;
- verifiche condotte lungo una sezione in asse al dissesto, diretta secondo la massima pendenza
- lo stato di pre-dissesto ha avuto lo scopo di "validare" i parametri del modello geotecnico, assumendo la situazione all'atto del dissesto e verificando di ottenere una superficie analoga a quella effettivamente riscontrata;

Le verifiche di stabilità sono state effettuate sulle sezioni A-A' e C-C', rappresentative delle situazioni descritte in precedenza e più precisamente:

- Sezione A-A' – Paratia di micropali con un ordine di tiranti nella mezzeria dei 2,3 m rivestiti e liberi;
- Sezione C-C' – Cordolo fondato su micropali con un ordine di tiranti;

I risultati ottenuti, contenuti nell'allegato 6 cui si rimanda per una maggiore trattazione, sono di seguito riportati:

<b>Stato</b>	<b>Metodo</b>	<b>Condizione</b>	<b>Fs min</b>	<b>Fs richiesto</b>
Pre-dissesto	PC	Statica, assenza carichi	<b>0,913</b>	>1,0
Sezione A-A' – Attuale	A2M2	Statica	<b>0,930</b>	>1,1
	A2M2 (con coeff. A2 e M2=1)*	Sismica	<b>0,911</b>	>1,2
Sezione A-A' – Progetto	A2M2	Statica	<b>1,568</b>	>1,1
	A2M2 (con coeff. A2 e M2=1)*	Sismica	<b>1,356</b>	>1,2
Sezione C-C' – Attuale	A2M2	Statica	<b>0,715</b>	>1,1
	A2M2 (con coeff. A2 e M2=1)*	Sismica	<b>0,737</b>	>1,2
Sezione C-C' – Progetto	A2M2	Statica	<b>2,190</b>	>1,1
	A2M2 (*) (con coeff. A2 e M2=1)*	Sismica	<b>1,848</b>	>1,2

(\*) In condizioni sismiche, ai sensi del paragrafo 7.11.4, nelle verifiche di sicurezza, si applica l'approccio di cui al paragrafo 6.8.2 (dove si parla di combinazione A2+M2+R2) ponendo però pari a 1,0 i coefficienti parziali sulle azioni (quindi coeff. A2= 1,0 e sui parametri geotecnici (quindi coeff. M2 = 1,0 e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale gr= 1,2. Di fatto, quindi, l'approccio è un "quasi A1+M1+R2" (quasi perché A1, ai sensi della tabella 6.2.1, non comporta coefficienti sempre pari a 1,0). Da quanto sopra, l'elaborato della AZTEC nel caso sismico indica genericamente approccio A2M2 (attenendosi quindi al paragrafo 7.11.4): che in condizione sismica i coefficienti M2 siano pari a 1 lo si desume dalle tabelle "Coeffienti parziali per i parametri geotecnici del terreno" (dove sotto il campo M2 i coefficienti sono sempre indicati pari a 1,0) e nelle tabelle "Geometria e caratteristiche strisce" (dove i parametri geotecnici in caso sismico sono quelli caratteristici, quindi M2 con coefficienti pari a 1,0).

Non sono state effettuate verifiche in condizioni non drenate in quanto non realistiche per la tipologia di opere di sostegno (la paratia inizia a lavorare quando si definiscono condizioni "efficaci"); inoltre, date le caratteristiche geotecniche dei terreni (detriti prevalentemente granulari non matrice-sostenuti e substrato roccioso) non si verificano condizioni non drenate neppure nel breve termine e nel substrato roccioso non ha significato parlare di condizioni non drenate.

Allo stato di progetto, sono stati verificati fattori di sicurezza Fs superiori ai limiti richiesti dalle NTC2018, ovvero indicanti il raggiungimento di condizioni di stabilità globale del versante nelle condizioni analizzate a seguito dell'inserimento delle opere di progetto.

---

## VALUTAZIONI GEOLOGICO-AMBIENTALI

---

### ASPETTI RELATIVI AL DISPOSTO DEGLI ARTT. 74 E 75 - DPGR 48/r/2003

L'art. 75 del DPGR 48/r indica le modalità e le finalità delle indagini geologiche a supporto di interventi che interagiscono con l'assetto idrogeologico ed indica i punti cui fare riferimento per una loro corretta disamina e che sono di seguito riportati:

- I movimenti terra di entità significativa saranno limitati a locali risagomature della scarpata a valle della strada, per consentire l'esecuzione delle opere di fondazione speciali (micropali e tiranti), e per ripristinare il rilevato stradale a tergo dell'opera;
- Non sono previsti movimenti terra ulteriori rispetto a quanto strettamente necessario per le operazioni sopra indicate;
- La campagna geognostica eseguita (prove penetrometriche, indagini sismiche e geoelettriche) non ha comportato nuove viabilità d'accesso o estirpazione di piante o ceppaie;
- Per quanto riguarda le verifiche di stabilità generali del versante, queste sono state effettuate contestualmente alla definizione delle opere di progetto (v. All. 6);
- Sono state considerate le circolazioni idriche superficiali e sotterranee per verificare le eventuali interferenze con le opere che saranno previste. Per quanto riguarda le circolazioni idriche sotterranee vere e proprie, queste livellano a quote non interferenti con le opere da realizzare, anche nel caso di fondazioni profonde; le circolazioni effimere sub-superficiali sono limitate a locali infiltrazioni a cui si ovvierà, almeno parzialmente, con le opere di regimazione delle acque meteoriche;
- Relativamente al drenaggio e all'allontanamento delle acque superficiali, saranno evitate, per quanto possibile, dispersioni di acque nel corpo di frana implementando una rete di drenaggio già esistente che fa capo ad impluvi sicuri situati più a valle (v. tavole di progetto);
- Le indagini sono state estese ad un congruo intorno delle aree di progetto, cosa che ha consentito di verificare la compatibilità delle opere da realizzare con l'assetto idrogeologico generale;
- La relazione geologica e geotecnica è stata sviluppata sulla base di indagini geognostiche che hanno consentito la formulazione di modelli geologico e idrogeologico sufficienti alla conoscenza dell'area su cui insistono le opere realizzate.

## **GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO**

In merito ad eventuali attività di produzione e gestione delle terre e rocce da scavo, si dovrà provvedere ad una campagna di caratterizzazione ambientale ai sensi delle normative vigenti in materia, sia per possibili riutilizzi, sia per l'esclusione di situazioni di rischio ambientale legate alle eventuali attività pregresse o in atto che hanno interessato l'area.

La gestione delle terre e rocce da scavo è regolata dalle seguenti normative a cui si deve ottemperare in termini di caratterizzazione:

- D.lgs 152/06 Parte Quarta, Titolo V, All. 5 Tab. 1
- Decreto Legge 21 giugno 2013, n° 69, art. 41bis, comma 1, recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia, convertito con modifiche nella legge n° 98 del 9 agosto 2013
- D.M. 05.02.1998 – All. 3 e s.m.i.
- D.P.R. n. 120 del 13.06.2017; regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'Art. 8 del D.L. 12.09.2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla Legge 11.11.2016 n. 64

I possibili riutilizzi potranno quindi essere ammessi solo se le caratteristiche del materiale, sotto gli aspetti ambientali, rispettano quanto prescritto dalle sopracitate normative di riferimento.

Sempre secondo quanto normato dal DPR 120/2017, anche l'eventuale riutilizzo in situ deve prevedere una caratterizzazione che porti all'esclusione delle terre dalla normativa sui rifiuti. In particolare, ci si dovrà quindi attenere a quanto previsto dall'Art. 24 (utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti).

In alternativa, i terreni scavati possono essere conferiti presso impianto autorizzato mediante formulario con attribuzione di Codice CER.

## **ALLEGATO 1**

### **AII. 1.a - ESTRATTI DA PIANO OPERATIVO**

(Approvato con Del. C.C. n. 109 del 15.10.2024)  
(fuori scala)

### **AII. 1.b - ESTRATTI DA AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE APPENNINO SETTENTRIONALE (PAI DISSESTI E PGRA)**

(fuori scala)

### **AII. 1.c - ESTRATTI DA RETICOLO IDRAULICO E DI GESTIONE REGIONE TOSCANA**

(fuori scala)

### **AII. 1.d - ESTRATTI DA SIPT REGIONE TOSCANA VINCOLO IDROGEOLOGICO**

(fuori scala)

## AII. 1.a - ESTRATTI DA PIANO OPERATIVO

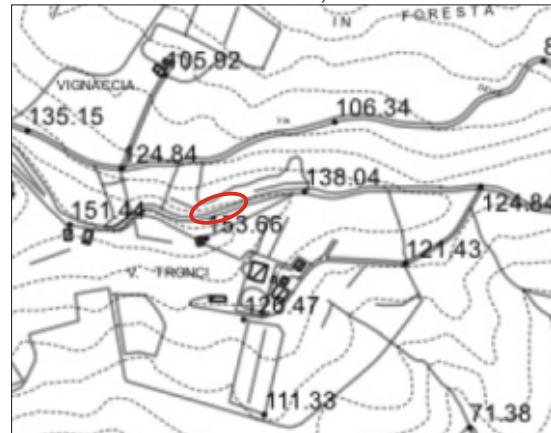
(Approvato con Del. C.C. n. 109 del 15.10.2024)  
(fuori scala)

CARTA DEGLI AMBITI, DELLE  
PERTINENZE FLUVIALI...



Area esterna ad ambiti e pertinenze fluviali

CARTA DEI BATTENTI, TR = 200 ANNI



Area esterna alle perimetrazioni

CARTA DELLA MAGNITUDO IDRAULICA



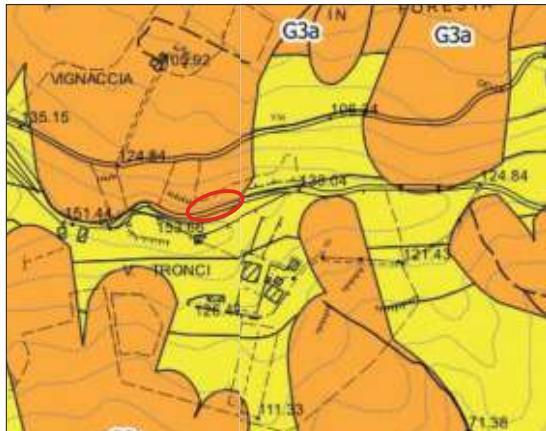
Area esterna alle perimetrazioni

CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA ALLUVIONE



Area esterna alle perimetrazioni

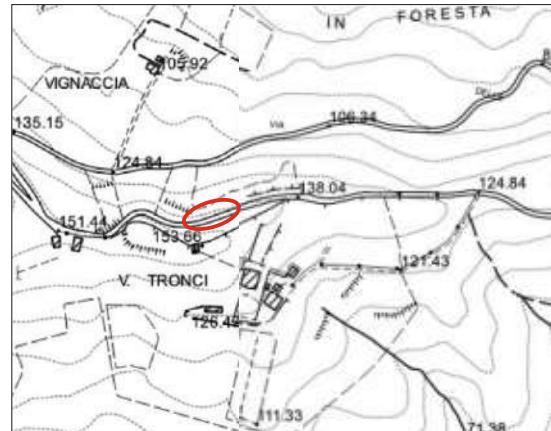
CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA



  Classe G2 - Pericolosità media

  Classe G3 - Pericolosità elevata

CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

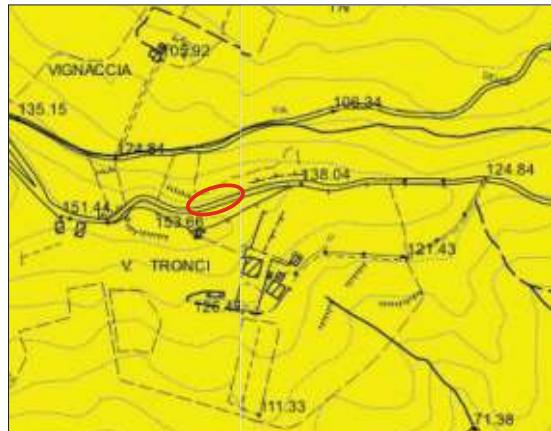


Area esterna alle perimetrazioni

## AII. 1.a - ESTRATTI DA PIANO OPERATIVO

(Approvato con Del. C.C. n. 109 del 15.10.2024)  
(fuori scala)

CARTA DELLA VULNERABILITA' SISMICA



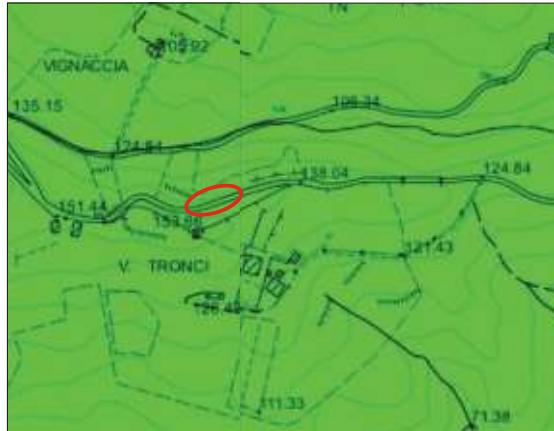
  **Classe 2** - Vulnerabilità medio-bassa

CARTA DELL'ESPOSIZIONE SISMICA



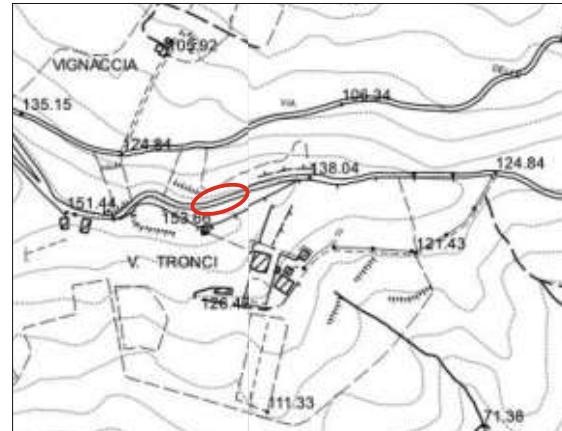
  **Classe 1** - Esposizione bassa

CARTA DEL RISCHIO SISMICO



  **Classe 1** - Rischio sismico basso

CARTA DELLE MOPS



Area esterna alle perimetrazioni

**AII. 1.b - ESTRATTI DA AUTORITA' DI BACINO DISTRETTUALE  
APPENNINO SETTENTRIONALE (PAI DISSESTI E PGRA)  
(fuori scala)**

*PAI DISSESTI GEOMORFOLOGICI  
MAPPA DI PERICOLOSITA' DA DISSESTI DI NATURA GEOMORFOLOGICA*



- P2a - pericolosità moderata tipo a
- P3a - pericolosità elevata tipo a
- P3b - pericolosità elevata tipo b
- P4 - pericolosità molto elevata
- P1 - moderata propensione al dissesto
- P2b - media propensione al dissesto

*PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI  
MAPPA DI PERICOLOSITA' IDRAULICA FLUVIALE*



- Pericolosità Dominio Fluviale
- P1
- P2
- P3

Area esterna alla perimetrazione

**AII. 1.c - ESTRATTI DA RETICOLO IDRAULICO E DI GESTIONE  
REGIONE TOSCANA  
(fuori scala)**



- SI
- TOMBATO
- TRATTO DA APPROFONDIRE
- Infrastruttura Idrica

Area esterna alle fasce di rispetto da corsi d'acqua

**All. 1.d - ESTRATTI DA SIPT REGIONE TOSCANA  
VINCOLO IDROGEOLOGICO (fuori scala)**



**Regio Decreto 3267/1923 (Fonte Amministrazioni Provinciali)**

R.D. n.3267/1923

**Aree boscate (Fonte Uso del suolo 2016\_RT)**

Zone boscate; Zone con vegetazione arbustiva e/o erbacea;  
Strade in aree boscate

N. ALL.	TITOLO
All. 2	Prove penetrometriche DPSH



## RELAZIONE TECNICA

Committente:  
Geol. Marco Palazzetti

Località: Pieve Santo Stefano  
Lucca

Data Indagine: 28/04/2025  
Codice lavoro: 250428a

### PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.r.l.**

Via Lenin, 132/Q

56017 San Giuliano Terme (PI)

Tel/Fax: 050 9910582

e-mail: [info@gaiaservizi.com](mailto:info@gaiaservizi.com)

P.IVA: 01667250508

Data elaborazione: 29/04/2025

**GAIA Servizi S.r.l.**

Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 1: Postazione prova penetrometrica DIN 1



Figura 2: Postazione prova penetrometrica DIN 2



**Figura 3: Postazione prova penetrometrica DIN 3**

# LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

### DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ , misurando il numero di colpi N necessari).

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica : diametro base cono D , area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione  $\delta$ )
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici) .

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

### DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	M $\div$ 10	8 m
Medio	DPM (Medium)	10 < M < 40	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	40 < M < 60	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M > 60	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta$  = 10 cm, punta conica ( $\alpha \approx 60-90^\circ$ ), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta$  = 10 cm, punta conica ( $\alpha \approx 60-90^\circ$ ), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta$  = 30 cm, punta conica ( $\alpha \approx 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento : previsto secondo precise indicazioni
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta$  = 20-30 cm, punta conica ( $\alpha \approx 60^\circ$ ), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

# LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

## VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Previa definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo  $(M+m)^{1/2}$  media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostandoo uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi Nspt della prova SPT :  $Nspt = \beta N$  [ove per il coefficiente  $\beta$  si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrate), ovvero il coefficiente teorico di energia  $\beta_t$  fornito dal programma] .

## VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica qcd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$qcd = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento  $\delta$  qcd = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo =  $\delta/N$  P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$qcd' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : Q =  $(M H) / (A \delta)$  = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (Nspt,Qspt),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$qcd' = Q N = Qspt Nspt \Rightarrow Nspt = N [Q/Qspt] = \beta N ,$$

ove il rapporto  $\beta = Q/Qspt$  viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,

relativamente alla prova SPT ( $Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$  ) per M = 63.5 kg, H = 0.75 m, D = 50.8 mm, A = 20.27 cm<sup>2</sup>, d = 0.30 m) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt ->  $\phi'$  ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

Nspt -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Nspt -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

qcd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tcheng & Lebegue(1965)

$\delta$  TENSIONE LITOSTATICA al centro del banco

Nspt -> Vs VELOCITA' ONDE S di propagazione delle onde sismiche (1996 )

Nspt -> G MODULO DI TAGLIO DINAMICO G= A x Nspt<sup>B</sup> (Ohsaki & Iwasaki mod.)

Nspt -> MO MODULO DEFORMAZIONE Coesivo e Granulare (Begemann 1974)

F.L. FATTORE DI LIQUEFAZIONE [NON ATTIVO]

accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )

( g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : (Amax/g) ]

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

<b>DIN</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>250428a</b>
Certificato	232/25

Committente **Geol. Marco Palazzetti**  
 Cantiere **250428a**  
 Località **Pieve Santo Stefano - Lucca**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>** Data esec. **28/04/2025**  
 Pagina **1** Data certificato **29/04/2025**  
 Elaborato Falda Assente

<b>H</b> m	<b>asta</b> n°	<b>punta</b> colpi	<b>riv</b> colpi	<b>qcd</b> kg/cm <sup>2</sup>	<b>H</b> m	<b>asta</b> n°	<b>punta</b> colpi	<b>riv</b> colpi	<b>qcd</b> kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	2		20,1					
0,40	1	4		40,2					
0,60	2	6		56,5					
0,80	2	3		28,2					
<b>1,00</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		<b>28,2</b>					
1,20	2	1		9,4					
1,40	2	2		18,8					
1,60	3	1		8,8					
1,80	3	2		17,7					
<b>2,00</b>	<b>3</b>	<b>2</b>		<b>17,7</b>					
2,20	3	3		26,5					
2,40	3	3		26,5					
2,60	4	5		41,7					
2,80	4	9		75,1					
<b>3,00</b>	<b>4</b>	<b>11</b>		<b>91,8</b>					
3,20	4	16		133,5					
3,40	4	9		75,1					
3,60	5	13		102,6					
3,80	5	12		94,7					
<b>4,00</b>	<b>5</b>	<b>11</b>		<b>86,8</b>					
4,20	5	11		86,8					
4,40	5	12		94,7					
4,60	6	13		97,4					
4,80	6	15		112,4					
<b>5,00</b>	<b>6</b>	<b>100</b>		<b>749,3</b>					

H = profondità  
 L1 = asta  
 L2 = punta  
 L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

FON165

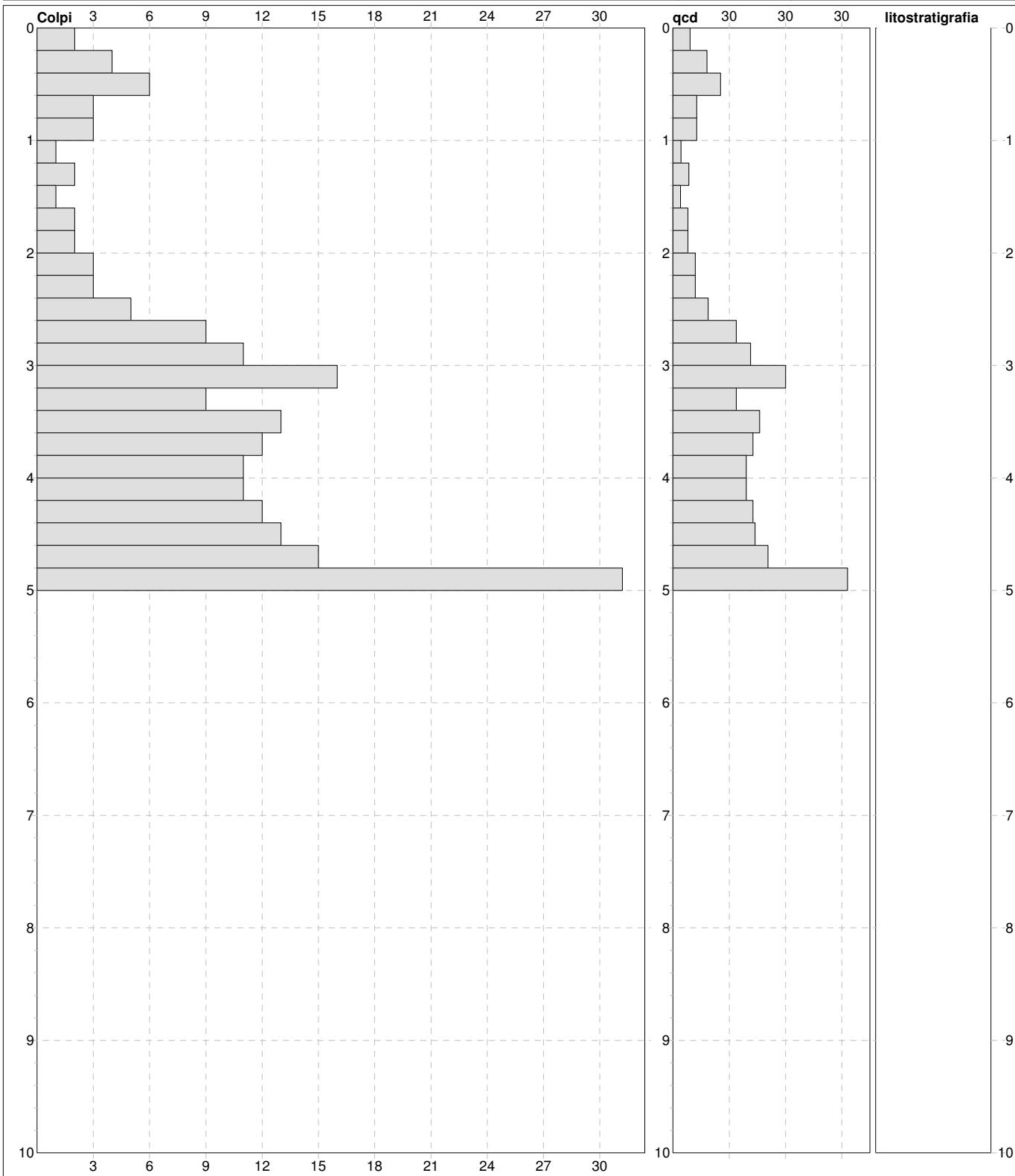
Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

GAIA Servizi S.r.l. - Via Lenin, 132/Q - 56017 San Giuliano Terme (PI) - Tel/Fax: 050 9910582 - P.IVA: 01667250508  
 Pagina 6 di 14

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

<b>DIN</b>	<b>1</b>
Riferimento	250428a
Certificato	232/25

Committente	Geol. Marco Palazzetti	U.M.:	kg/cm <sup>2</sup>	Data esec.	28/04/2025
Cantiere	250428a	Scala:	1:50	Data certificato	29/04/2025
Località	Pieve Santo Stefano - Lucca	Pagina	1	Quota inizio:	Falda



Penetrometro:	TG63-200Din	sist.litologico:	Personalizzata	preforo	m
Massa Battente	63,00 kg	Responsabile::	Jacopo Martini	Corr.astine:	: kg/ml
Altezza caduta	0,75 m	Assistente::		Cod.ISTAT:	0
Avanzamento	0,20 m				

FON165

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**SUDDIVISIONE GEOTECNICA**

<b>DIN</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>250428a</b>
Certificato	232/25

Committente **Geol. Marco Palazzetti**  
Cantiere **250428a**  
Località **Pieve Santo Stefano - Lucca**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>** Data esec. **28/04/2025**  
Data certificato **29/04/2025**  
Pagina **1** Elaborato  
**Falda** Assente

**PARAMETRI GENERALI**

n°	profondità	statistica	VCA	β	Nspt	qcd	qc	Vs	G	Q	natura	descrizione
	m		colpi	-	colpi	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	m/sec	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		
1	0,00 : 1,00	(M+min) <sup>1/2</sup>	3	1,49	4	27	25	83	36	1,37	Coes./Gran.	
2	1,00 : 2,00	(M+min) <sup>1/2</sup>	1	1,49	2	12	11	91	21	0,58	Coes./Gran.	
3	2,00 : 2,60	(M+min) <sup>1/2</sup>	3	1,49	5	29	27	116	43	1,45	Coes./Gran.	
4	2,60 : 4,80	(M+min) <sup>1/2</sup>	11	1,49	16	85	75	155	110	4,27	Coes./Gran.	
5	4,80 : 5,00	(M+min) <sup>1/2</sup>	100	1,49	149	749	674	263	657	37,47	Coes./Gran.	

**NATURA COESIVA**

**NATURA GRANULARE**

n°	profondità	Nspt	Cu	Ysat	W	e	Mo	Dr	ø	E'	Ysat	Yd	Mo	Liq.
	m	colpi	kg/cm <sup>2</sup>	t/m <sup>3</sup>	%	-	kg/cm <sup>2</sup>	%	°	kg/cm <sup>2</sup>	t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	-
1	0,00 : 1,00	4	0,25	1,80	42	1,13	30	15	28	222	1,87	1,39	39	---
2	1,00 : 2,00	2	0,13	1,75	47	1,27	25	8	27	207	1,85	1,36	34	---
3	2,00 : 2,60	5	0,31	1,83	39	1,06	33	18	28	230	1,88	1,41	41	---
4	2,60 : 4,80	16	1,00	1,97	28	0,75	61	44	32	315	1,97	1,55	65	---
5	4,80 : 5,00	149	9,31	2,10	20	0,55	331	100	45	1340	2,24	1,99	1615	---

FON165

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

<b>DIN</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>250428a</b>
Certificato	233/25

Committente **Geol. Marco Palazzetti**  
 Cantiere **250428a**  
 Località **Pieve Santo Stefano - Lucca**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>** Data esec. **28/04/2025**  
 Pagina **1** Data certificato **29/04/2025**  
 Elaborato Falda -4,70 m da p.c.

<b>H</b> m	<b>asta</b> n°	<b>punta</b> colpi	<b>riv</b> colpi	<b>qcd</b> kg/cm <sup>2</sup>	<b>H</b> m	<b>asta</b> n°	<b>punta</b> colpi	<b>riv</b> colpi	<b>qcd</b> kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	2		20,1					
0,40	1	4		40,2					
0,60	2	4		37,7					
0,80	2	5		47,1					
<b>1,00</b>	<b>2</b>	<b>5</b>		<b>47,1</b>					
1,20	2	2		18,8					
1,40	2	1		9,4					
1,60	3	1		8,8					
1,80	3	1		8,8					
<b>2,00</b>	<b>3</b>	<b>1</b>		<b>8,8</b>					
2,20	3	1		8,8					
2,40	3	2		17,7					
2,60	4	3		25,0					
2,80	4	7		58,4					
<b>3,00</b>	<b>4</b>	<b>5</b>		<b>41,7</b>					
3,20	4	6		50,1					
3,40	4	10		83,4					
3,60	5	7		55,3					
3,80	5	6		47,4					
<b>4,00</b>	<b>5</b>	<b>7</b>		<b>55,3</b>					
4,20	5	6		47,4					
4,40	5	5		39,5					
4,60	6	5		37,5					
4,80	6	7		52,4					
<b>5,00</b>	<b>6</b>	<b>6</b>		<b>45,0</b>					
5,20	6	5		37,5					
5,40	6	7		52,4					
5,60	7	7		49,9					
5,80	7	16		114,1					
<b>6,00</b>	<b>7</b>	<b>100</b>		<b>712,9</b>					

H = profondità  
 L1 = asta  
 L2 = punta  
 L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

FON165

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

GAIA Servizi S.r.l. - Via Lenin, 132/Q - 56017 San Giuliano Terme (PI) - Tel/Fax: 050 9910582 - P.IVA: 01667250508  
 Pagina 9 di 14

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

**DIN**

**2**

Riferimento

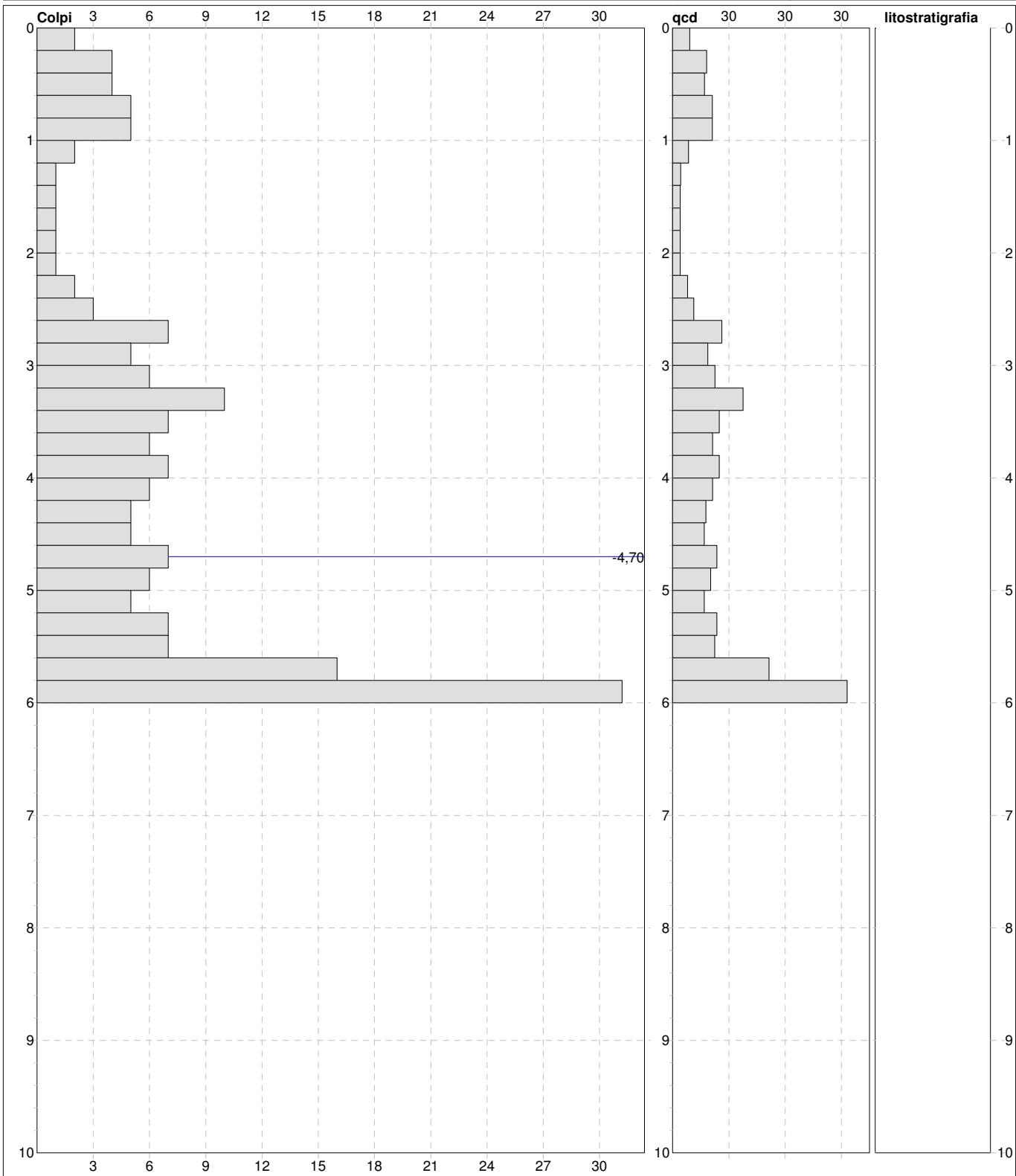
**250428a**

Certificato

233/25

Committente **Geol. Marco Palazzetti**  
 Cantiere **250428a**  
 Località **Pieve Santo Stefano - Lucca**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>** Data esec. **28/04/2025**  
 Scala: **1:50** Data certificato **29/04/2025**  
 Pagina **1** Quota inizio: :  
 Elaborato Falda **-4,70 m da p.c.**



**Penetrometro:** TG63-200Din

Massa Battente 63,00 kg

Altezza caduta 0,75 m

Avanzamento 0,20 m

sist.litologico: Personalizzata

Responsabile: Jacopo Martini

Assistente:

preforo m

Corr.astine: : kg/ml

Cod.ISTAT: 0

FON165

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

GAIA Servizi S.r.l. - Via Lenin, 132/Q - 56017 San Giuliano Terme (PI) - Tel/Fax: 050 9910582 - P.IVA: 01667250508

Pagina 10 di 14

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**SUDDIVISIONE GEOTECNICA**

<b>DIN</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>250428a</b>
Certificato	233/25

Committente **Geol. Marco Palazzetti**  
Cantiere **250428a**  
Località **Pieve Santo Stefano - Lucca**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>** Data esec. **28/04/2025**  
Pagina **1** Data certificato **29/04/2025**  
Elaborato Falda -4,70 m da p.c.

**PARAMETRI GENERALI**

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β	Nspt colpi	qcd kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	natura	descrizione
1	0,00 : 1,20	(M+min) <sup>1/2</sup>	3	1,49	4	27	24	86	36	1,35	Coes./Gran.	
2	1,20 : 2,20	(M+min) <sup>1/2</sup>	1	1,49	1	9	8	83	12	0,44	Coes./Gran.	
3	2,20 : 2,60	(M+min) <sup>1/2</sup>	2	1,49	3	20	18	107	29	0,98	Coes./Gran.	
4	2,60 : 5,60	(M+min) <sup>1/2</sup>	6	1,49	8	44	41	140	63	2,19	Coes./Gran.	
5	5,60 : 5,80	(M+min) <sup>1/2</sup>	16	1,49	24	114	103	181	153	5,71	Coes./Gran.	
6	5,80 : 6,00	(M+min) <sup>1/2</sup>	100	1,49	149	713	642	273	657	35,65	Coes./Gran.	

**NATURA COESIVA**

**NATURA GRANULARE**

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e -	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	φ °	E' kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Liq. -
1	0,00 : 1,20	4	0,25	1,80	42	1,13	30	15	28	222	1,87	1,39	39	---
2	1,20 : 2,20	1	0,06	1,68	56	1,52	22	4	26	199	1,84	1,34	32	---
3	2,20 : 2,60	3	0,19	1,78	44	1,19	28	11	27	214	1,86	1,38	37	---
4	2,60 : 5,60	8	0,50	1,87	35	0,94	41	28	29	253	1,91	1,46	48	---
5	5,60 : 5,80	24	1,50	2,07	22	0,59	77	56	34	376	2,01	1,63	327	---
6	5,80 : 6,00	149	9,31	2,10	20	0,55	331	100	45	1340	2,24	1,99	1615	---

FON165

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

<b>DIN</b>	<b>3</b>
Riferimento	<b>250428a</b>
Certificato	234/25

Committente **Geol. Marco Palazzetti**  
 Cantiere **250428a**  
 Località **Pieve Santo Stefano - Lucca**

U.M.:	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.	28/04/2025
Pagina	1	Data certificato	29/04/2025
Elaborato		Falda	Assente

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm <sup>2</sup>	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm <sup>2</sup>
0,20	1	12		120,7					
0,40	1	10		100,6					
0,60	2	5		47,1					
0,80	2	3		28,2					
<b>1,00</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>18,8</b>					
1,20	2	4		37,7					
1,40	2	14		131,8					
1,60	3	5		44,2					
1,80	3	3		26,5					
<b>2,00</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		<b>35,4</b>					
2,20	3	7		61,9					
2,40	3	7		61,9					
2,60	4	9		75,1					
2,80	4	11		91,8					
<b>3,00</b>	<b>4</b>	<b>14</b>		<b>116,8</b>					
3,20	4	15		125,2					
3,40	4	10		83,4					
3,60	5	100		789,5					

H = profondità  
 L1 = asta  
 L2 = punta  
 L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

FON165

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

GAIA Servizi S.r.l. - Via Lenin, 132/Q - 56017 San Giuliano Terme (PI) - Tel/Fax: 050 9910582 - P.IVA: 01667250508  
 Pagina 12 di 14

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

**DIN**

**3**

Riferimento

**250428a**

Certificato

234/25

Committente **Geol. Marco Palazzetti**  
 Cantiere **250428a**  
 Località **Pieve Santo Stefano - Lucca**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>** Data esec. **28/04/2025**  
 Scala: **1:50** Data certificato **29/04/2025**  
 Pagina **1** Quota inizio: :  
 Elaborato **Falda** Assente



<b>Penetrometro:</b> TG63-200Din	<b>sist.litologico:</b> Personalizzata	<b>preforo</b> m
Massa Battente 63,00 kg	Responsabile:: Jacopo Martini	Corr.astine: : kg/ml
Altezza caduta 0,75 m	Assistente::	Cod.ISTAT: 0
Avanzamento 0,20 m		

FON165

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**SUDDIVISIONE GEOTECNICA**

<b>DIN</b>	<b>3</b>
Riferimento	<b>250428a</b>
Certificato	234/25

Committente **Geol. Marco Palazzetti**  
Cantiere **250428a**  
Località **Pieve Santo Stefano - Lucca**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>** Data esec. **28/04/2025**  
Pagina **1** Data certificato **29/04/2025**  
Elaborato Falda Assente

**PARAMETRI GENERALI**

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β	Nspt colpi	qcd kg/cm <sup>2</sup>	qc kg/cm <sup>2</sup>	Vs m/sec	G kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	natura	descrizione
1	0,00 : 0,40	(M+min) <sup>1/2</sup>	11	1,49	16	106	95	88	110	5,28	Coes./Gran.	
2	0,40 : 1,20	(M+min) <sup>1/2</sup>	3	1,49	4	26	23	91	36	1,29	Coes./Gran.	
3	1,20 : 1,40	(M+min) <sup>1/2</sup>	14	1,49	21	132	119	133	137	6,59	Coes./Gran.	
4	1,40 : 2,00	(M+min) <sup>1/2</sup>	4	1,49	5	31	28	109	43	1,55	Coes./Gran.	
5	2,00 : 3,40	(M+min) <sup>1/2</sup>	9	1,49	13	75	65	141	93	3,75	Coes./Gran.	
6	3,40 : 3,60	(M+min) <sup>1/2</sup>	100	1,49	149	790	751	246	657	39,48	Coes./Gran.	

**NATURA COESIVA**

**NATURA GRANULARE**

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	W %	e -	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Dr %	φ °	E' kg/cm <sup>2</sup>	Ysat t/m <sup>3</sup>	Yd t/m <sup>3</sup>	Mo kg/cm <sup>2</sup>	Liq. -
1	0,00 : 0,40	16	1,00	1,97	28	0,75	61	44	32	315	1,97	1,55	65	---
2	0,40 : 1,20	4	0,25	1,80	42	1,13	30	15	28	222	1,87	1,39	39	---
3	1,20 : 1,40	21	1,31	2,03	24	0,65	71	52	33	353	2,00	1,60	296	---
4	1,40 : 2,00	5	0,31	1,83	39	1,06	33	18	28	230	1,88	1,41	41	---
5	2,00 : 3,40	13	0,81	1,93	30	0,82	55	40	31	291	1,95	1,53	59	---
6	3,40 : 3,60	149	9,31	2,10	20	0,55	331	100	45	1340	2,24	1,99	1615	---

FON165

Software by dott. Geol. Diego Merlin +39 0425-840820

N. ALL.	TITOLO
All. 3	Classificazione ammasso roccioso

**Località: loc. Via di Pieve S. Stefano (Lucca – LU)**

Stazione n° 1 Orientamento fronte: N80°E

data: 06/05/2025

Litologia: Unità ligure – Formazione delle Arenarie di Monte Gottero

Facies prevalentemente Arenacea con livelli argillitico-siltitico-marnosi sviluppati (vicinanza del contatto stratigrafico con la formazione degli Scisti della Val Lavagna)

Note:

La compressione monoassiale media della roccia in posto stimata con utilizzo del Martello di Schmidt è risultata pari a 5-8 MPa.

RQD calcolato sul fronte roccioso: &lt;25/30

**Situazione rappresentativa della facies molto alterata/fratturata/ossidata****Classificazione Ammasso Roccioso**Dati Classificazione Bieniawski*Simbologia adottata*

- A1 Co - resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;  
 A2 RQD - qualità della massa rocciosa mediante l'indice di recupero;  
 A3 Is - spaziatura delle discontinuità;  
 A4 Cd - Condizioni delle discontinuità (natura delle pareti, separazioni, riempimenti);  
 A5 Ci - Condizioni idrauliche;  
 A6 Gd - Giacitura delle discontinuità rispetto alla direzione di scavo;

A1 = 2.00 : Co=5÷25 Mpa

A2 = 3.00 : RQD&lt;25

A3 = 8.00 : Is=0.06÷0.2

A4 = 20.00 : Leggermente rugosa - Continue - Aperture=0.1÷1mm - Pareti mediamente alterate - Riempimento compatto

A5 = 7.00 : Umida/Bagnata

Tipo = 3

A6 = -50.00 : Sfavorevole

Risultati Classificazione Bieniawski*Simbologia adottata*

RMR : Indice di BIENIAWSKI

Des : Descrizione dell'ammasso roccioso

c : Coesione dell'ammasso roccioso espressa in [kg/cmq]

φ : Angolo attrito ammasso roccioso [°]

E : Modulo elastico ammasso roccioso espresso in [kg/cmq]

GSI : Geological Strength Index

RMR	Des	c [kg/cmq]	φ	E	GSI [kg/cmq]
-10.00	MOLTO SCADENTE	2.00	25.00	3162.28	35.00

N. ALL.	TITOLO
All. 4	Indagini sismiche Onde P, MASW e misure di rumore sismico HVSR



# Andrea Casella Geologo

Piazza Berlinguer 38, 56017 Metato (San Giuliano Terme - PI)

## RISULTATI DELLE INDAGINI GEOSISMICHE EFFETTUATE IN VIA DELLA PIEVE DI SANTO STEFANO (LU)

- RIFRAZIONE IN ONDE P
- MASW



APRILE 2025



## PROSPEZIONE GEOSISMICA A RIFRAZIONE

### **PREMESSE**

La presente relazione illustra e sintetizza i risultati dell'indagine geosismica a rifrazione effettuata in comune di Lucca, lungo un tratto di Via della Pieve di Santo Stefano, interessata da fenomeni franosi, nel tratto immediatamente a valle di Villa Tronci.

L'indagine si è articolata in 2 profili a rifrazione in onde P, elaborati con tecnica tomografica 2D, integrati da una prospezione di tipo *MASW*, sulla linea n 2.

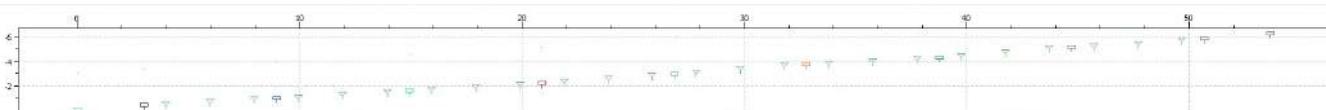
L'ubicazione indicativa degli stendimenti geosismici è riportata nell'allegato estratto da CTR/foto-sat scala 1:1000 ed illustrata nella documentazione fotografica. Gli stendimenti stessi sono stati individuati con precisione in campagna, mediante picchettatura di estremi e punto centrale.

Per l'indagine in oggetto è stata impiegata un'attrezzatura "*ECHO 24 Seismic Unit*", della *AMBROGEO instruments*, 24 bit, 24+1 canali, con software di acquisizione proprietario.

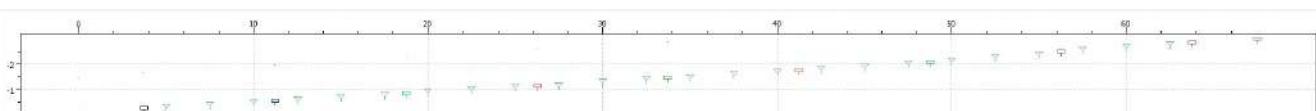
Il software di acquisizione dati è "*ECHO*"; l'attrezzatura comprende 2 cavi sismici a 12 *takes out* con connettori *cannon*, montati su rullo, geofoni verticali, mazza di battuta con interruttore starter, piastra di battuta per energizzazione in onde P, cavo trigger montato su rullo.

I tempi di acquisizione sono stati di 200 ms. Il tempo di campionamento di 0,256 ms (= 3906.25 Hz).

Le linee a rifrazione comprendono 11 shots, con una disposizione a 24 geofoni passo 2,0 m per il profilo 1 a monte e passo 2,5 m per il profilo a valle, lungo strada, secondo i seguenti schemi :



*Geometria profilo 1*



*Geometria profilo 2*

### **GENERALITÀ SULLE PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE**

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

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

- le onde dirette : che rappresentano la perturbazione che attraversando il solo primo strato va al geofono dalla sorgente di energia;

- le onde riflesse : che vengono riflesse dalle superfici di discontinuità;
- le onde rifratte : date dal raggio che subisce la rifrazione totale e percorre la superficie di discontinuità a velocità pari a quella dello strato più veloce; l'angolo critico di incidenza dipende dal rapporto delle velocità di propagazione delle onde sismiche nei due materiali, secondo la legge di *Snell*:

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

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

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

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

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

Il tempo che corrisponde all'intersezione di ciascun segmento di retta con l'asse dei tempi è detto *intercept time*. Questi valori, come quelli della distanza critica, dipendono direttamente dalla velocità dei materiali e dallo spessore degli strati, e possono quindi essere utilizzati per determinare le profondità dei tetti degli strati stessi.

In sostanza, una volta determinate le varie velocità, vi sono infatti due metodi per determinare le profondità dei vari strati sotto i punti di energizzazione: il metodo dell'intercetta e quello della distanza critica. Una volta note queste entità è poi possibile calcolare la profondità dei vari strati in corrispondenza di ogni geofono, con il metodo ABC (*delay times*) o con il GRM (*generalized Reciprocal Method*).

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

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

Questo comporta che anche litotipi differenti possano avere uguali velocità delle onde sismiche compressionali (ad esempio roccia fortemente fratturata e materiale detritico saturo con velocità Vp dell'ordine di 1400-1700 m/sec), per cui non necessariamente l'interpretazione sismo-stratigrafica corrisponderà con la reale situazione geologico-stratigrafica.

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

- un livello potrà essere evidenziato soltanto se la velocità di trasmissione delle onde in esso risulterà superiore a quella dei livelli sovrastanti (effetto della inversione di velocità);
- un livello di spessore limitato rispetto al passo dei geofoni e alla sua profondità può non risultare rilevabile;
- un livello di velocità intermedia compreso tra uno strato sovrastante a velocità minore ed uno sottostante a velocità sensibilmente maggiore può non risultare rilevabile perché mascherato dagli "arrivi" dello strato sottostante (effetto dello strato nascosto e "zona oscura");
- aumentando la spaziatura tra i geofoni aumenta la profondità di investigazione ma può ovviamente ridursi la precisione della determinazione della profondità dei limiti di passaggio tra i diversi livelli individuati. In presenza di successioni di livelli con velocità (crescenti) di poco differenti tra loro, orizzonti a velocità intermedia con potenza fino anche a 1/3 del passo adottato possono non essere evidenziati. Il limite tra due orizzonti può quindi in realtà passare "attraverso" un terzo intermedio non evidenziabile;
- analogamente, incrementi graduali di velocità con la profondità danno origine a dromocroni che consentono più schemi interpretativi. Il possibile errore può essere contenuto potendo disporre di sondaggi di taratura e "cercando" sulle dromocroni delle basi sismiche i livelli che abbiano velocità il più possibile simili a quelle ottenute con le tarature.

Per contro i moderni metodi di elaborazione del dato sismico consentono di ricostruire la morfologia sepolta di più rifrattori sovrapposti, variamente accidentati e con velocità variabili lungo il profilo, anche in presenza di morfologie di superficie non piane: la buona precisione raggiungibile, specie se si dispone di sondaggi di taratura, consente talora di elevare la prospettiva sismica da semplice valutazione qualitativa a valido supporto quantitativo dell'indagine geognostica.

### **ELABORAZIONE CON TECNICA TOMOGRAFICA**

Le misure effettuate con la tecnica a rifrazione possono essere elaborate con la procedura tomografica al fine di evidenziare in dettaglio le variazioni locali di velocità. La tecnica tomografica prevede la creazione di un modello sintetico del sottosuolo e la sua perturbazione alla ricerca del minimo scarto tra le misure effettuate sul terreno e le misure "virtuali" registrate sul modello sintetico attraverso una procedura iterativa.

La presente indagine è stata elaborata con tecnica tomografica, mediante il software **Smart Tomo 2020.0**. *SmartTomo* è basato sul lavoro di Moser, T. J. "Shortest path calculation of seismic rays." *Geophysics* 56.1 (1991): 59-67.

La procedura iterativa alterna le due seguenti fasi:

- Nella fase diretta vengono calcolati sul modello sintetico i tempi di arrivo dell'impulso sismico. Il modello di velocità iniziale è suddiviso in una griglia le cui celle hanno assegnato un valore di velocità iniziale. Sui lati della cella sono presenti più nodi che costituiscono i nodi della rete di ipotetici raggi sismici che connettono tutte le sorgenti e tutti i ricevitori che sono anch'essi dei nodi. Ogni nodo è connesso con i nodi delle celle adiacenti. Il percorso delle onde rifratte corrisponde al percorso lungo i raggi sismici che impiega il minor tempo a percorrere il tragitto tra la sorgente ed il ricevitore.
- Nella fase inversa i tempi sintetici calcolati nel passo diretto vengono confrontati con i tempi misurati; le differenze tra i due tempi sono usate per aggiornare il modello sintetico. Nell'applicazione di questo metodo la *velocità* viene sostituita dal suo inverso, la *lentezza*. Quindi considerando un generico raggio sismico  $j$  tra la sorgente ed il ricevitore la lentezza media può essere espressa come:

$$S_j = \frac{t_{0j}}{l_j}$$

dove  $t_{0j}$  rappresenta il tempo misurato tra la sorgente ed il ricevitore e  $l_j$  rappresenta la lunghezza del raggio sismico  $j$ -esimo. Pertanto, conoscendo i tempi di percorso misurato  $t_m$  e  $t_c$  per il raggio  $j$ -esimo si può calcolare il residuo del tempo di percorso:

$$\Delta t_j = t_{mj} - t_{cj}$$

Il residuo dei tempi di percorso può essere proiettato su ciascuna cella  $k$  su cui può essere calcolato anche il fattore di correzione della lentezza:

$$\Delta S_k = \frac{\sum \Delta t_{ik}}{\sum \Delta l_{ik}}$$

L'indice  $i$  indica ciascun raggio sismico incidente sulla cella  $k$ -esima. Il fattore di correzione della lentezza verrà utilizzato per aggiornare il modello di velocità alla fine di ogni iterazione del ciclo di risoluzione.

Questa procedura consente di ottenere un modello, con variazioni di velocità continue e non necessariamente vincolato alla presenza di rifrattori. La risoluzione numerica della tomografia è affrontata in modo iterativo cercando la soluzione che riduce la differenza tra i tempi misurati e quelli calcolati.

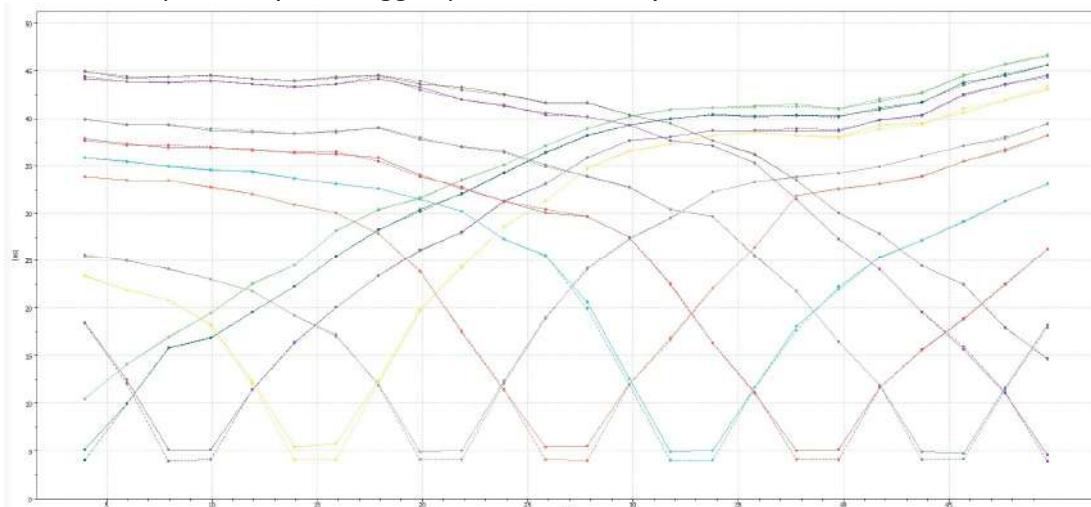
## INTERPRETAZIONE

Alla presente relazione sono allegati:

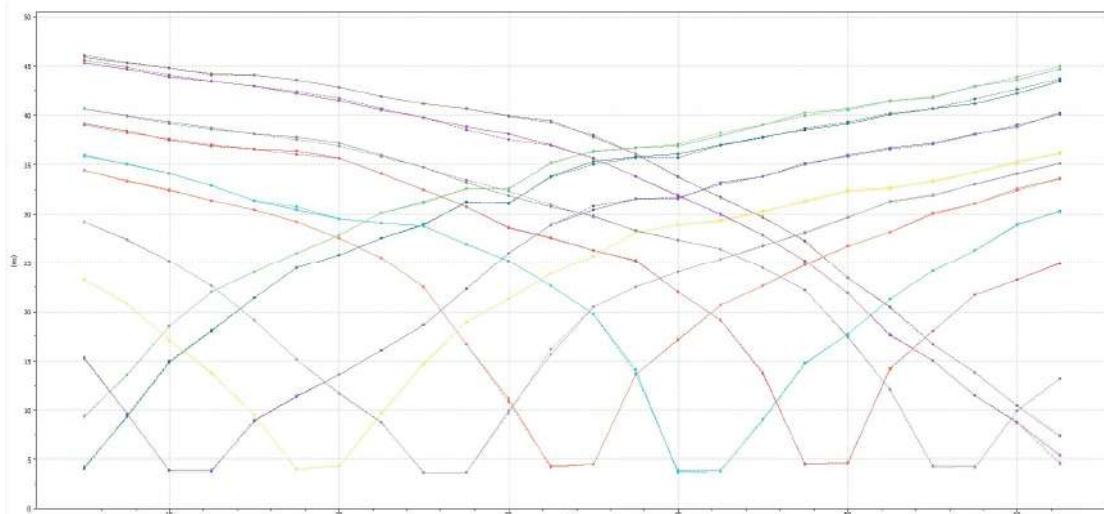
- i sismogrammi relativi alle acquisizioni effettuate, con indicati i primi arrivi delle onde P ;
- le dromocrone relative ai primi arrivi delle onde P con relativa tabella ;
- i profili sismostratigrafici ricostruiti con tecnica tomografica, con indicate isolinee di eguale velocità per le onde P .

I grafici 2D della restituzione tomografica sono presentati sia senza isolinee di velocità sia con isolinee. Gli errori sull'elaborazione risultano piuttosto contenuti, come evidenziano le seguenti tavole, che riportano le dromocronie *registerate* e quelle *calcolate*.

*Dromocrone relative al profilo 1 (in tratteggio quelle da modello) :*



*Dromocrone relative al profilo 2 (in tratteggio quelle da modello) :*



E' stata redatta anche una tavola, in scala 1:250, dove sono indicate le posizioni di alcuni elementi in campagna (per la localizzazione precisa) nonché alcuni passaggi di Vp che potrebbero essere significativi.

Si evidenzia quanto segue:

- Un primo strato a velocità inferiore ai 600 m/s, che presenta spessore maggiore nel profilo 1, e rappresenta presumibilmente uno spessore di terreno di riporto/copertura di bassa consistenza.
- Segue uno strato a Vp crescente e spessore non omogeneo, né nel profilo 1 né nel profilo 2 ; le Vp aumentano fino ai 1300 m/s. L'andamento di questo passaggio sembra più regolare in corrispondenza del profilo lungo-strada.
- Nell'ambito di questi terreni a maggior velocità si distinguono altri passaggi che potrebbero risultare significativi, e precisamente a terreni con  $Vp > 1700/1800$  m/s, e a un rifrattore "di base" in cui la Vp passa a 2200-2300 m/s.

## PROSPEZIONE MASW

### PREMESSE

L'indagine MASW è stata effettuata lungo la linea geosismica impiegata per la prospezione a rifrazione con tecnica tomografica n. 2, impiegando la stessa strumentazione.

Il software di acquisizione dati è "ECHO"; l'attrezzatura comprende 2 cavi sismici a 12 takes out con connettori *cannon*, montati su rullo, geofoni verticali da 4,5 Hz, mazza di battuta con interruttore starter, piastra di battuta per energizzazione in onde di *Rayleigh*, cavo trigger montato su rullo.

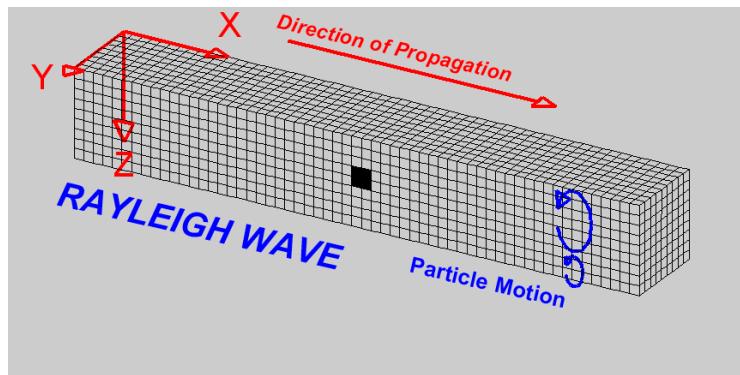
I tempi di acquisizione sono stati di 1000 ms; il tempo di campionamento di 0,256 ms (= 3906.25 Hz).

L'indagine *MASW* permette la caratterizzazione della velocità delle onde S dei terreni presenti. L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha consentito di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali.

### GENERALITÀ SUL METODO MASW

Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in onde *di corpo* e onde *di superficie*. Fra queste ultime si hanno le onde di *Rayleigh*, le onde di *Love* e le onde di *Lamb*.

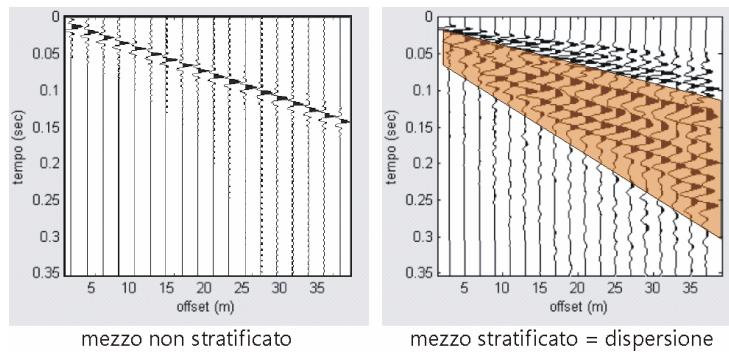
Le onde di *Rayleigh*, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.



Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, e si inverte a una profondità di  $\lambda/2\pi$ . L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale.

L'energia convertita in onde di *Rayleigh* è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P ed S. Inoltre l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di  $r$ , e non con  $r$  come avviene per le onde di corpo. Le onde di *Rayleigh* presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella delle onde di taglio.

In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione della frequenza, non si ha cioè *dispersione*, la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione della frequenza. Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenta una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di  $\lambda/2$  circa.



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. Quindi una metodologia che utilizzi le onde superficiali è in grado di rilevare variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

Nel caso che l'obiettivo sia di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S nel terreno, questo tipo di indagine è molto utile, in quanto la Vs è il fattore che governa le caratteristiche della dispersione. Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione.

L'indagine secondo la tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali. Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5 Hz).

La distanza dalla sorgente di energizzazione e il primo ricevitore condiziona  $\lambda_{\max}$ , e quindi la profondità di indagine; anche la lunghezza dello stendimento geofonico è in relazione alla profondità di indagine, mentre la distanza intergeofonica condiziona lo spessore dello strato più sottile rilevabile.

E' importante osservare che nel sismogramma possono comparire diversi tipi di onde: onde di corpo, onde superficiali non piane, onde riverberate dalle disomogeneità superficiali, oltre al rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Questo comporta una difficoltà aggiuntiva nella "lettura" dello spettro di velocità e quindi nella successiva individuazione della curva di dispersione.

Le onde di corpo sono di solito riconoscibili; le onde superficiali riverberate (back scattered) possono risultare prevalenti in un sismogramma quando siano presenti discontinuità orizzontali. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (*ground roll*);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh;
- l'inversione della curva di dispersione, al fine di ottenere il profilo verticale delle Vs.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando come riferimento la curva di dispersione precedentemente ottenuta. Per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione è necessaria l'assunzione di valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità.

La procedura di inversione utilizzata dal software *winMASW* è legata agli "algoritmi genetici", il quale approccio consente di ottenere risultati più affidabili rispetto ai metodi di inversione basati sulla matrice Jacobiana.

E' estremamente utile, per una interpretazione affidabile, poter disporre di dati di riferimento, sia per fornire uno spazio di ricerca iniziale al processo di inversione, sia per effettuare una "modellazione diretta" di ausilio a un corretto "picking" della curva di dispersione.

## **INTERPRETAZIONE DEI DATI**

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software *winMASW 2018 Academy*, il quale (tra le numerose funzioni) consente la determinazione di profili della velocità delle onde di taglio  $V_s$  tramite modello diretto e tramite inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi "genetici". Tale programma è in grado di operare sui records in formato .SGY prodotti dalla strumentazione *Ambrogeo* e di effettuare l'analisi delle curve di dispersione in onde sia di *Love* che di *Rayleigh*, sia congiuntamente.

Lungo la linea sono state effettuate 3 energizzazioni, a diversi offset minimi rispetto alla linea geofonica (5,0-7,5-10,0 m). Una volta osservati i *common-shot gather* e gli spettri di velocità di fase relativi alle varie acquisizioni (vedere allegato relativo) si è proceduto con l'elaborazione per "modello diretto".

Nella tavola dell'elaborazione per modello diretto, ai 3 spettri di velocità di fase sono sovrapposte le curve di dispersione (3 modi) risultanti dal modello stesso, che è il seguente:

modello diretto VsE = 415 m/s (da p.campagna)

strato	1	2	3	4
VSv da Rayleigh (m/sec)	250	450	600	850
spessore (m)	3,0	3,5	5,5	

Relativamente all'acquisizione a offset minimo pari a 10,0 m è stata effettuata anche un'elaborazione per "picking" e inversione. La tavola, ed il report, relativi a tale elaborazione restituiscono una sismostratigrafia non dissimile a quella del modello diretto iniziale.

elaborazione mediante picking e inversione VsE = 395-402 m/s (da p.campagna)

<i>(best model)</i>	strato	1	2	3	4
VSV da Rayleigh (m/sec)		237	402	616	860
spessore (m)		2,5344	4,1806	4,5149	

Bisogna sottolineare il fatto che gli spettri di velocità di fase sono certamente condizionati dal fatto che la situazione sismostratigrafica non è omogenea (non è un suolo assimilabile cioè a 1D), come evidenziato dalla prospezione a rifrazione in onde P.

Inoltre la presenza della sede stradale e relativo sottofondo, riporti, etc. contribuisce presumibilmente a generare massimi energetici relativi ai modi superiori, il che complica gli spettri stessi.

**ALLEGATI :**

- *Ubicazione indagine geosismica su CTR/fotosat*
- *Documentazione fotografica*
- *Indagine a rifrazione :*
  - *sismogrammi con primi arrivi onde P profilo 1*
  - *dromocrone e tabella primi arrivi onde P profilo 1*
  - *rappresentazione tomografica delle Vp profilo 1*
  - *sismogrammi con primi arrivi onde P profilo 2*
  - *dromocrone e tabella primi arrivi onde P profilo 2*
  - *rappresentazione tomografica delle Vp profilo 2*
  - *raffronto tra le sezioni tomografiche - scala 1:250*
- *Indagine MASW:*
  - *common-shot gather e spettri di velocità di fase relativi alle varie acquisizioni*
  - *grafici elaborazione da modello diretto*
  - *grafici elaborazione per picking e inversione*
  - *report elaborazione per picking e inversione*

***San Giuliano Terme, 28.04.2025***



ubicazione linee geosismiche  
su CTR/fotosat - scala 1:1.000

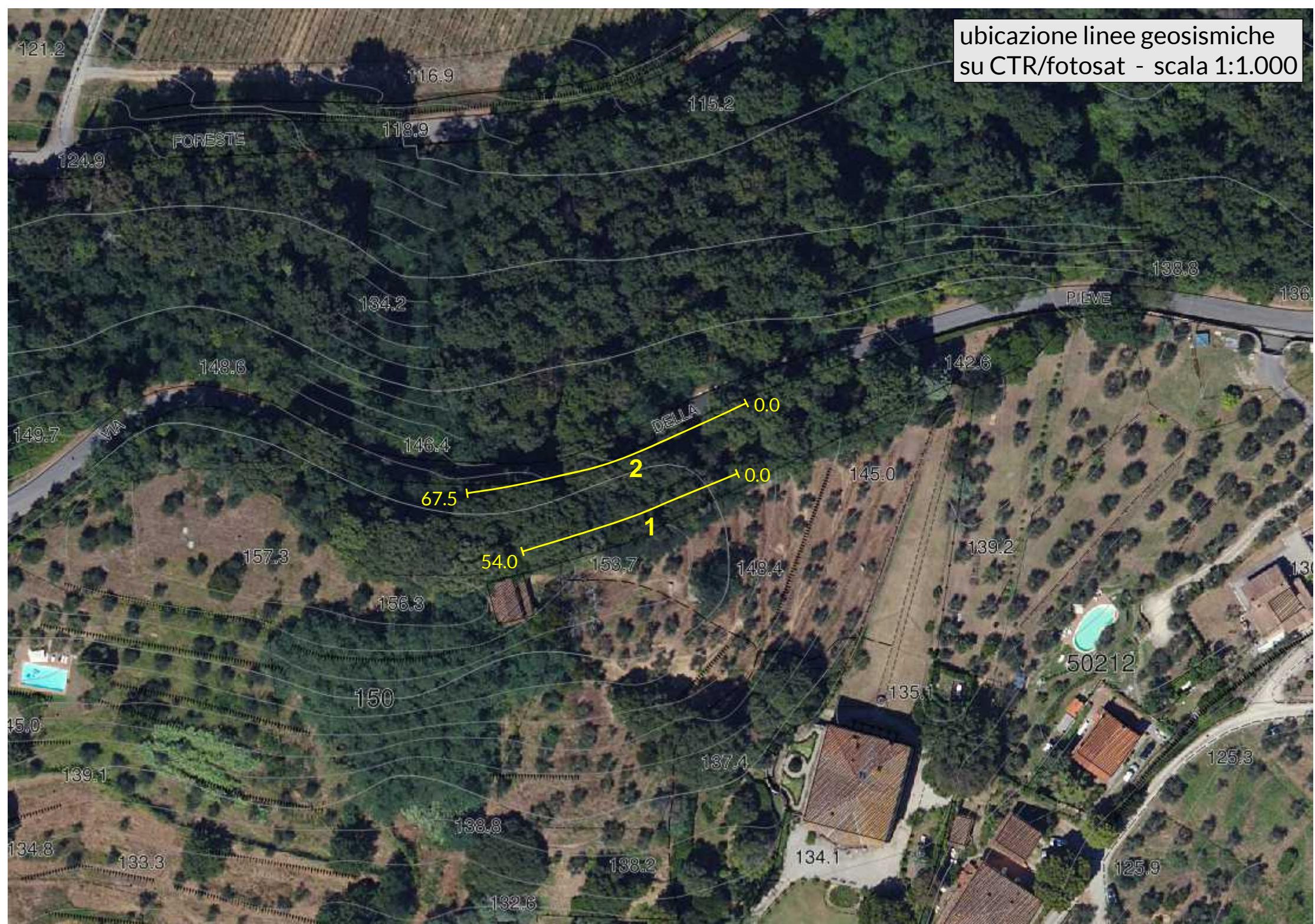




foto linea geosismica n. 1 (monte)

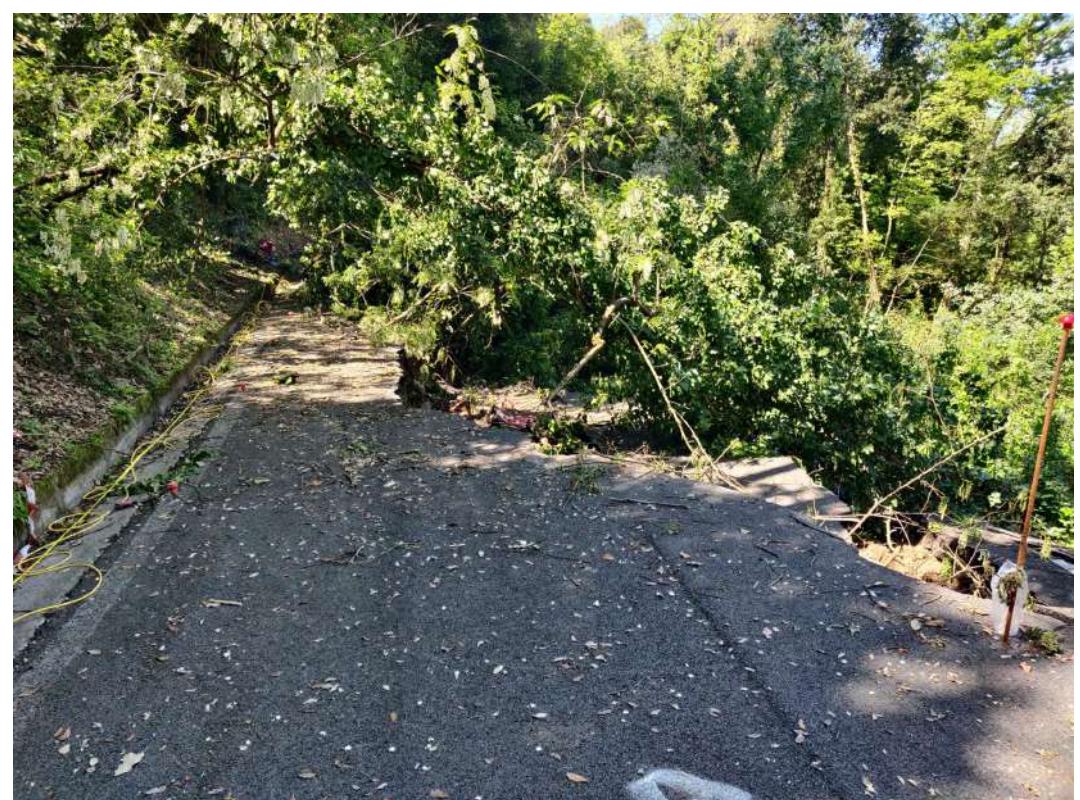
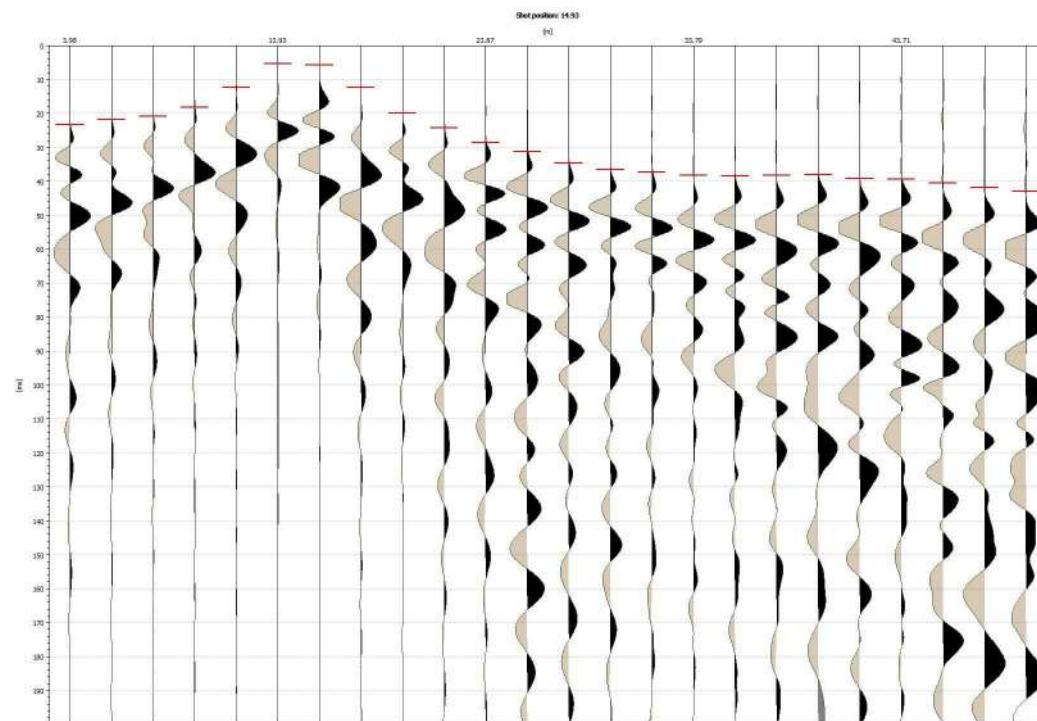
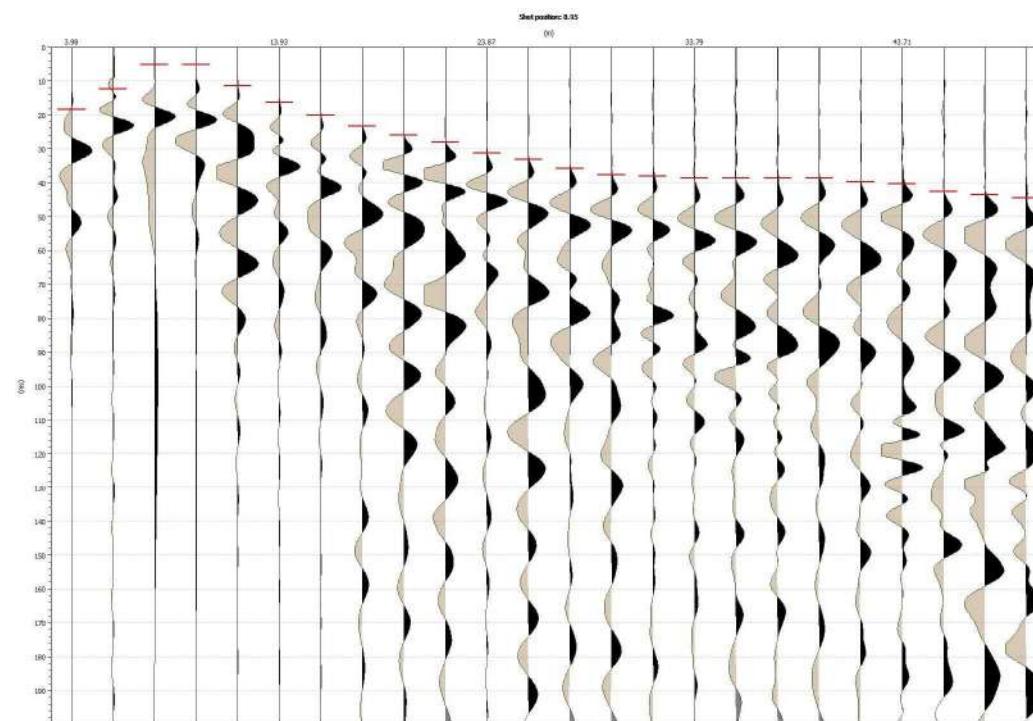
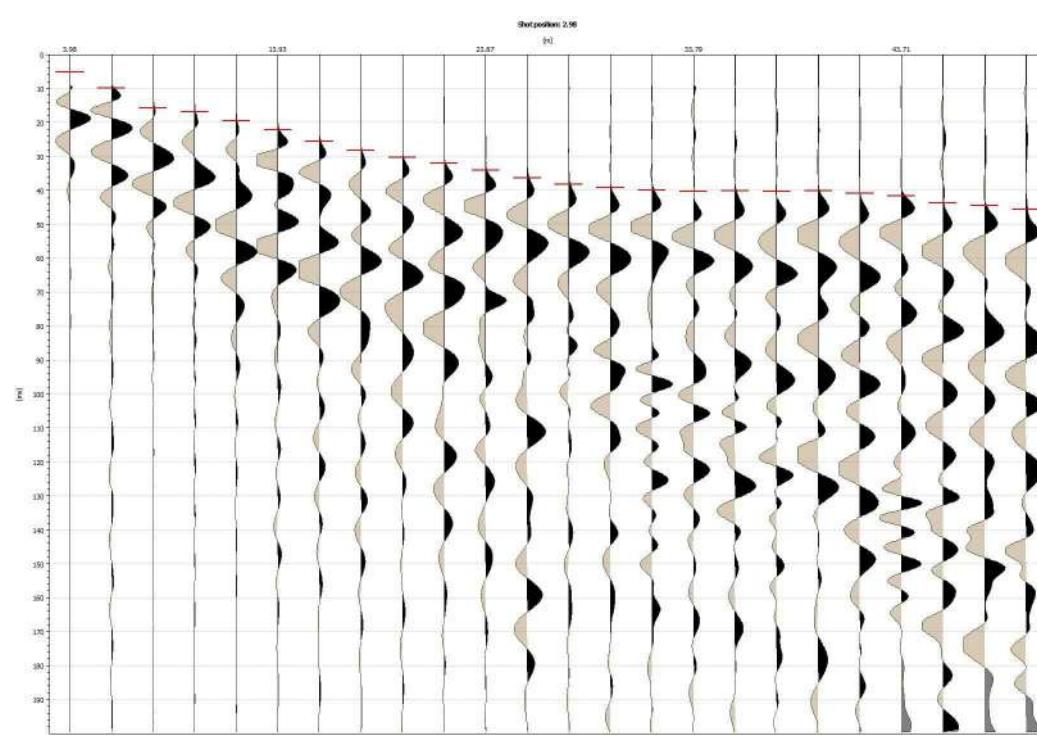
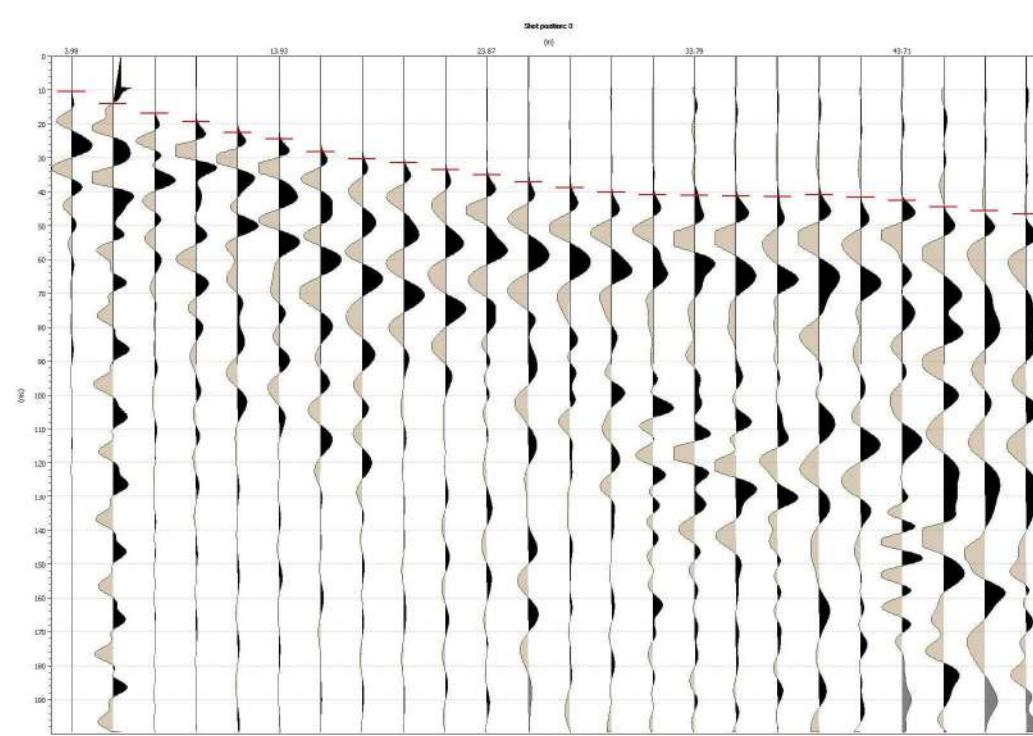
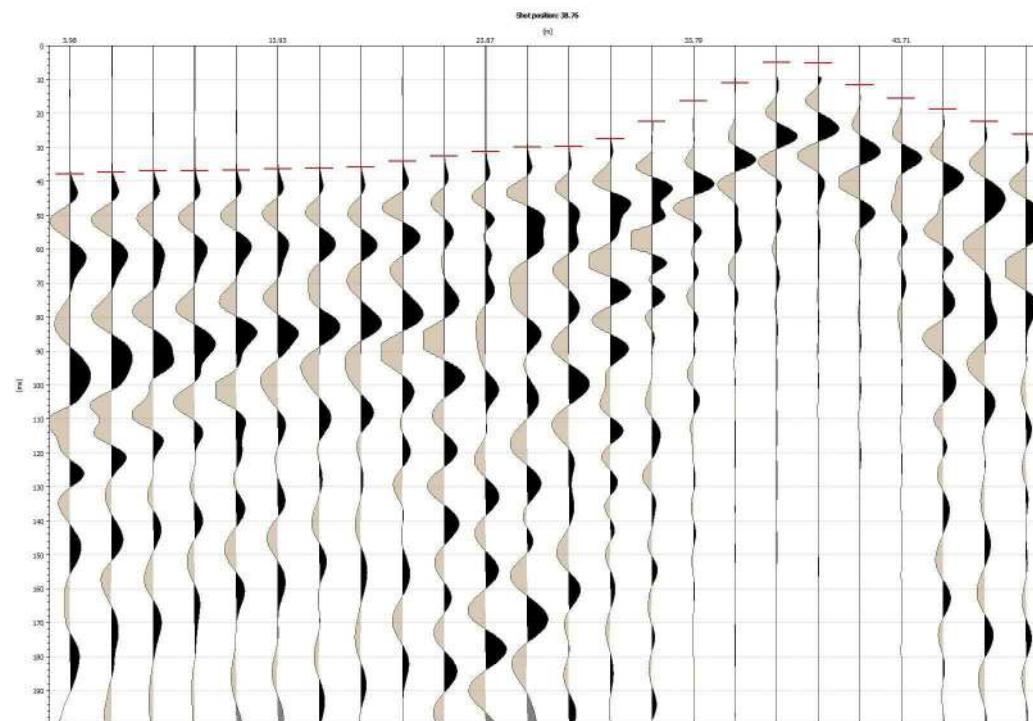
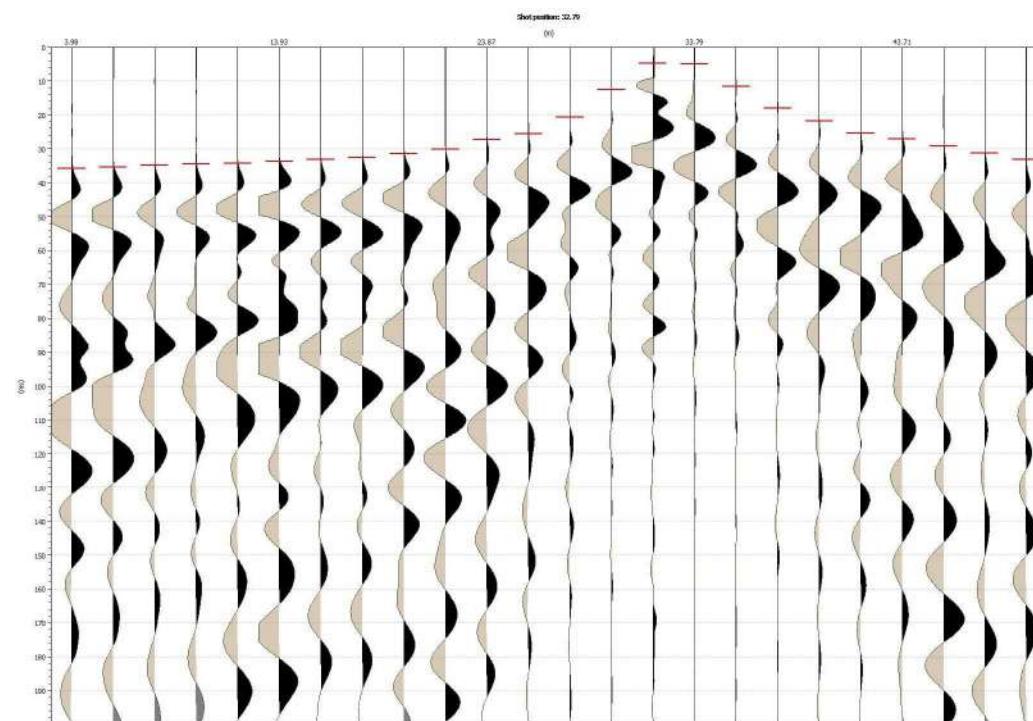
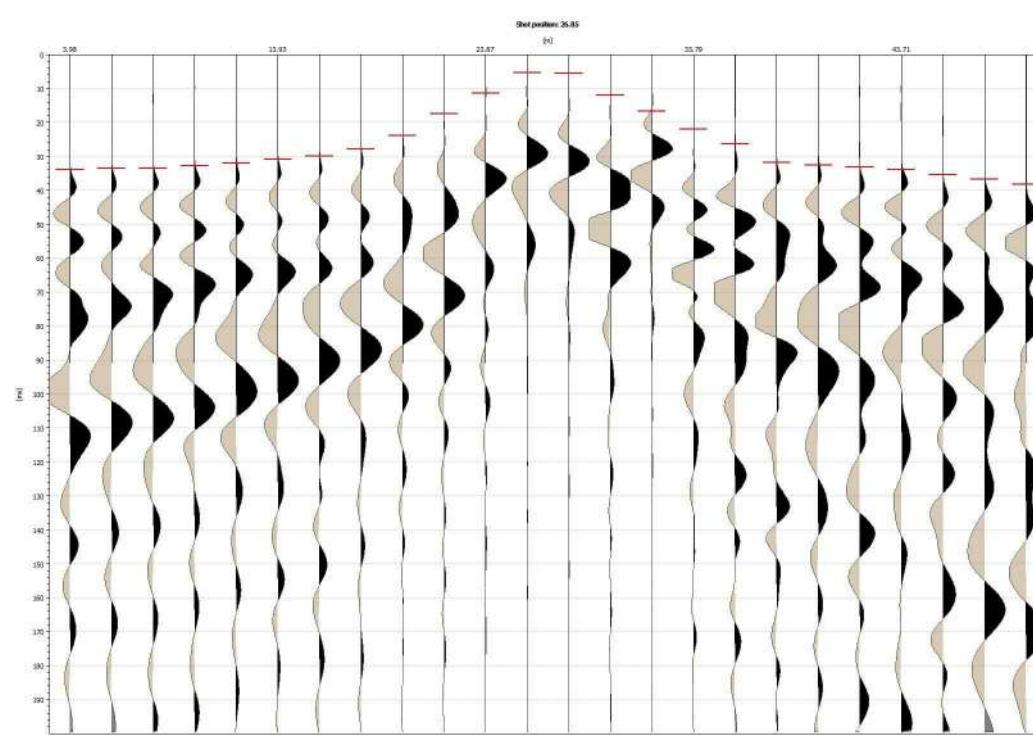
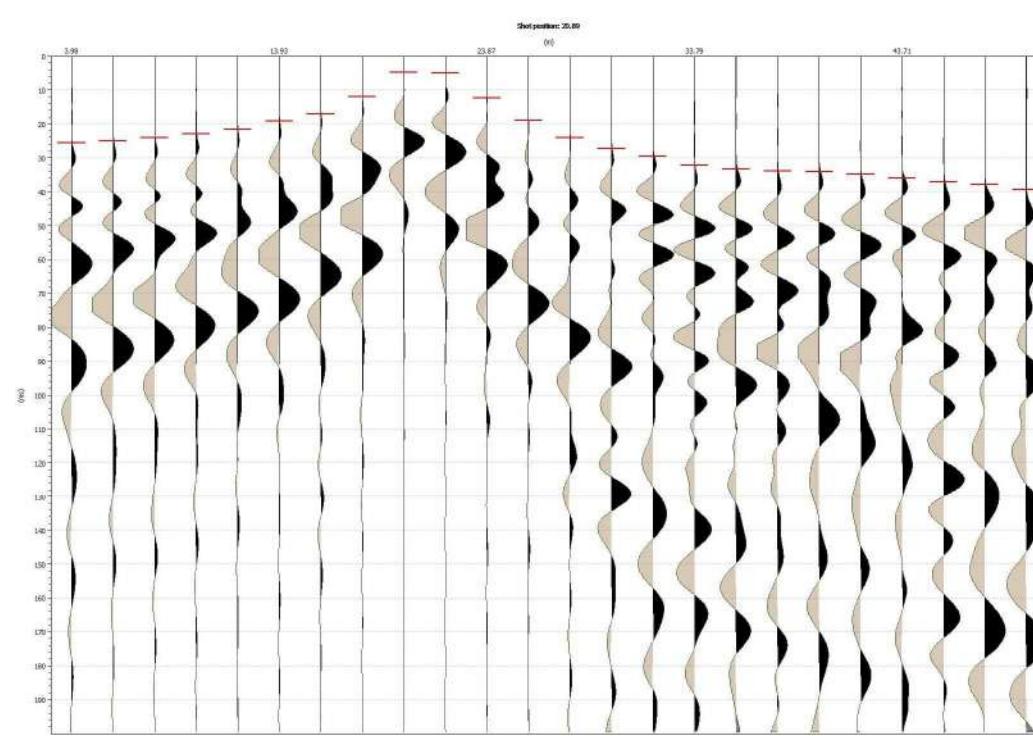
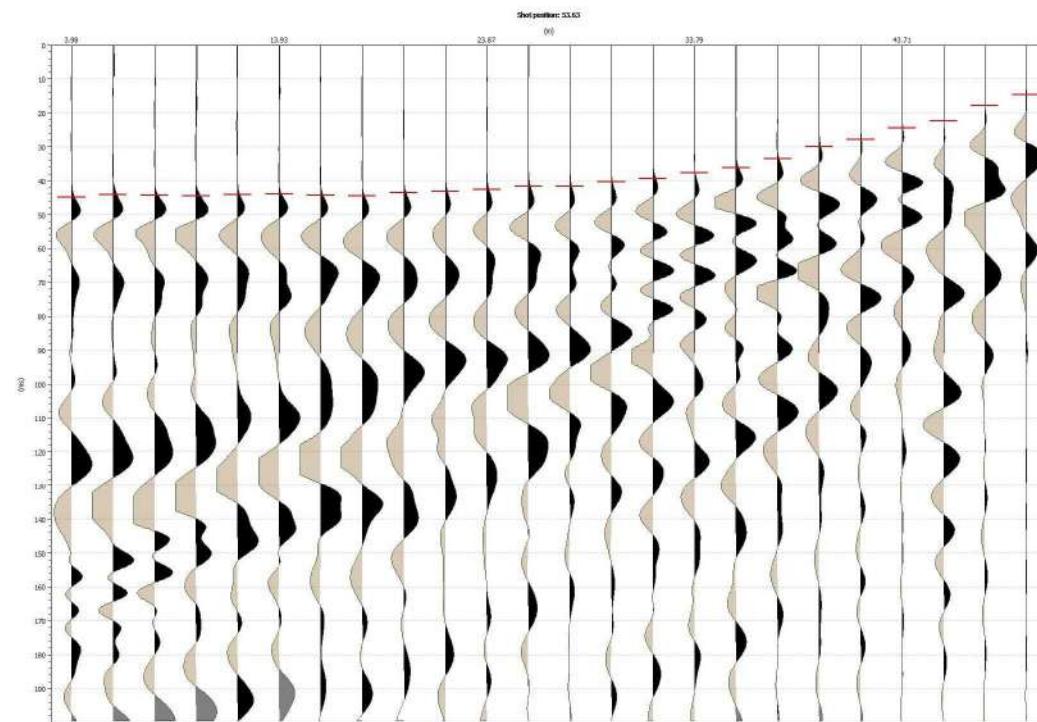
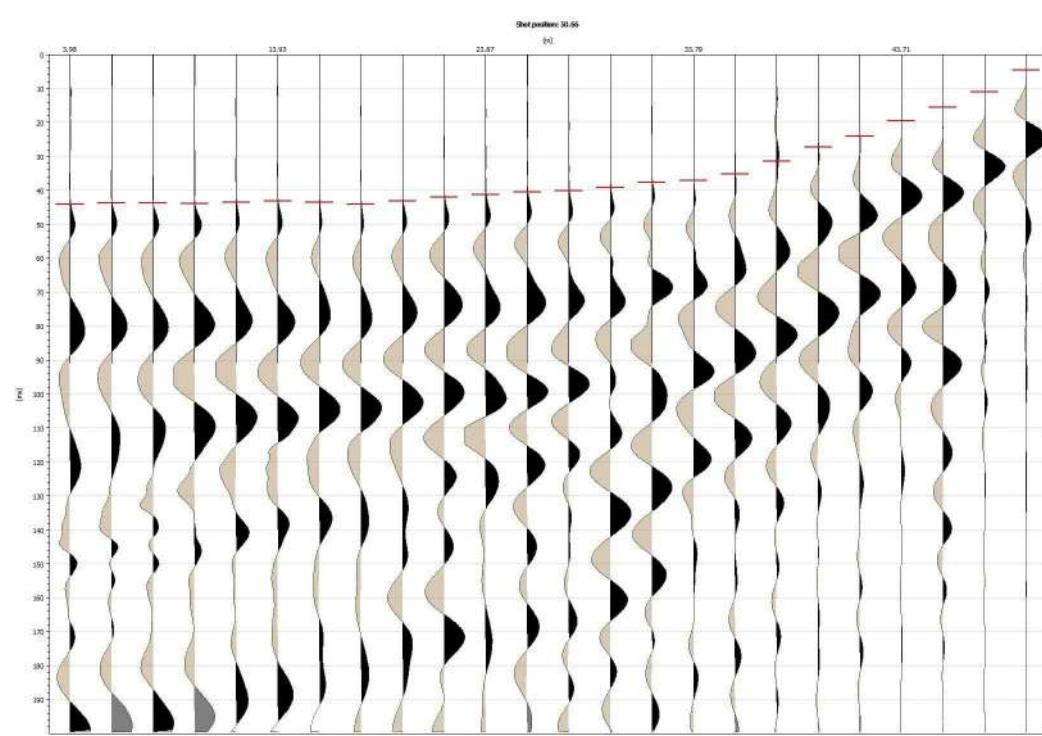
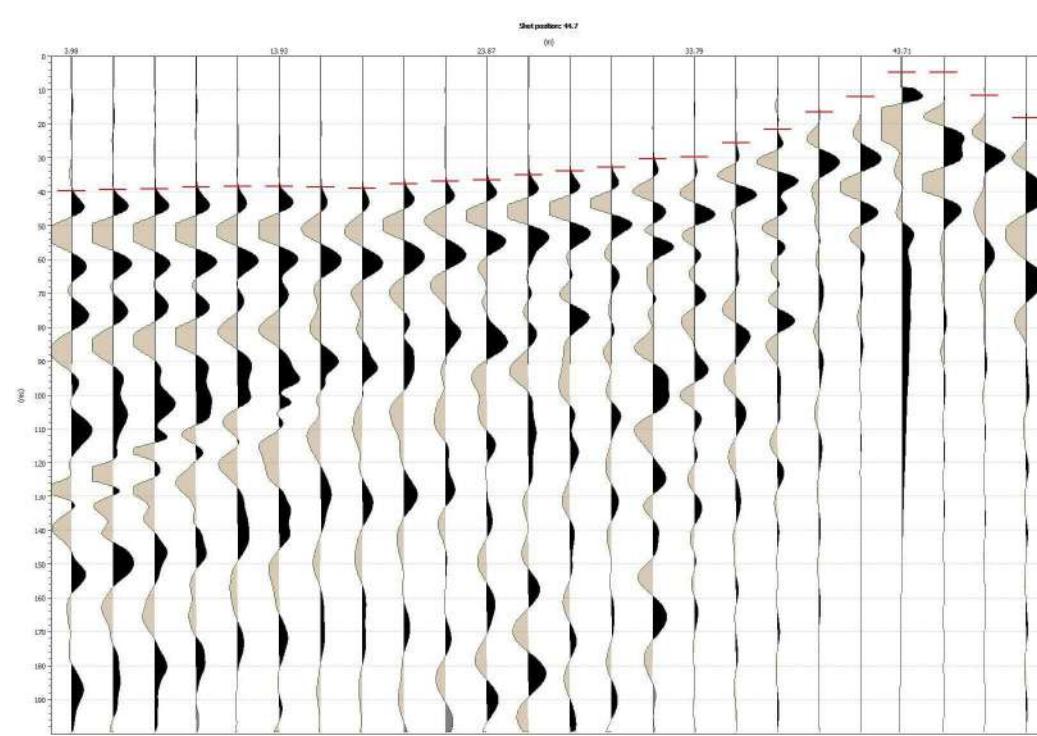
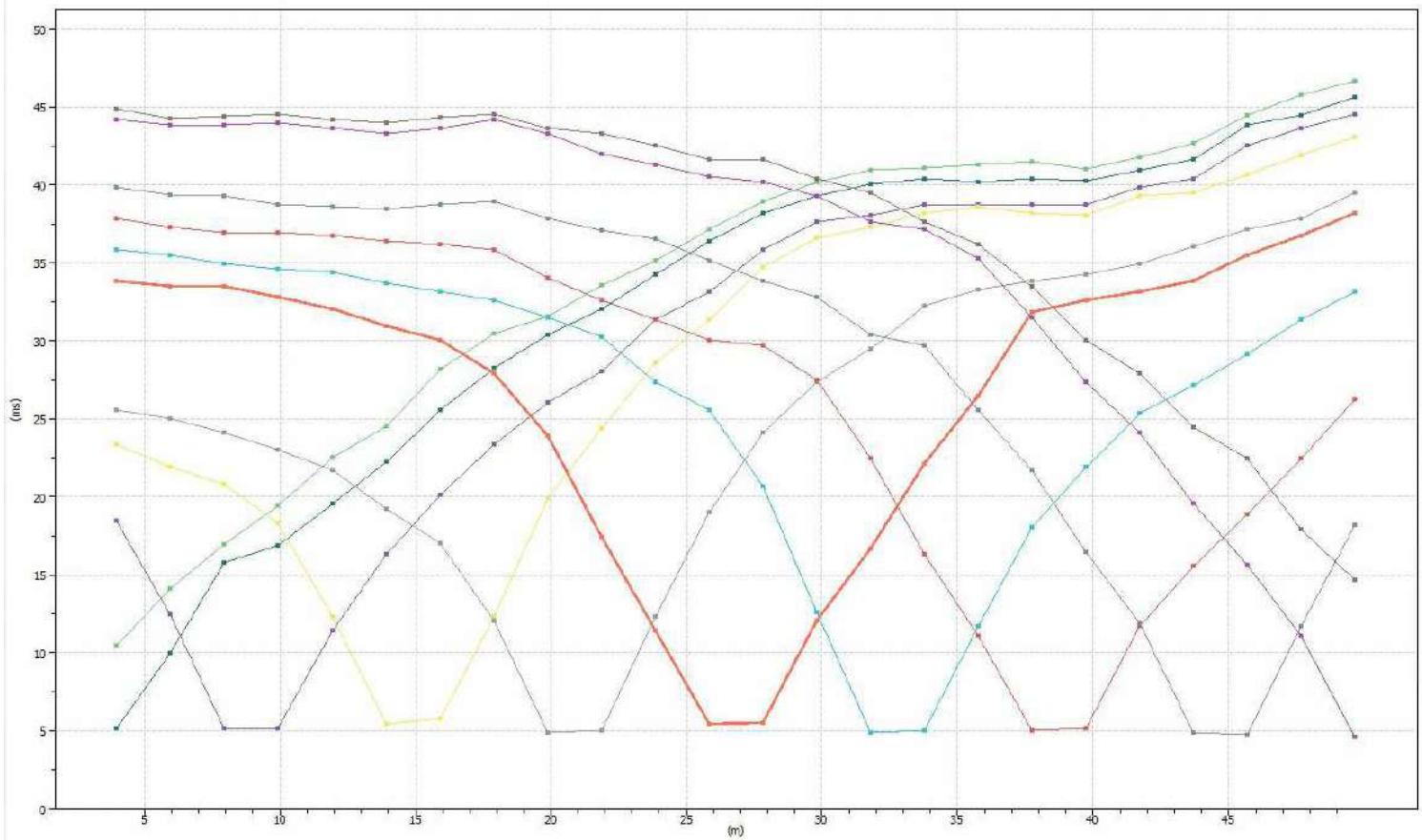


foto linea geosismica n. 2 (lungo strada)



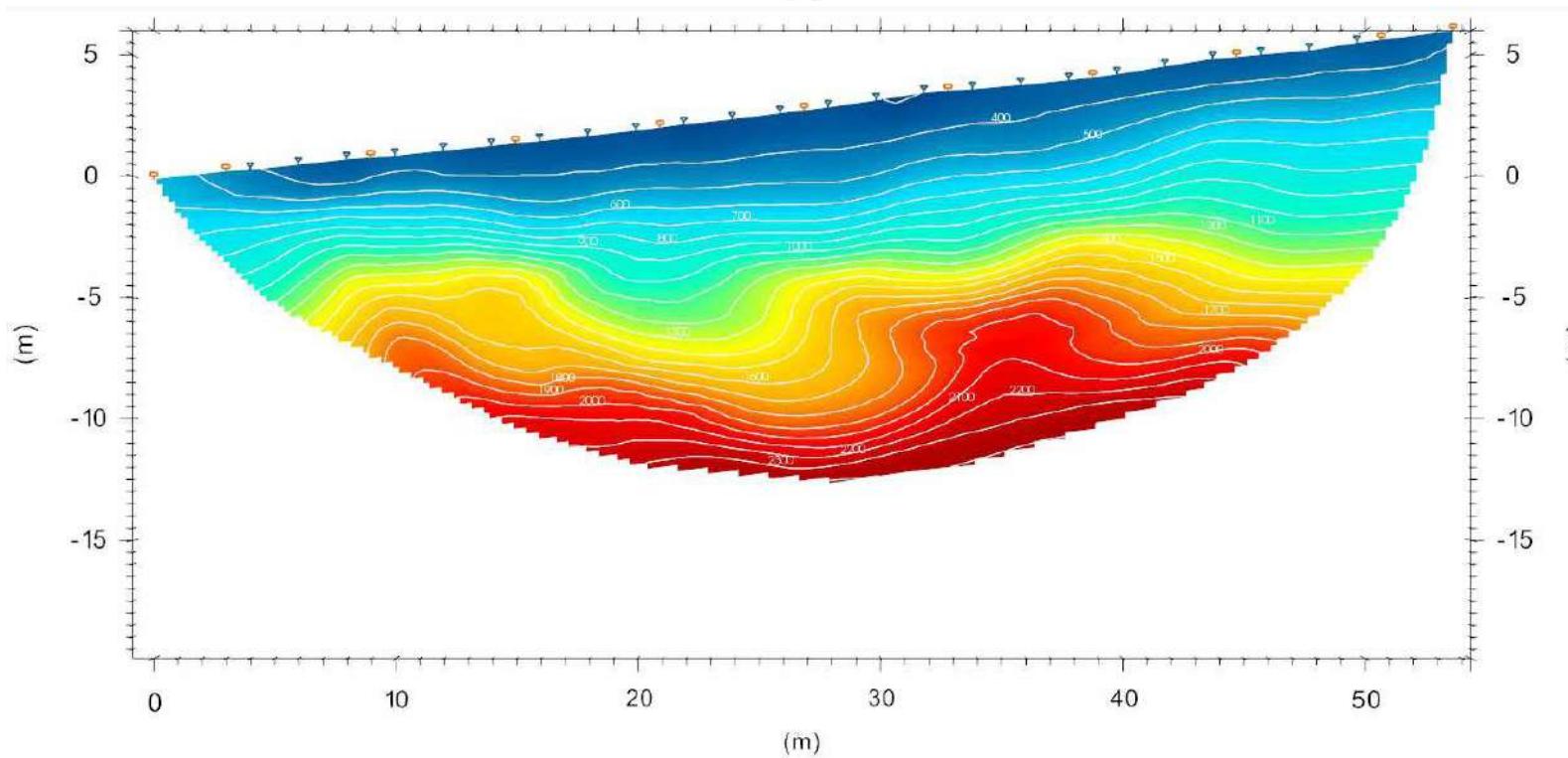
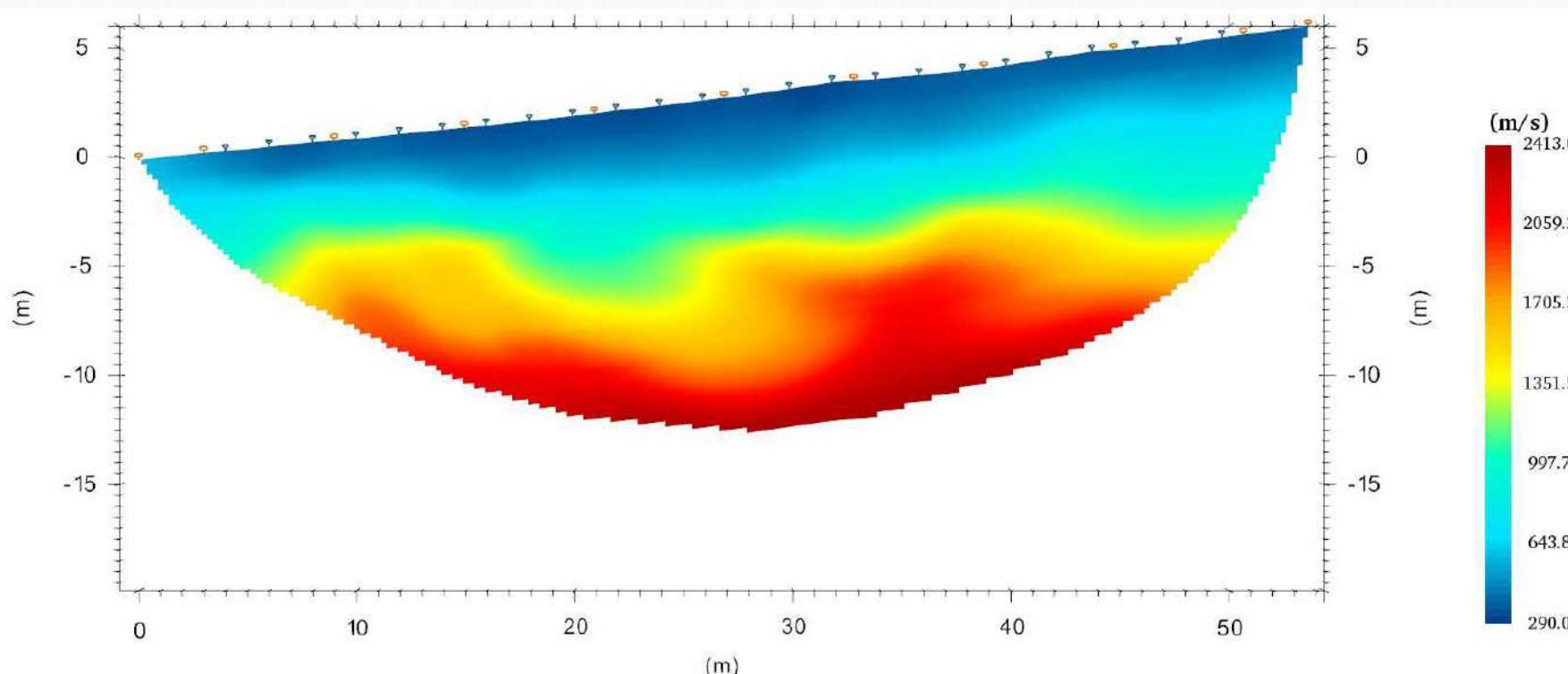




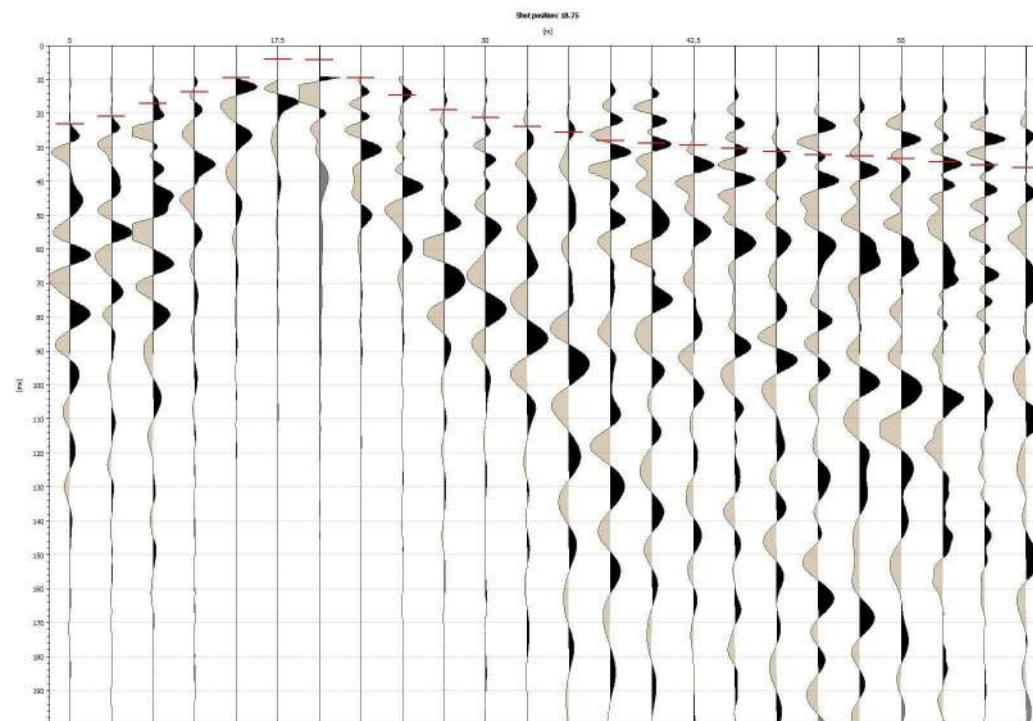
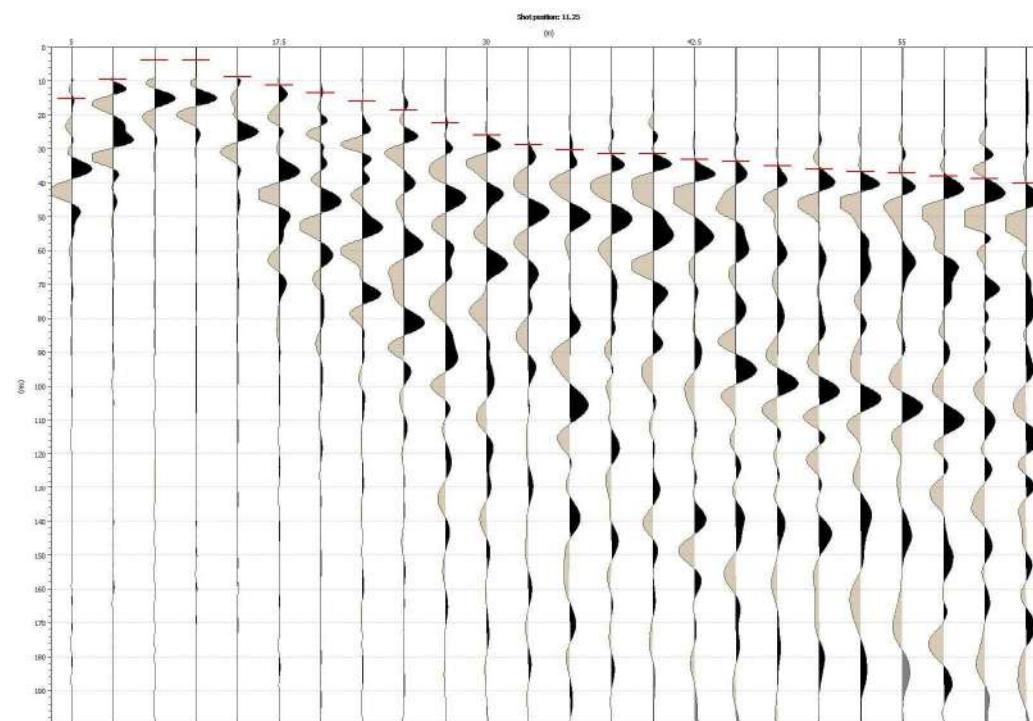
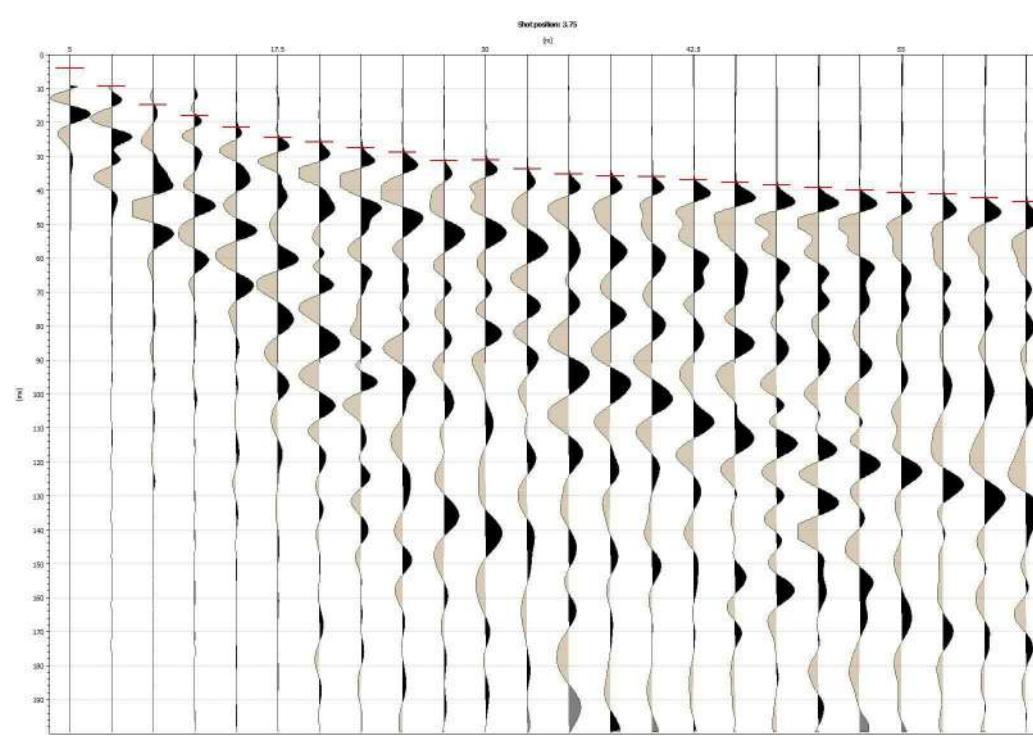
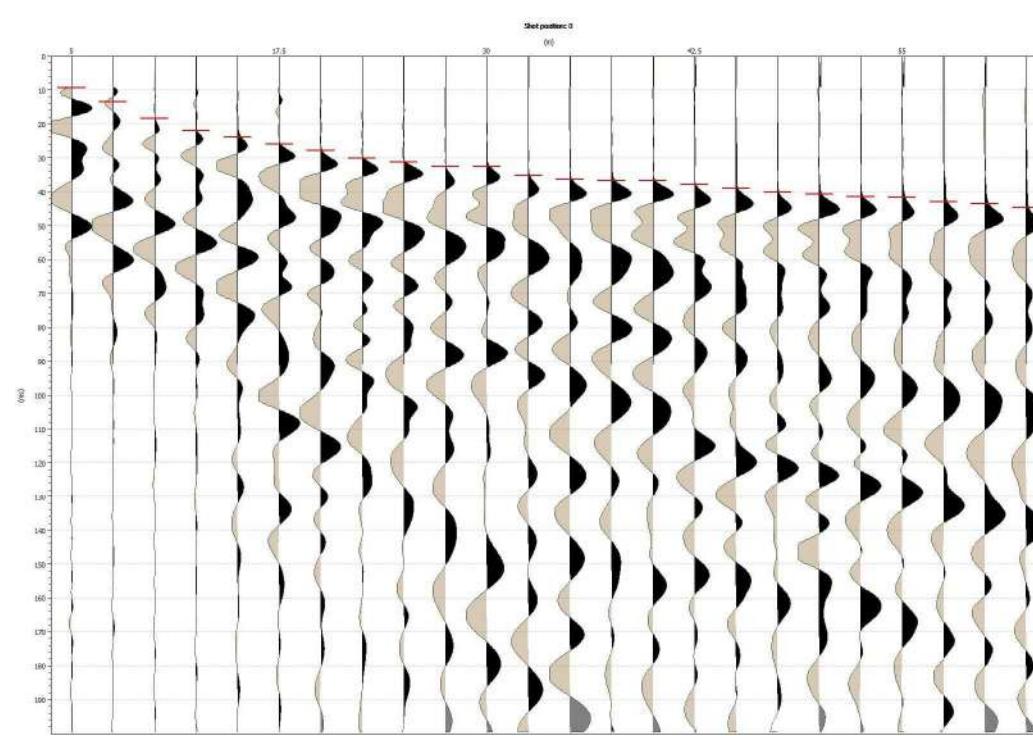


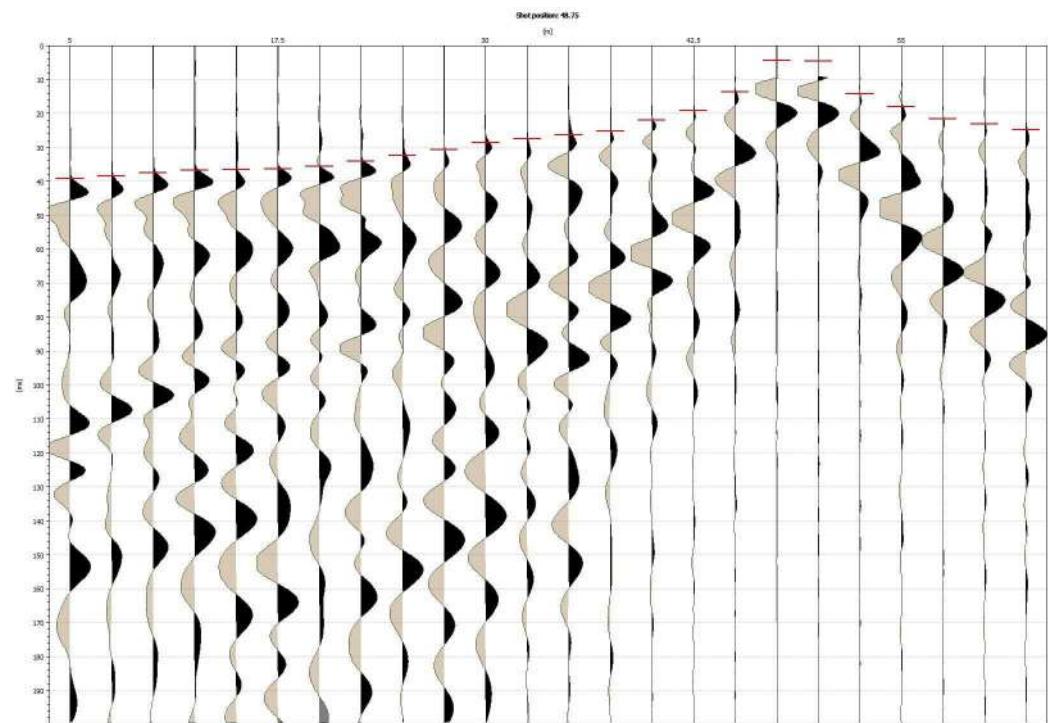
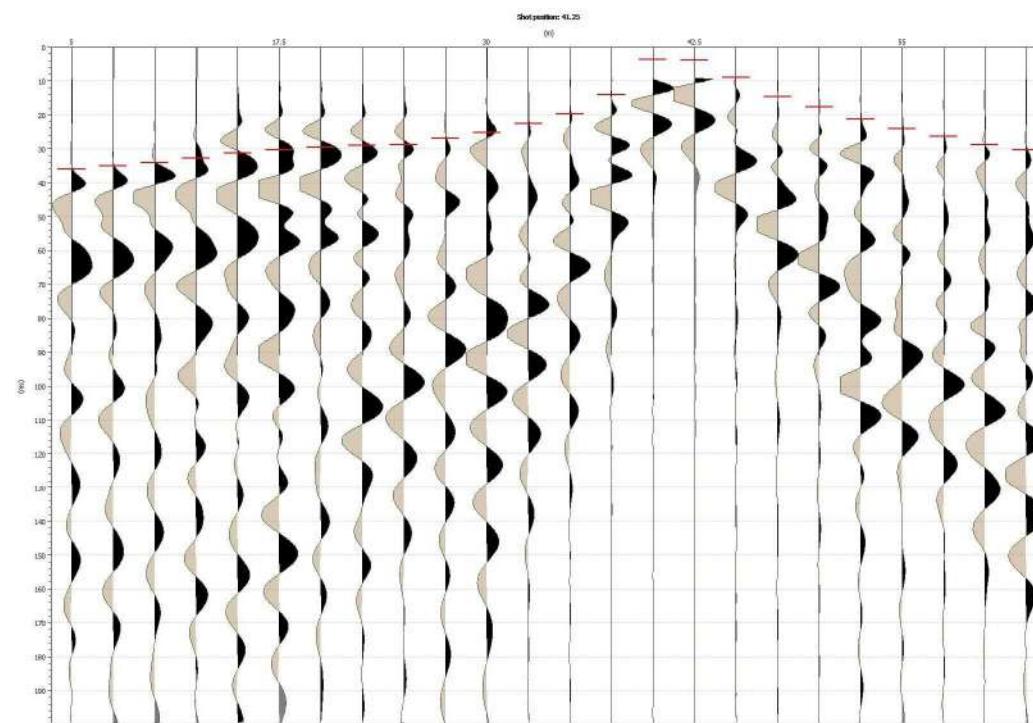
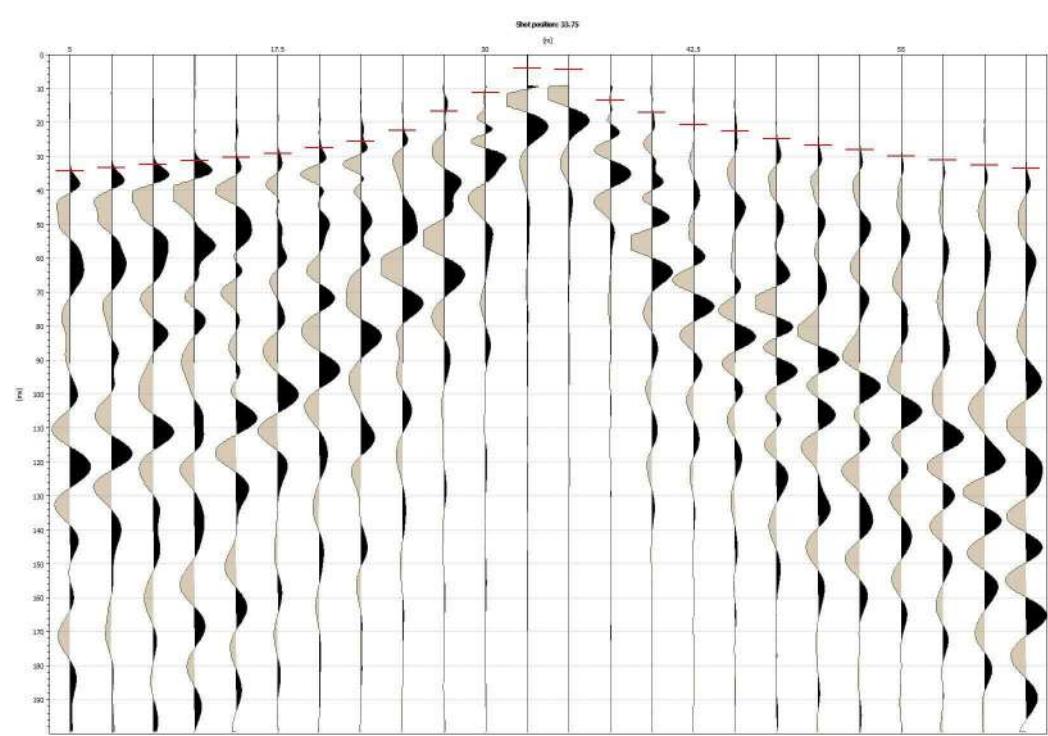
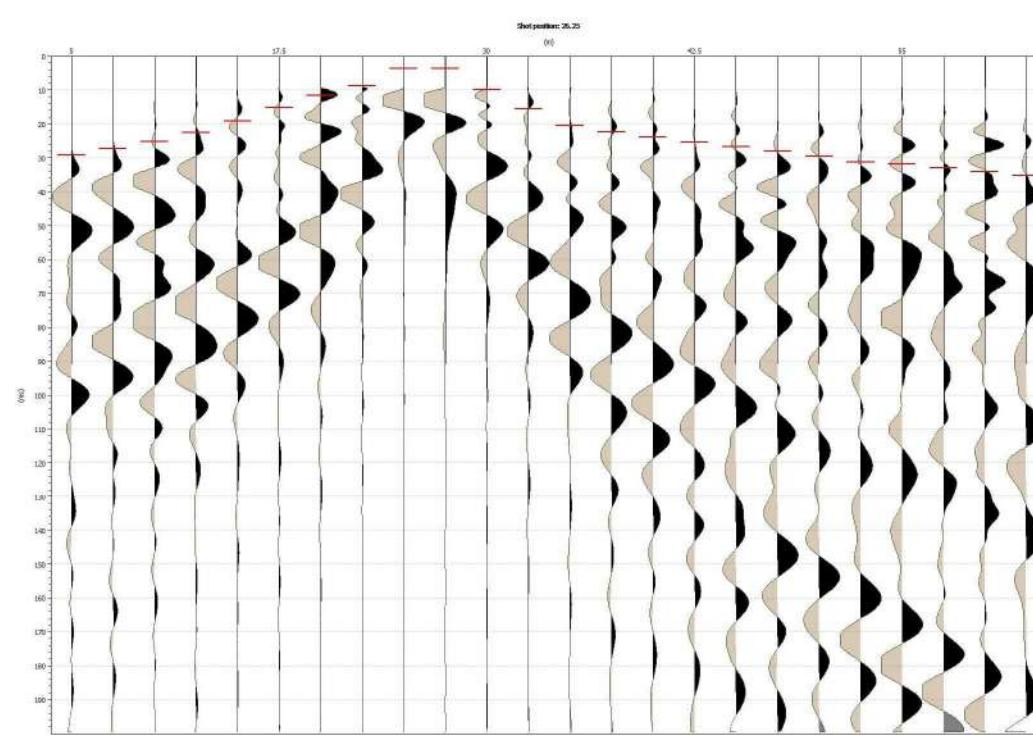
ID:geophone#	X	Y	03.sg2	04.sg2	05.sg2	06.sg2	07.sg2	08.sg2	09.sg2	10.sg2	11.sg2	12.sg2	13.sg2
0:0	3.98	0.39	0.0104221 0.0104345	0.00512471 0.00402835	0.018449 0.0184005	0.0233475 0.0233303	0.0255193 0.0256123	0.0338448 0.0338255	0.0358357 0.0358542	0.0378265 0.0376662	0.0398174 0.0398819	0.0441611 0.0443972	0.0448851 0.0449846
1:0	5.97	0.6	0.0140839 0.0140764	0.00995435 0.00998095	0.0124274 0.0120618	0.0218966 0.021898	0.0249764 0.024956	0.0334828 0.0334807	0.0354737 0.0354304	0.0372836 0.0371416	0.0393322 0.0393071	0.0438163 0.0438345	0.0442007 0.0444219
2:0	7.96	0.82	0.0169007 0.0169172	0.015746 0.0157983	0.00512471 0.00390288	0.0208136 0.0208198	0.0240714 0.0240959	0.0334828 0.0334978	0.0349307 0.0349668	0.0369216 0.0371908	0.0392744 0.0393224	0.0437992 0.0437286	0.0443421 0.044316
3:0	9.95	0.97	0.0194358 0.0194663	0.0168319 0.0168613	0.00512471 0.00408555	0.0182798 0.0181838	0.0229855 0.0230104	0.0327589 0.0327779	0.0345688 0.034598	0.0369216 0.0369567	0.0387315 0.0389375	0.0439801 0.0438917	0.0445231 0.0444791
4:0	11.94	1.18	0.0225343 0.0225135	0.0195467 0.0195575	0.0114023 0.0114613	0.0122993 0.0120324	0.0217186 0.0217283	0.0320349 0.0320262	0.0343878 0.0343841	0.0367406 0.036607	0.0385505 0.0386377	0.0436182 0.0435921	0.0441611 0.0441795
5:0	13.93	1.37	0.0245061 0.0245028	0.0222616 0.0222733	0.0162889 0.0163894	0.00538095 0.00409989	0.0191848 0.0192061	0.030949 0.0309439	0.0336638 0.0336619	0.0363786 0.0363961	0.0384354 0.0384217	0.0432562 0.0433142	0.0439801 0.043924
6:0	15.92	1.57	0.0281679 0.0281635	0.0255193 0.025515	0.0200897 0.0200878	0.0057653 0.00410013	0.0170129 0.0172061	0.030044 0.0300496	0.0331208 0.0331236	0.0361976 0.0364887	0.0386916 0.0385135	0.0436182 0.0435808	0.0443288 0.044202
7:0	17.91	1.78	0.0304213 0.0303331	0.0282342 0.02831	0.0233475 0.0233522	0.0122993 0.0120491	0.0120431 0.0119195	0.0278722 0.0278697	0.0325779 0.0325949	0.0358357 0.0355018	0.0389478 0.0390348	0.0441611 0.0444656	0.0445231 0.0445205
8:0	19.9	2	0.031548 0.0316414	0.030406 0.0301598	0.0260623 0.0261985	0.0198583 0.0195986	0.00486848 0.00411175	0.0238904 0.023815	0.031492 0.031486	0.0340258 0.0338716	0.0377948 0.0379922	0.0432562 0.0429982	0.0436182 0.0439269
9:0	21.88	2.26	0.0335198 0.0335086	0.0320349 0.0321108	0.0280532 0.0279839	0.0243424 0.0242666	0.0049966 0.00411092	0.017424 0.0175500	0.030225 0.0302228	0.0325779 0.0328145	0.0370261 0.0369941	0.0419893 0.0419757	0.0443262 0.0429533
10:0	23.87	2.47	0.0351117 0.0351087	0.0342068 0.0343089	0.031311 0.031218	0.0285961 0.0285905	0.0122993 0.012079	0.0114023 0.0114452	0.0273292 0.0273226	0.031311 0.0312837	0.0365136 0.0364358	0.0412653 0.0414286	0.0452322 0.0424986
11:0	25.85	2.72	0.0371026 0.0370906	0.0363786 0.0363856	0.0331208 0.0331123	0.031311 0.0313026	0.0190038 0.0188879	0.00538095 0.00410567	0.0255193 0.0255251	0.030044 0.0304279	0.0351117 0.0349085	0.0405414 0.0403504	0.0416273 0.04161
12:0	27.84	2.96	0.0389125 0.0389033	0.0381885 0.0381993	0.0358357 0.0358321	0.0347497 0.0347459	0.0240862 0.0241707	0.00550907 0.00393578	0.020627 0.019915	0.0296821 0.0296719	0.038448 0.0393275	0.0401794 0.0401521	0.0416273 0.0416253
13:0	29.82	3.25	0.0401794 0.0402402	0.0392744 0.0392571	0.0376456 0.0376567	0.0365596 0.0365741	0.0273292 0.0273854	0.0120431 0.0119878	0.0125556 0.0118988	0.0275102 0.0275053	0.0327589 0.0327973	0.0392744 0.0393089	0.0403604 0.0403704
14:0	31.79	3.56	0.0409033 0.0409171	0.0399984 0.039934	0.0380075 0.0380222	0.0372836 0.03728	0.0295011 0.0295238	0.0166553 0.0169101	0.0046848 0.00404741	0.0224425 0.0225578	0.030406 0.0304324	0.0376456 0.0376564	0.0394554 0.0394586
15:0	33.79	3.71	0.0410843 0.0410706	0.0403604 0.0404006	0.0387315 0.0387096	0.0381885 0.0381805	0.0322159 0.0322076	0.0220806 0.0220569	0.0049966 0.00405222	0.0162889 0.0162991	0.0296821 0.0297006	0.0371026 0.0371064	0.0376456 0.0376428
16:0	35.78	3.88	0.0412653 0.0411812	0.0401794 0.0402472	0.0387315 0.0387195	0.0385505 0.0385453	0.0333018 0.0333094	0.0264243 0.0264259	0.0116587 0.0116348	0.0275103 0.0275519	0.0352927 0.0352987	0.0361976 0.0361946	
17:0	37.77	4.08	0.0414463 0.0412012	0.0403604 0.0402703	0.0386916 0.0389355	0.0381885 0.0381842	0.0384488 0.0338195	0.0318539 0.0318379	0.0180646 0.0176205	0.0049966 0.00406819	0.0217186 0.0217756	0.031492 0.0314928	0.0334828 0.0334774
18:0	39.76	4.32	0.0409977 0.0401604	0.040229 0.0401295	0.0386916 0.0387947	0.0380075 0.0378818	0.0342068 0.0342453	0.0325779 0.0325608	0.0219082 0.0222272	0.00512471 0.00406365	0.0164699 0.0164367	0.0273292 0.0273274	0.030044 0.0300358
19:0	41.73	4.65	0.0417664 0.0420537	0.0409033 0.0411228	0.0398447 0.039788	0.0392744 0.0388482	0.0349307 0.0349351	0.0331208 0.0331014	0.0253384 0.0253237	0.0116587 0.0116448	0.011915 0.0118868	0.0240714 0.0240744	0.0278722 0.0278671
20:0	43.71	4.96	0.0426633 0.0426872	0.0416273 0.041701	0.0403571 0.0403063	0.0394554 0.0393665	0.0360167 0.0360358	0.0338448 0.0338986	0.0271482 0.0271561	0.015565 0.0156343	0.00486848 0.0040734	0.0195467 0.0195339	0.0244334 0.0244365
21:0	45.7	5.13	0.0444569 0.0445049	0.0437992 0.0435187	0.0425351 0.0423754	0.0406134 0.0401087	0.0371026 0.037084	0.0354737 0.0355019	0.0291391 0.0291489	0.0188333 0.0188676	0.00474036 0.00412603	0.0156304 0.0159345	0.0224425 0.0224553
22:0	47.69	5.3	0.0457381 0.0456541	0.0444569 0.0446679	0.0436182 0.0435246	0.0418945 0.0418976	0.0378265 0.0380257	0.0367406 0.0365668	0.031311 0.0313018	0.0224425 0.0224695	0.0116587 0.0114519	0.0110403 0.0111307	0.0179178 0.0178511
23:0	49.67	5.62	0.0466349 0.0465534	0.04561 0.0455988	0.0445231 0.0443651	0.0430476 0.0433795	0.0394554 0.0394348	0.0381885 0.0382262	0.0331208 0.0331214	0.0262433 0.0262698	0.0181927 0.0179363	0.00461224 0.0039273	0.01466 0.0146848

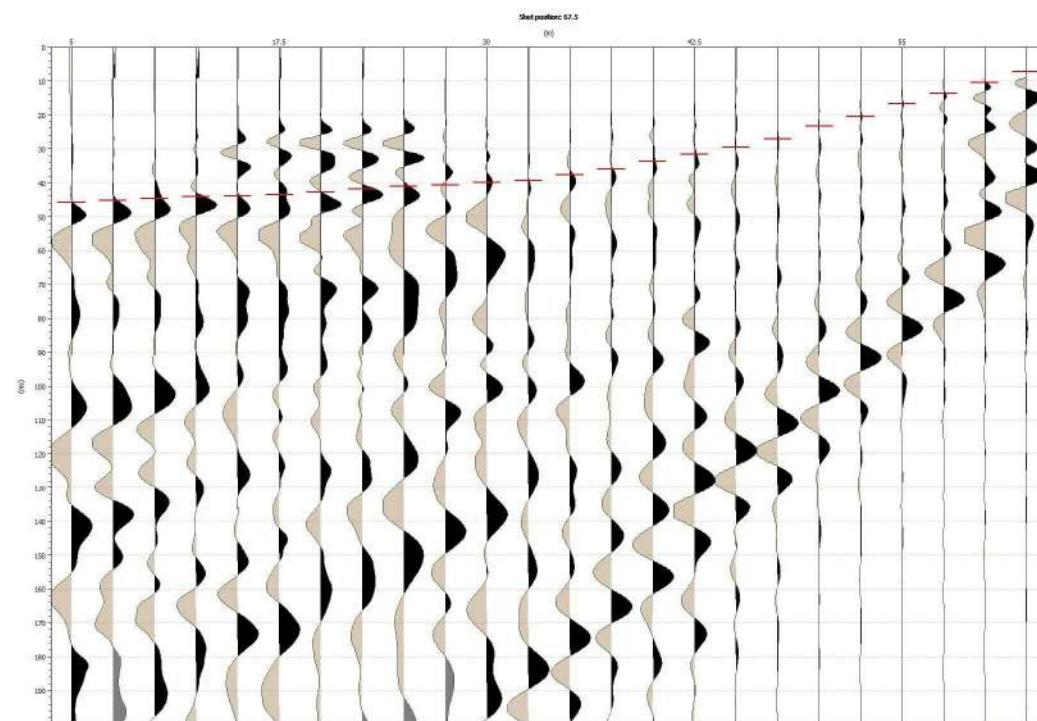
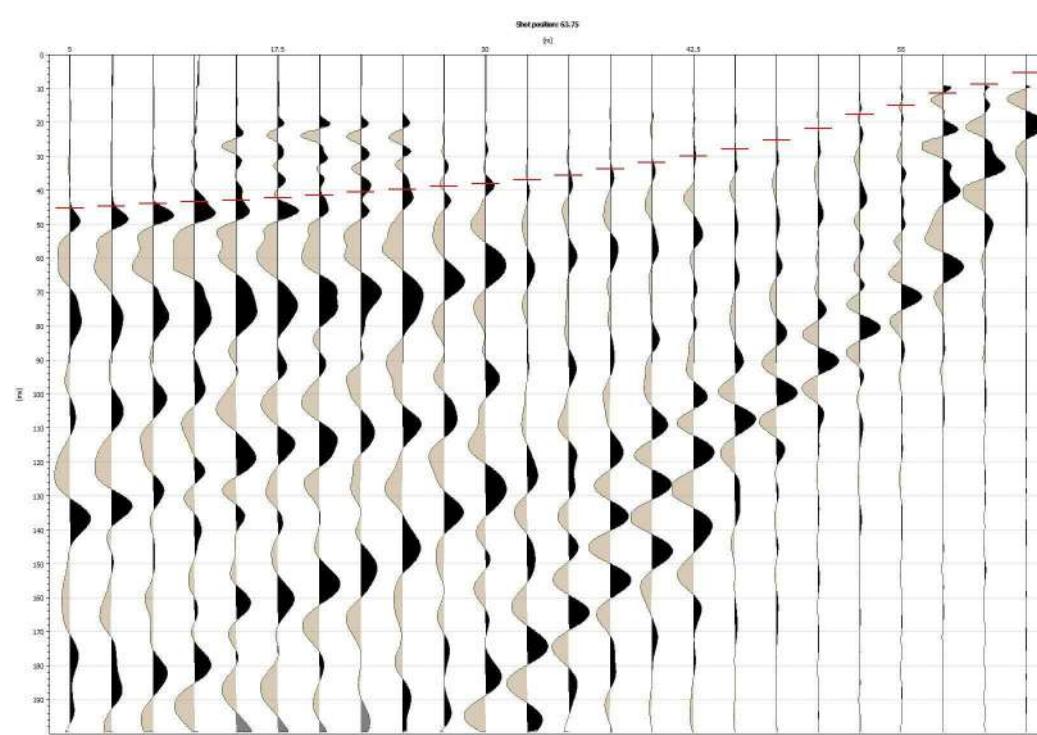
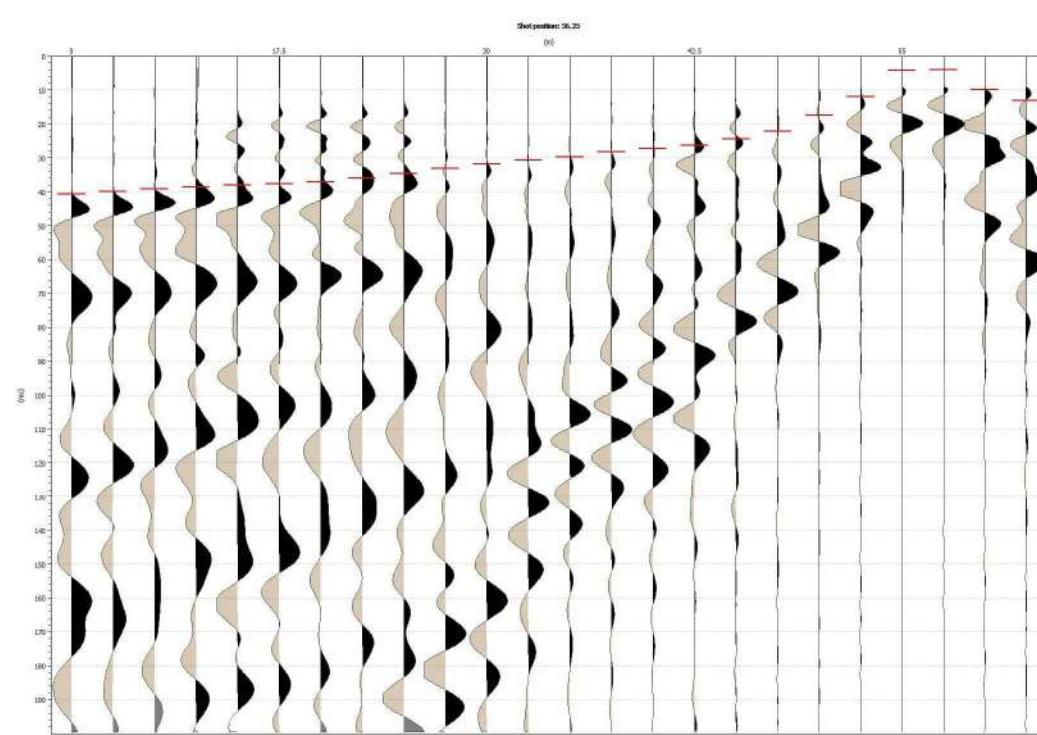
profilo 1 - dromocrone e tabella primi arrivi onde P

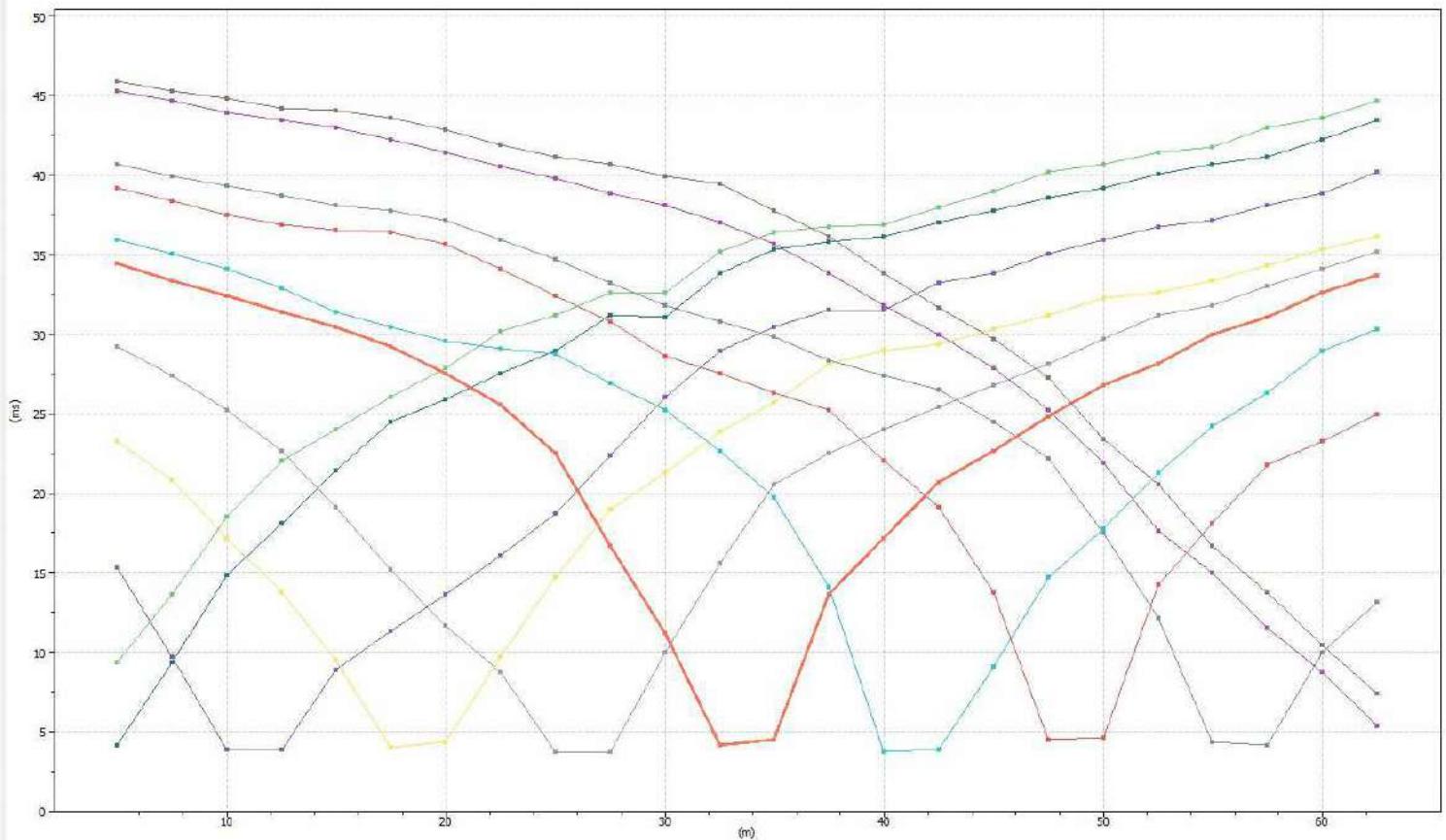


profilo 1  
rappresentazione  
tomografica  
delle  $V_p$



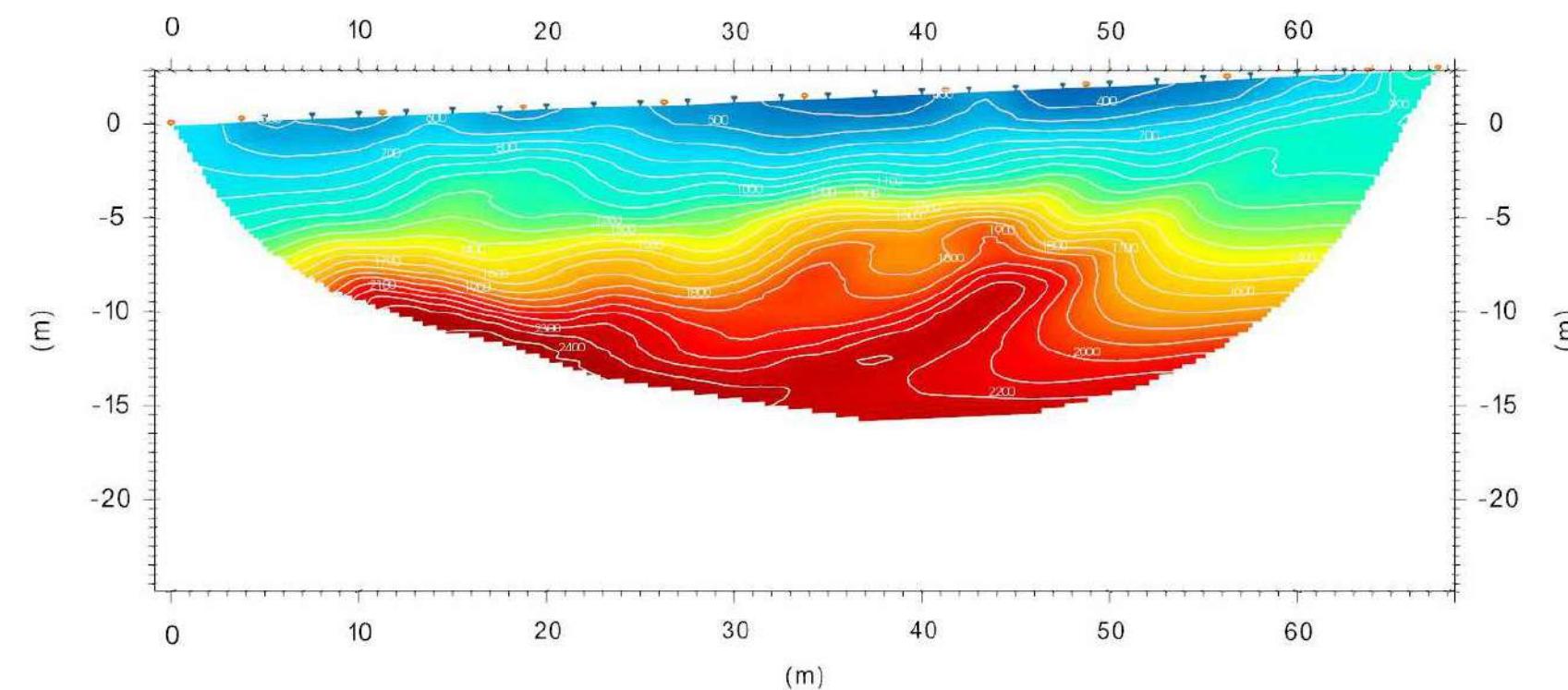
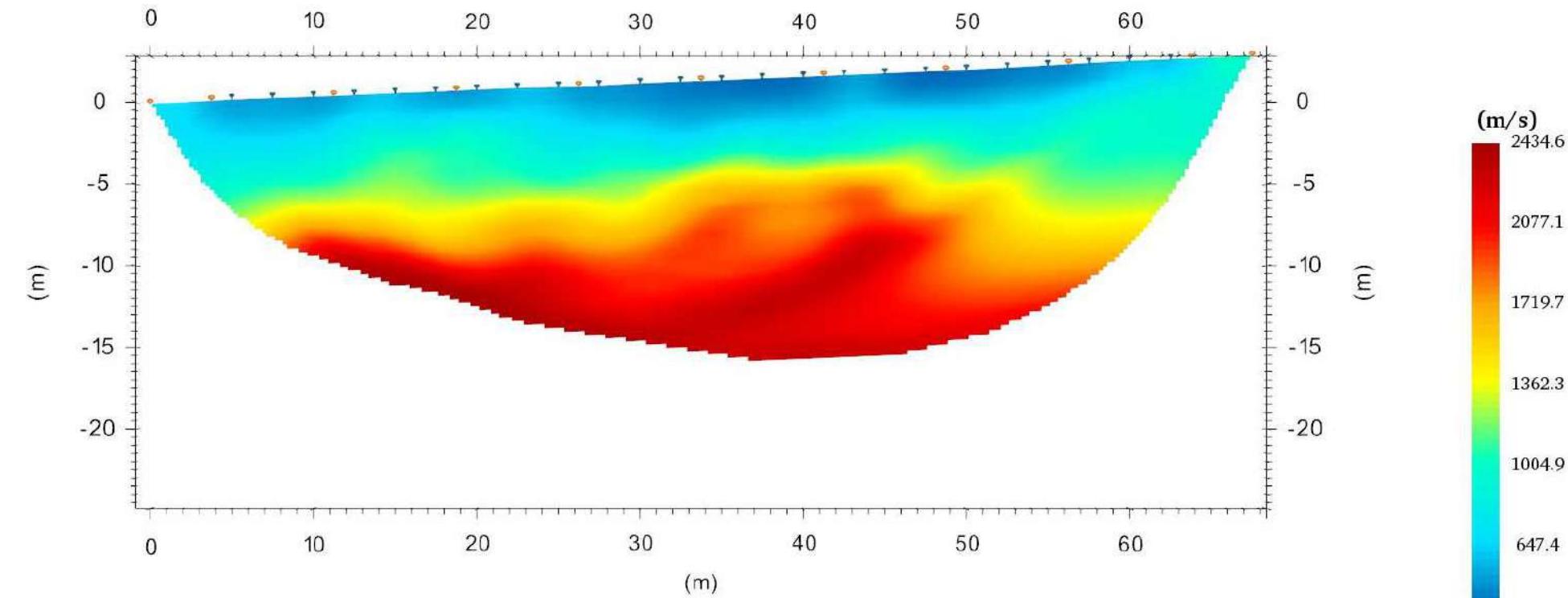




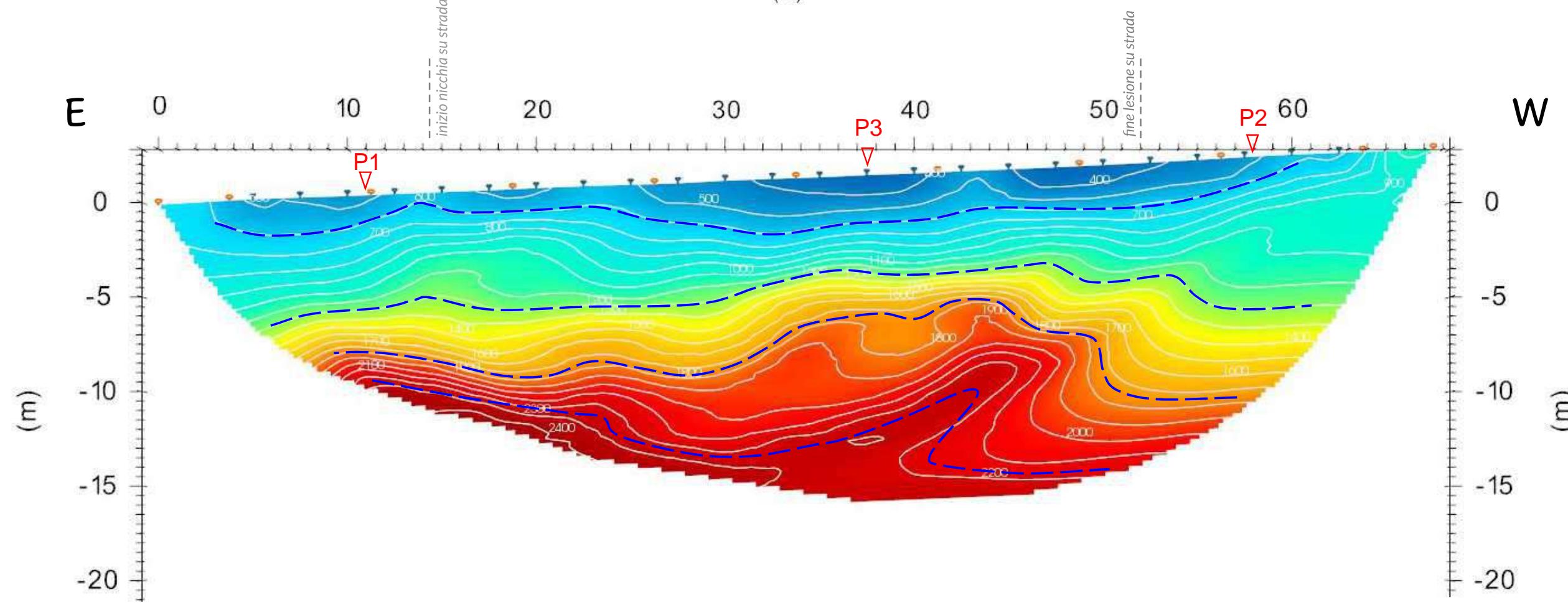
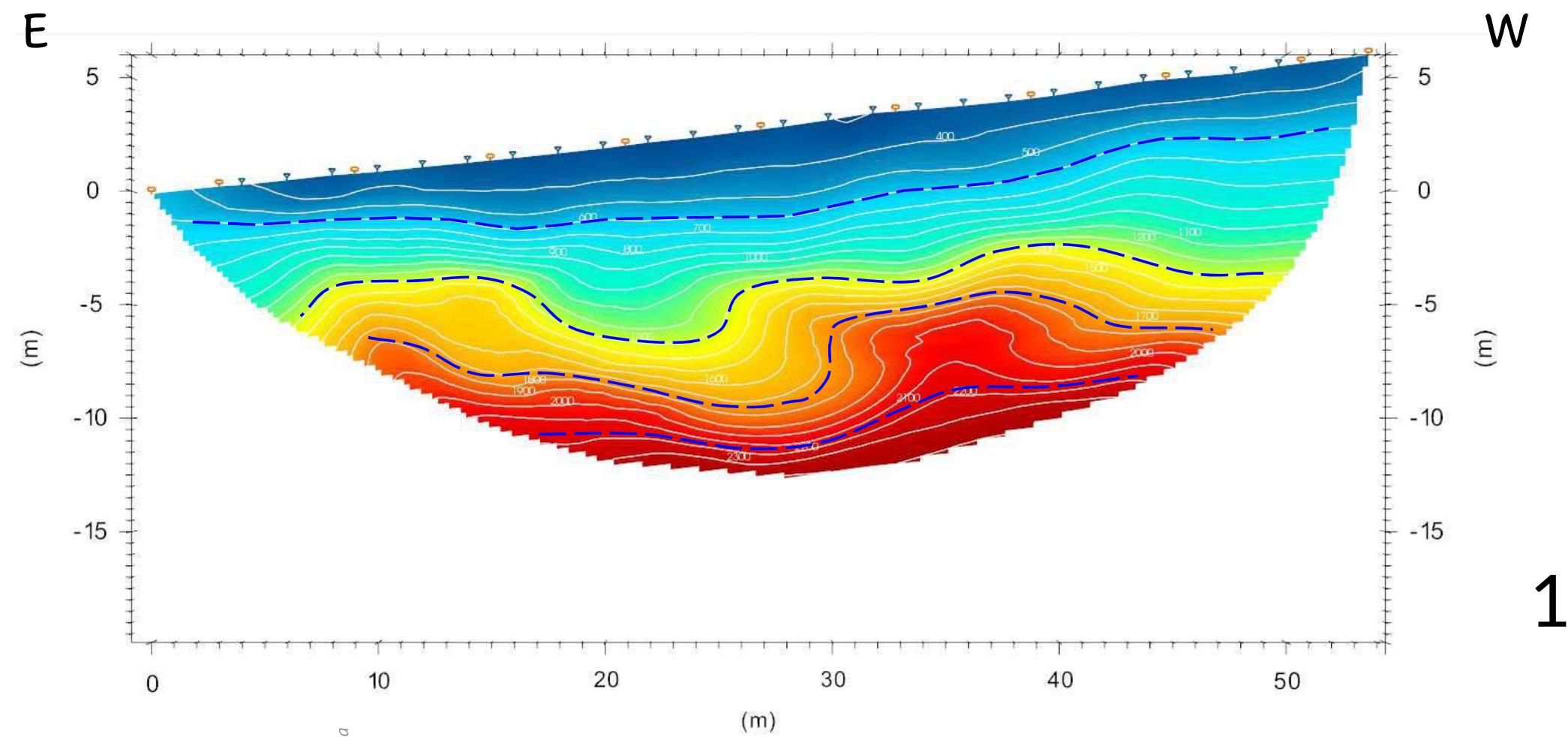


ID:geophone #	X	Y	01.sg2	02.sg2	03.sg2	04.sg2	05.sg2	06.sg2	07.sg2	08.sg2	09.sg2	10.sg2	11.sg2
0:0	5	0.29	0.00932684 0.00936087	0.00412828 0.00403223	0.0152899 0.0152192	0.0232407 0.0232374	0.0292037 0.0291983	0.0344023 0.0344151	0.0359313 0.0358169	0.0391422 0.039026	0.0406712 0.0406691	0.0452581 0.0456042	0.0458697 0.0460977
1:0	7.5	0.38	0.013608 0.0135537	0.00932684 0.00940975	0.00963264 0.00961861	0.0207943 0.0207918	0.0273689 0.0273778	0.033332 0.033251	0.0350139 0.0350871	0.0383777 0.0382404	0.0399067 0.0398835	0.0446465 0.0448186	0.0452581 0.0453124
2:0	10	0.46	0.0185008 0.0185015	0.0148312 0.0149214	0.00382248 0.00383672	0.0171247 0.0171257	0.0252283 0.0252248	0.0324146 0.0324026	0.0340965 0.034119	0.0374603 0.0375767	0.0392951 0.039109	0.043882 0.0440441	0.0447994 0.0447671
3:0	12.5	0.56	0.0202175 0.0220183	0.0180421 0.0180506	0.00382248 0.00377541	0.0137609 0.0137208	0.0226291 0.0226257	0.0313443 0.0313456	0.0328733 0.0328527	0.0368487 0.0369748	0.0386835 0.0385777	0.0434233 0.0433988	0.0440653
4:0	15	0.67	0.0240052 0.0240026	0.0214059 0.0214058	0.00886618 0.00890113	0.00947974 0.00946776	0.0191124 0.0191171	0.0304269 0.0304271	0.0313443 0.031319	0.0365429 0.036526	0.0380719 0.0381106	0.0429646 0.0429491	0.0440349 0.0440144
5:0	17.5	0.76	0.0259928 0.0259903	0.0244639 0.0244646	0.0113145 0.0113654	0.00397538 0.00398785	0.015137 0.0151409	0.0292037 0.0292041	0.0304269 0.030727	0.03639 0.0360073	0.0377661 0.0375628	0.0422001 0.0424065	0.0435762 0.0435741
6:0	20	0.88	0.0278276 0.0278263	0.0258399 0.0258413	0.013608 0.0136121	0.00428117 0.00427084	0.0116203 0.0116688	0.0275218 0.0275209	0.0295095 0.0294965	0.0356255 0.0356193	0.0371545 0.0368853	0.0414357 0.0417363	0.0428117 0.0428081
7:0	22.5	0.98	0.0301211 0.0301159	0.0275218 0.0275202	0.0160544 0.016055	0.00963264 0.00965945	0.00871525 0.00875676	0.0255341 0.0255332	0.0290508 0.0290494	0.0340965 0.0341144	0.0359313 0.0357996	0.0405183 0.0406645	0.0418943 0.0418897
8:0	25	1.06	0.03111914 0.0311197	0.0288979 0.0289334	0.0186537 0.0186473	0.0146783 0.0146138	0.00366958 0.00361004	0.0224762 0.0224887	0.0287445 0.0287428	0.0324146 0.0324542	0.0347081 0.0346987	0.0397538 0.0397678	0.0411299 0.0411324
9:0	27.5	1.13	0.0325675 0.0325907	0.0311914 0.0311458	0.0223233 0.0223281	0.0189595 0.0189632	0.00366958 0.00364954	0.016666 0.0166626	0.0269102 0.0269047	0.0307327 0.0307489	0.0331791 0.0334356	0.0388364 0.0385391	0.0406712 0.0406682
10:0	30	1.27	0.0325675 0.0324986	0.0310385 0.0310777	0.0259928 0.0259948	0.021253 0.0212526	0.00993844 0.00960528	0.0111616 0.0108125	0.0252283 0.0252268	0.0285921 0.0286284	0.031803 0.032888	0.0380719 0.0375414	0.0399067 0.039854
11:0	32.5	1.37	0.0351668 0.0351801	0.0337907 0.0337603	0.0288979 0.0288987	0.0238523 0.0238523	0.0155957 0.0161792	0.00412828 0.00424156	0.0226291 0.0226279	0.0275218 0.0275764	0.0307327 0.0309135	0.0370016 0.0369285	0.039448 0.0392712
12:0	35	1.45	0.036369 0.0362994	0.0353197 0.0350113	0.0304269 0.030764	0.0256867 0.0256887	0.0204885 0.0204903	0.00443407 0.00442391	0.019724 0.0197164	0.0262984 0.0262903	0.0298153 0.0296718	0.0356255 0.0356194	0.0377661 0.0379621
13:0	37.5	1.57	0.03666958 0.03666714	0.0357784 0.0357091	0.0314972 0.0315506	0.0281334 0.0281315	0.0224762 0.0224765	0.013608 0.0136127	0.0140667 0.0136696	0.0252283 0.0252405	0.0282863 0.0283216	0.0337907 0.0338164	0.0360842 0.0360697
14:0	40	1.66	0.0368487 0.0370199	0.0360842 0.0357234	0.0314972 0.0316244	0.0288979 0.0288893	0.0240052 0.024026	0.0171247 0.0171438	0.00366958 0.00381639	0.0220175 0.0220167	0.0273689 0.0273495	0.031803 0.031871	0.0337907 0.0337568
15:0	42.5	1.77	0.037919 0.0382348	0.0370016 0.0369383	0.0331197 0.0329926	0.0293566 0.0292231	0.0253812 0.0253912	0.0206414 0.0206442	0.00382248 0.00377983	0.0191124 0.0190902	0.0264515 0.0264474	0.0299682 0.029922	0.0316501 0.031706
16:0	45	1.87	0.03889893 0.039027	0.0377661 0.0377305	0.0337907 0.0337732	0.030274 0.0301709	0.0267573 0.0267783	0.0226291 0.0226328	0.00902105 0.00904884	0.0137609 0.013663	0.0244639 0.0244682	0.0278276 0.0278578	0.0296624 0.0296279
17:0	47.5	1.98	0.0402125 0.0399023	0.0385306 0.0386593	0.0350139 0.0351201	0.0311914 0.0313398	0.0281334 0.0280378	0.0247697 0.024804	0.0146783 0.0147342	0.00443407 0.00448236	0.0221704 0.0221689	0.0252283 0.025205	0.027216 0.0272575
18:0	50	2.1	0.0406712 0.0405545	0.0391422 0.0393115	0.0359313 0.0358258	0.0322617 0.0324678	0.0296624 0.0296469	0.0267573 0.0267409	0.01773363 0.0177372	0.00458697 0.00460681	0.0174305 0.0174395	0.0218646 0.021866	0.0233936 0.023416
19:0	52.5	2.23	0.0414357 0.0414161	0.0400596 0.0401731	0.03666958 0.0366538	0.0325675 0.0326797	0.0311914 0.031246	0.0281334 0.0281283	0.021253 0.0212549	0.0142196 0.0141512	0.012079 0.0120835	0.0175834 0.0176693	0.0204885 0.0203864
20:0	55	2.37	0.0417414 0.0419007	0.0406712 0.0406576	0.0371545 0.0370225	0.033332 0.0332127	0.031803 0.0319316	0.0299682 0.02941581	0.0241581 0.0241569	0.0180421 0.0180392	0.00428117 0.00426983	0.0149841 0.0149913	0.016666 0.0166791
21:0	57.5	2.52	0.0429646 0.0428852	0.0411299 0.0416422	0.0380719 0.038007	0.0342494 0.0341969	0.0330262 0.033002	0.0310385 0.0310573	0.0262986 0.026292	0.0217117 0.021711	0.00412828 0.00412586	0.0114674 0.0114773	0.0137609 0.0137599
22:0	60	2.65	0.0435762 0.0438639	0.0422001 0.0426209	0.0388364 0.0389858	0.0353197 0.0351628	0.0340965 0.0340451	0.0325675 0.0323532	0.0288979 0.0289139	0.0232407 0.0232373	0.00993844 0.00993981	0.00871525 0.00872883	0.0103971 0.0103921
23:0	62.5	2.75	0.0446465 0.0449389	0.0434233 0.0436959	0.0402125 0.0406067	0.0360842 0.0362518	0.0351668 0.0350589	0.0336378 0.0335259	0.030274 0.0302316	0.0249226 0.0249134	0.0131493 0.0131464	0.00535147 0.00457515	0.00733916 0.00735095

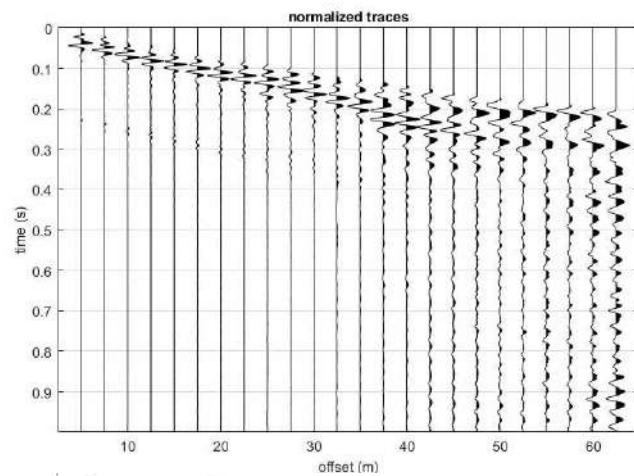
profilo 2 - dromocrone e tabella primi arrivi onde P



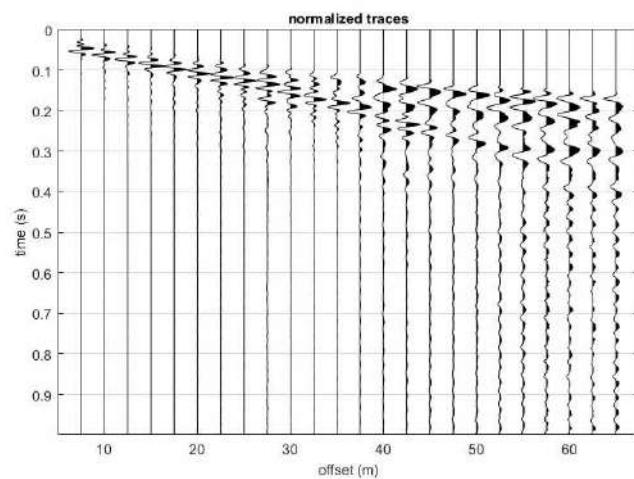
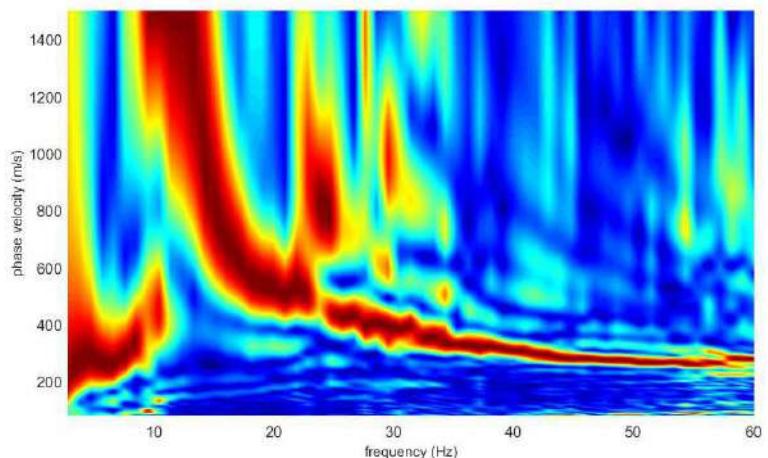
profilo 2  
rappresentazione  
tomografica  
delle  $V_p$



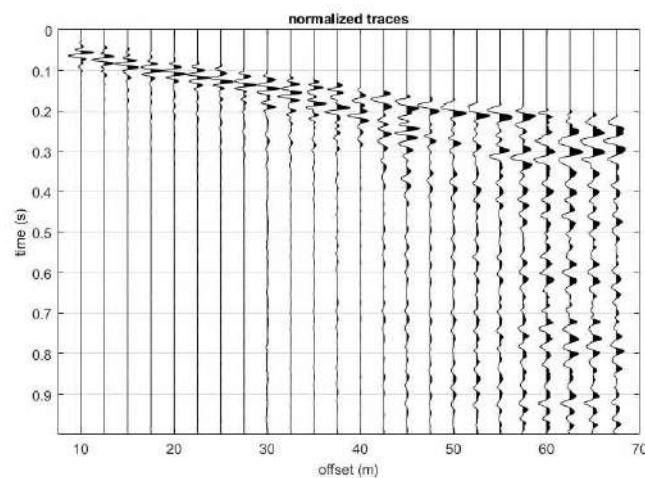
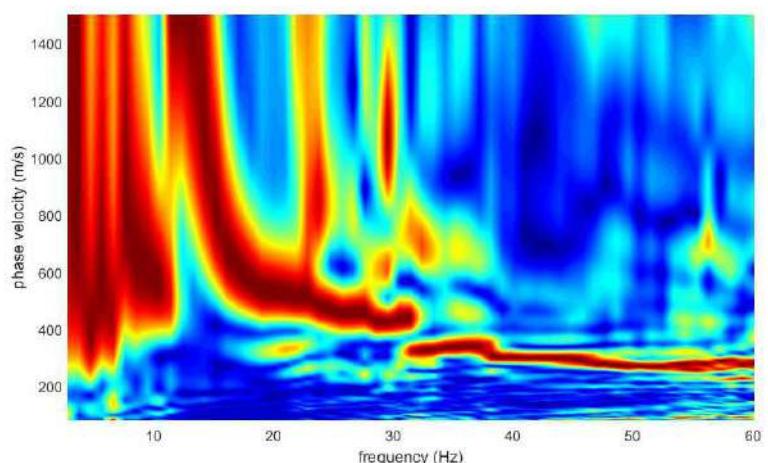
raffronto tra i profili sismostratigrafici 2D - scala 1:250



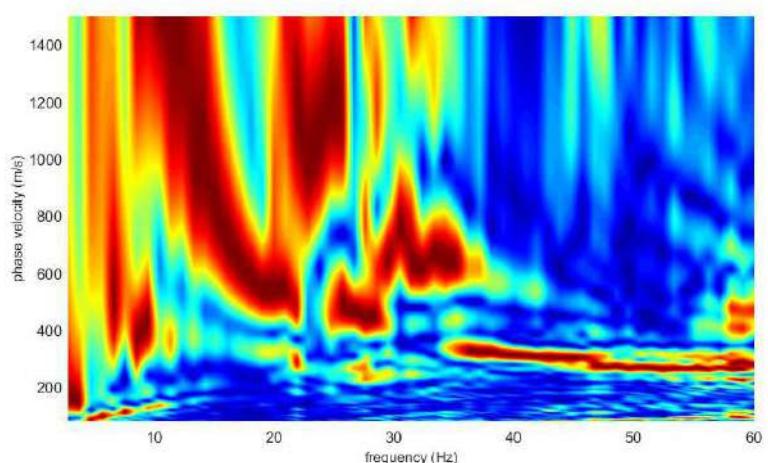
dataset: masw5m.sgy  
sampling: 0.256ms [3906.25Hz] - 3900 samples  
minimum offset: 5 m  
geophone spacing: 2.5 m



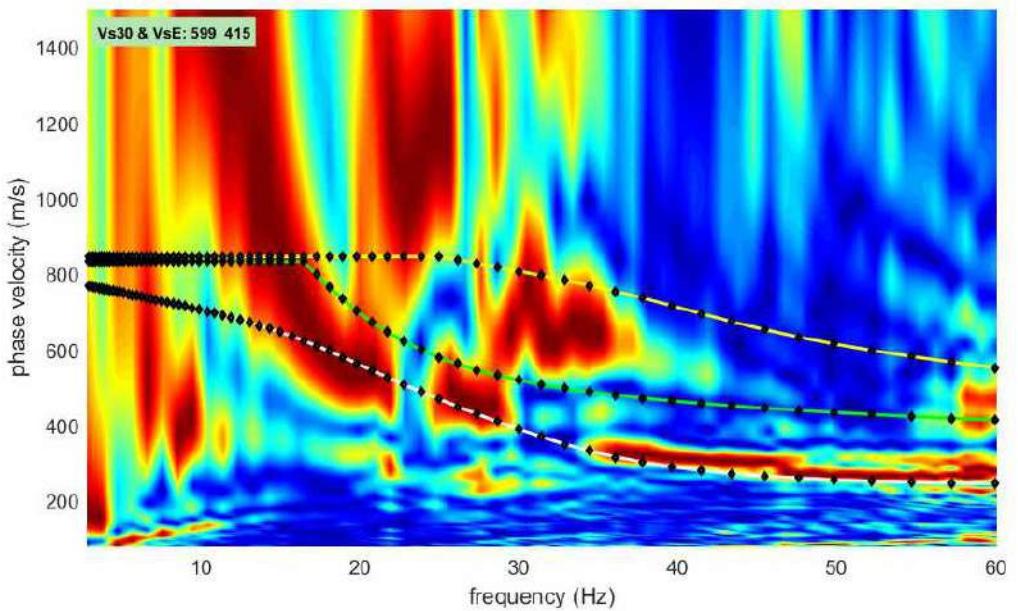
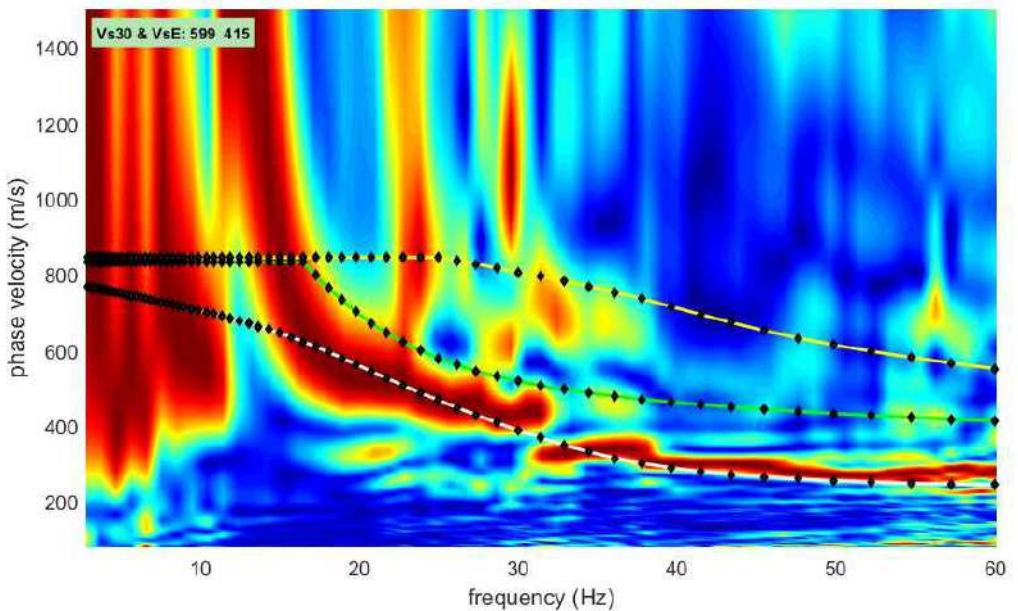
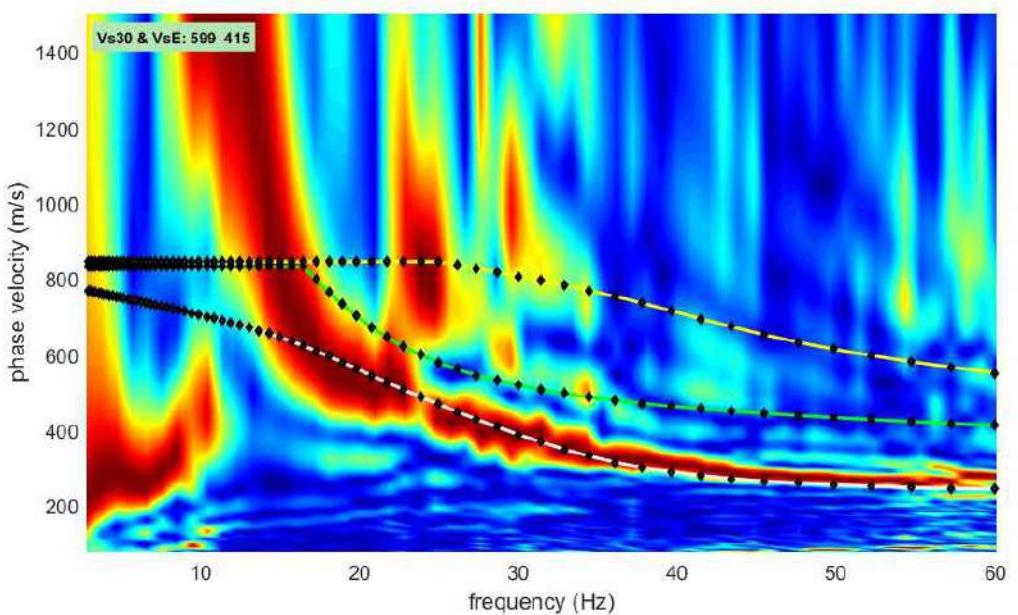
dataset: masw7-5m.sgy  
sampling: 0.256ms [3906.25Hz] - 3900 samples  
minimum offset: 7.5 m  
geophone spacing: 2.5 m



dataset: masw10m.sgy  
sampling: 0.256ms [3906.25Hz] - 3900 samples  
minimum offset: 10 m  
geophone spacing: 2.5 m



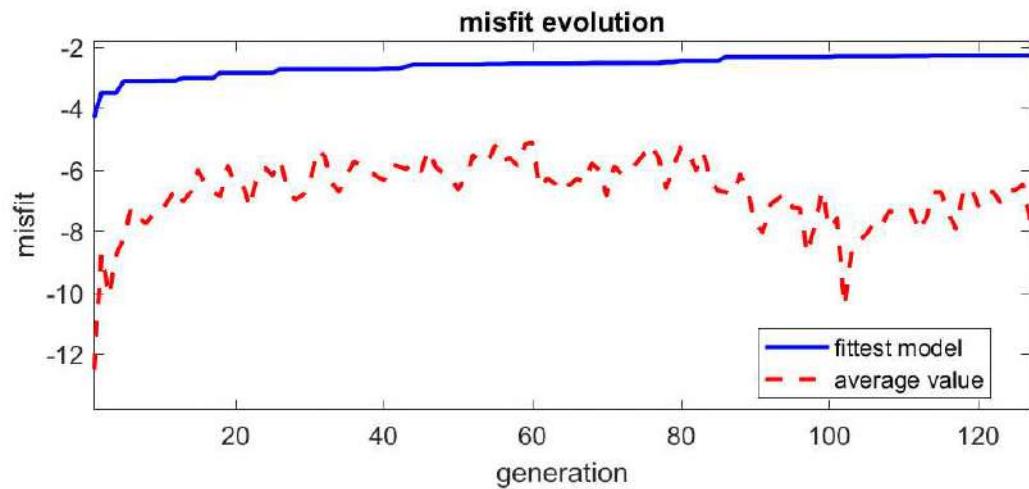
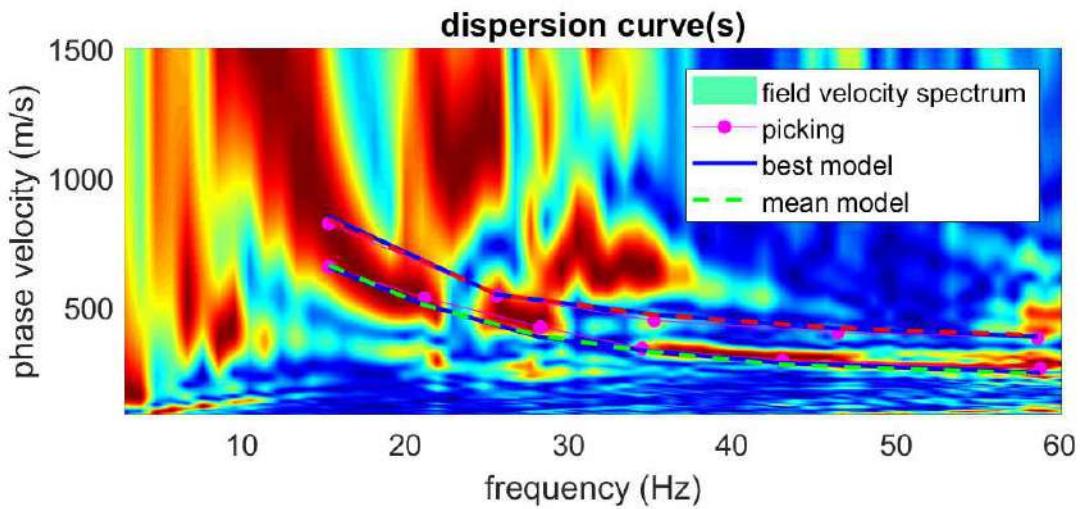
**MASW linea 2**  
common-shot gather e spettri di velocità di fase per le varie acquisizioni



modello :

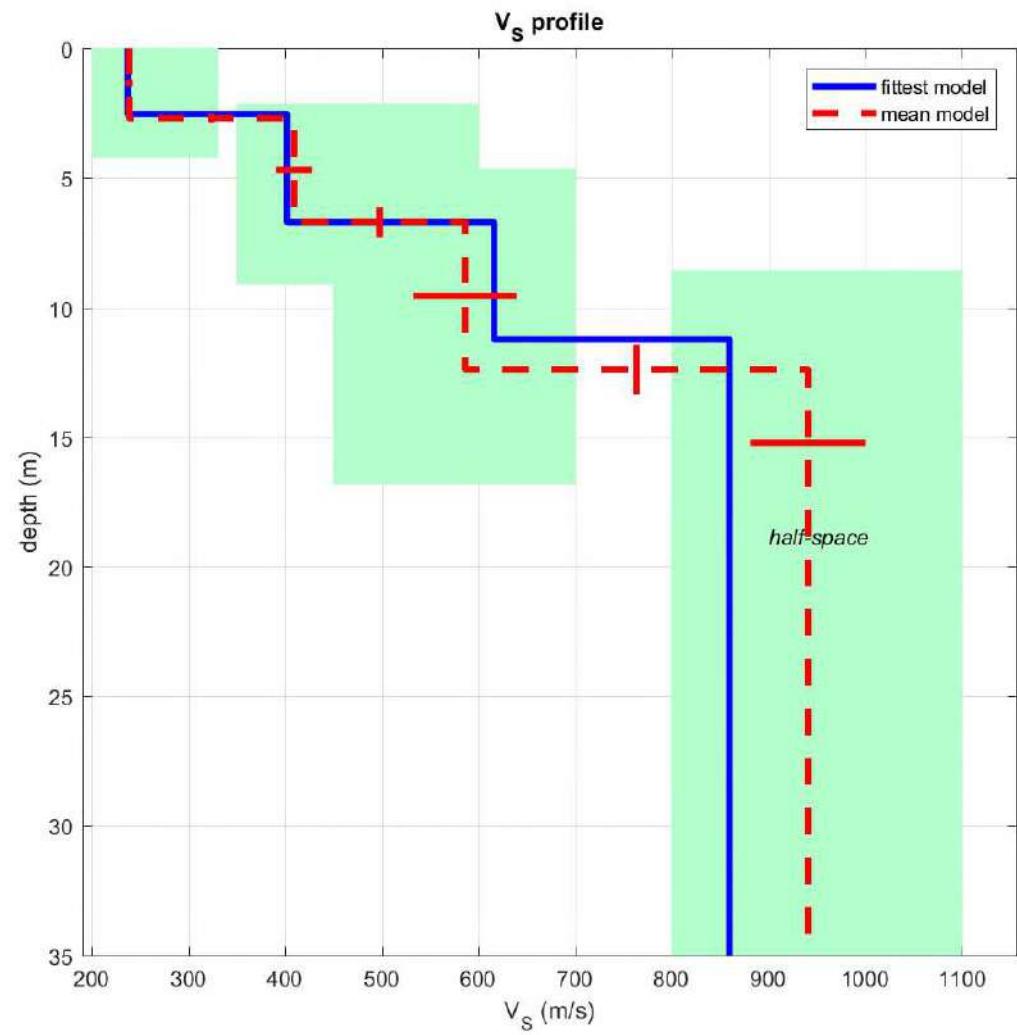
Vs	Poisson	thickness
250	0.40	3
450	0.35	3.5
600	0.35	5.5
850	0.35	0

elaborazione da modello diretto  
per le varie acquisizioni



**best model**

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	237	2.5344	2.5344
2	402	4.1806	6.7150
3	616	4.5149	11.2299
4	860	0	0



dataset: masw10m.sgy  
 dispersion curve: 10m-pick.cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 597 395 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 606 402 m/s

elaborazione per «picking» e inversione  
 relativamente al dato dell’acquisizione  
 con offset minimo = 10,0 m

# INDAGINE MASW : REPORT ELABORAZIONE PER PICKING E INVERSIONE

```
=====
dataset: maswl0m.sgy                         SECTION#1
sampling (ms): 0.256                          minimum offset (m): 10      geophone spacing (m): 2.5
offsets (m): 10     12.5       15       17.5       20       22.5       25
27.5        30       32.5       35       37.5       40       42.5       45
47.5        50       52.5       55       57.5       60       62.5       65
67.5
Dispersion curve: 10m-pick.cdp
Number of individuals: 50      Number of generations: 101

Rayleigh-wave dispersion analysis
Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs): 200 350 450 800
Adopted search space (maximum Vs): 330 600 700 1100
Adopted search space (minimum Poisson): 0.2          0.175          0.175          0.175
Adopted search space (maximum Poisson): 0.499         0.499         0.499         0.499
Adopted search space (minimum Qs): 7.5            12           14.25          18
Adopted search space (maximum Qs): 15            24           28.5           36
Adopted search space (minimum reference frequency): 1
Adopted search space (maximum reference frequency): 58.8165
Adopted search space (minimum thickness): 2.1429      2.5           3.9286
Adopted search space (maximum thickness): 4.2          4.9           7.7

=====
Rayleigh-wave analysis                         SECTION#2
Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -12.5083      -4.30684
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -8.7411      -3.4996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -10.0957      -3.49964
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -8.7557      -3.4996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -8.2318      -3.1216
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -7.2333      -3.1216
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -7.5573      -3.1216
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -7.7442      -3.1216
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -7.4391      -3.1216
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -7.3818      -3.1162
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -6.9907      -3.1162
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -6.622       -3.1162
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -7.0319      -3.0141
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -6.7252      -3.0141
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -6.0157      -3.0141
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -6.4935      -3.0141
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -6.735       -3.0141
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -6.856       -2.8436
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -5.878       -2.8436
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -6.4556      -2.8436
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -6.4844      -2.8436
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -7.2266      -2.8436
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -6.1098      -2.8436
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -5.9409      -2.8436
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -6.1835      -2.8436
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -5.6951      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -6.5257      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -6.9715      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -6.8494      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -6.5375      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -5.371       -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -5.5377      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -6.4372      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -6.7183      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -6.2035      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -5.7371      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -5.8656      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -5.9989      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -6.2112      -2.7383
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -6.3397      -2.7201
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -5.8331      -2.7168
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -5.8939      -2.7168
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -5.9712      -2.6401
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -5.7629      -2.5849
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -6.0379      -2.5849
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -5.3714      -2.5849
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -5.919       -2.5849
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -6.1159      -2.5849
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -6.2652      -2.5849
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -6.6448      -2.5849
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -6.2654      -2.5849
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -5.5343      -2.5849
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -5.7378      -2.5849
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -5.749       -2.5686
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -5.2145      -2.5686
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -5.7113      -2.5686
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -5.6317      -2.5534
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -5.87       -2.5534
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -5.1773      -2.5534
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -5.1237      -2.5534
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -6.5878      -2.5534
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits: -6.2804      -2.5534
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits: -6.4523      -2.5534
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits: -6.2324      -2.5534
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits: -6.5024      -2.5534
Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits: -6.2933      -2.5496
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits: -6.4027      -2.5496
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits: -5.8027      -2.5365
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits: -6.0119      -2.5365
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits: -6.8268      -2.5365
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits: -5.8912      -2.5365
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits: -6.1423      -2.5365
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits: -6.0566      -2.5365
```

```

Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits: -5.7844 -2.5343
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits: -5.5006 -2.5343
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits: -5.1974 -2.5343
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits: -5.6278 -2.5343
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits: -6.5913 -2.5006
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits: -5.9031 -2.4996
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits: -5.2753 -2.4602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits: -5.4044 -2.4602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 82; average & best misfits: -6.0131 -2.4602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 83; average & best misfits: -5.4429 -2.4602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 84; average & best misfits: -6.3448 -2.4602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 85; average & best misfits: -6.6891 -2.4602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 86; average & best misfits: -6.7357 -2.344
Optimizing Vs & Thickness - generation: 87; average & best misfits: -6.8015 -2.344
Optimizing Vs & Thickness - generation: 88; average & best misfits: -6.1535 -2.344
Optimizing Vs & Thickness - generation: 89; average & best misfits: -6.7562 -2.344
Optimizing Vs & Thickness - generation: 90; average & best misfits: -7.7449 -2.3432
Optimizing Vs & Thickness - generation: 91; average & best misfits: -8.0345 -2.3432
Optimizing Vs & Thickness - generation: 92; average & best misfits: -7.1374 -2.3432
Optimizing Vs & Thickness - generation: 93; average & best misfits: -6.9508 -2.3432
Optimizing Vs & Thickness - generation: 94; average & best misfits: -6.7845 -2.3432
Optimizing Vs & Thickness - generation: 95; average & best misfits: -7.2312 -2.3432
Optimizing Vs & Thickness - generation: 96; average & best misfits: -7.2582 -2.3432
Optimizing Vs & Thickness - generation: 97; average & best misfits: -8.723 -2.3432
Optimizing Vs & Thickness - generation: 98; average & best misfits: -7.8282 -2.3432
Optimizing Vs & Thickness - generation: 99; average & best misfits: -6.6805 -2.3432
Optimizing Vs & Thickness - generation: 100; average & best misfits: -7.9022 -2.3432
Optimizing Vs & Thickness - generation: 101; average & best misfits: -7.5823 -2.3075

```

Adopted search space (minimum Vs):	200	350	450	800
Adopted search space (maximum Vs):	330	600	700	1100
Adopted search space (minimum Qs):	7.5	12	14.25	18
Adopted search space (maximum Qs):	15	24	28.5	36
Adopted search space (minimum reference frequency):	1			
Adopted search space (maximum reference frequency):		58.8165		
Adopted search space (minimum Poisson):	0.2		0.175	0.175
Adopted search space (maximum Poisson):	0.497		0.497	0.497
Adopted search space (minimum thickness):	2.1429		2.5	3.9286
Adopted search space (maximum thickness):	4.2		4.9	7.7

Now a finer search around the most promising search space area

#### Rayleigh-wave analysis

```

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -10.4314 -2.30747
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -8.595 -2.3075
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -8.3049 -2.3075
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -8.0834 -2.3075
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -7.7249 -2.3075
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -7.8256 -2.3075
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -7.341 -2.3075
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -7.3722 -2.3075
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -7.3892 -2.2973
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -7.3031 -2.2973
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -7.9937 -2.2973
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -7.5773 -2.2973
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -6.7438 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -6.7312 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -7.4034 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -7.9252 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -6.7489 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -6.5586 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -7.1707 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -6.8119 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -6.7136 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -7.0685 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -6.6996 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -6.6611 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -6.4911 -2.282
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -7.6616 -2.282

```

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s):	237	402	616	860
Thickness (m):	2.5	4.2	4.5	

Number of models considered to calculate the average model: 713

```
#####
RESULTS
#####
```

```
Dataset: masw10m.sgy          Analyzed curve/spectrum: 10m-pick.cdp
===== SECTION#3
```

```
Analyzing Phase Velocities    Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion
=====
```

```
MEAN MODEL
```

Vs (m/s):	238	409	586	941
Standard deviations (m/s):	4	19	53	60
Thickness (m):	2.7	4.0	5.7	
Standard deviations (m):	0.2	0.6	1.0	
Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus				
Vp (m/s):	817	792	1209	1828
Density (gr/cm3):	2.01	2.00	2.10	2.20
Vp/Vs ratio:	3.43	1.94	2.06	1.94
Poisson:	0.45	0.32	0.35	0.32
Shear modulus (MPa):	114	334	721	1949
Estimated static shear modulus (MPa):	0	0	0	

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
15.3254	658.6345
21.1686	504.0235
28.2692	385.4635
34.4822	326.5868
43.062	273.1868
58.8165	239.257

First higher mode

Mean model

15.3254	836.792
25.6065	546.5963
35.2218	466.3179
46.4644	415.7732
58.6685	387.6488

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 237 402 616 860  
thickness (m): 2.5344 4.1806 4.5149

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 1352 666 1914 2852  
Density (gr/cm<sup>3</sup>): 2.13 1.96 2.21 2.31  
Vp/Vs ratio: 5.70 1.66 3.11 3.32  
Poisson: 0.48 0.21 0.44 0.45  
Shear modulus (MPa): 119 316 839 1708  
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
15.3254	650.4728
21.1686	506.3382
28.2692	379.4291
34.4822	328.4347
43.062	280.2629
58.8165	242.3753

First higher mode)

best model

15.3254	847.4236
25.6065	545.1519
35.2218	468.0099
46.4644	413.0816
58.6685	382.7272

===== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 35 m

Inversion quality: very good

Vs30 & VsE (mean model): 606 402 m/s  
Vs30 & VsE (best model): 597 395 m/s

=====

**winMASW - Surface Waves & Beyond**

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)



# Andrea Casella Geologo

Piazza Berlinguer 38, 56017 Metato (San Giuliano Terme - PI)

**INDAGINE GEOFISICA IN SISMICA PASSIVA HVSR  
IN UN'AREA POSTA  
IN VIA DELLA PIEVE DI SANTO STEFANO - LU**

**Comm.te: Studio Palazzetti**

**MAGGIO 2025**



tel. 050.811550 335.5869311 cod.fisc. CSL NDR 59B18 E715L p.IVA 011 0357 0501

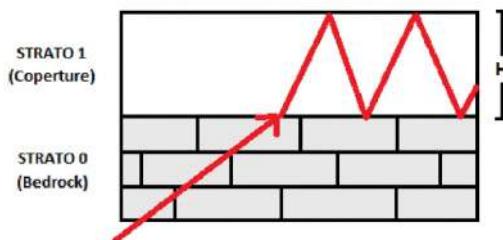
## INDAGINE GEOFISICA IN SISMICA PASSIVA HVS IN UN'AREA POSTA IN VIA DELLA PIEVE DI SANTO STEFANO - LU.

### GENERALITÀ

La sismica passiva studia il microtremore sismico ambientale (rumore sismico), sfruttando il fatto che il “rumore”, pur non recando l’informazione relativa alla sua sorgente, risulta sensibile alla locale struttura presso la stazione di misura. La strumentazione per eseguire misure di sismica passiva può operare in spazi ridotti, non necessita di energizzazioni e permette di indagare profondità molto elevate; i tempi di esecuzione sono relativamente bassi.

Il rumore sismico ambientale deriva dalla composizione di molte sorgenti che agiscono in tempi diversi e in zone diverse. Nel campo del rumore sono rappresentate sia onde di volume (fronte d’onda sferico) sia onde di superficie (fronte d’onda cilindrico), ma le onde di superficie hanno carattere dominante, perché caratterizzate da minore attenuazione.

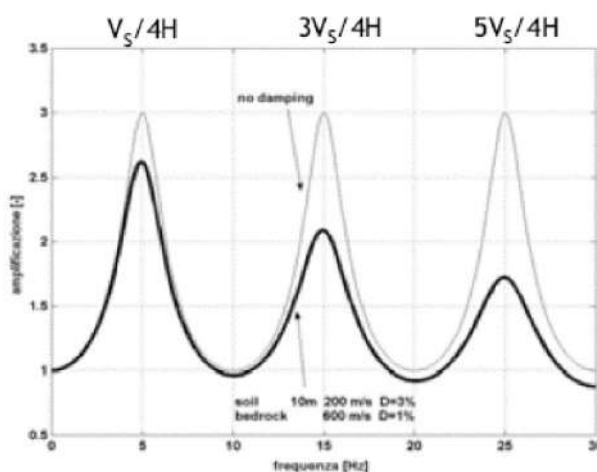
Quando fra 2 superfici esiste una variazione significativa dell’impedenza acustica si ha il fenomeno della *risonanza*, che deriva dall’ “intrappolamento” di energia sismica (essenzialmente delle fasi  $S_H$ ) all’interno delle coperture, ovvero fra la superficie e un basamento rigido qui inteso come una formazione “caratterizzata da valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio  $S$  significativamente maggiori di quelli relativi alle coperture localmente presenti”.



La frequenza fondamentale di risonanza  $f$  del sedimento è funzione dello spessore  $H$  e della velocità media  $V$  delle onde nel sedimento stesso :

$$f = n \frac{V_s}{4H} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

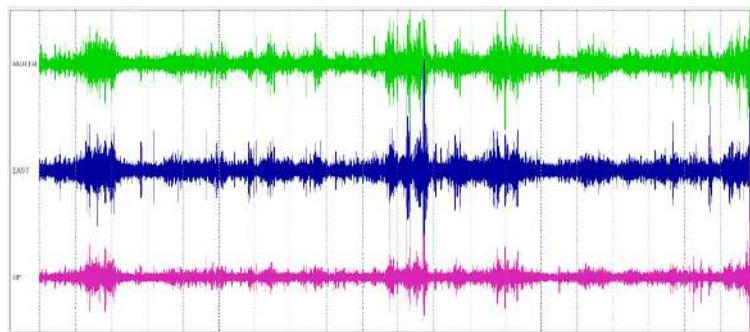
dove  $n$  indica l’ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.),  $V_s$  è la velocità delle onde di taglio nello strato oggetto di risonanza e  $H$  è lo spessore di detto strato.



Nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è il **fondamentale**. Conoscendo lo spessore  $H$  del sedimento è possibile avere informazioni sulla velocità media delle onde  $S$ ; viceversa, conoscendo la velocità media è possibile definire lo spessore  $H$  dello strato.

Le registrazioni in campagna vengono effettuate mediante un *tromografo*, che consiste in un'apparecchiatura che riunisce una terna di sensori velocimetrici orientati su tre direzioni ortogonali:

- 2 nella componente orizzontale dello spostamento (tra loro ortogonali) per misure su suoli ordinariamente corrispondenti alle direzioni NS ed EW;
- 1 nella componente verticale (up-down).

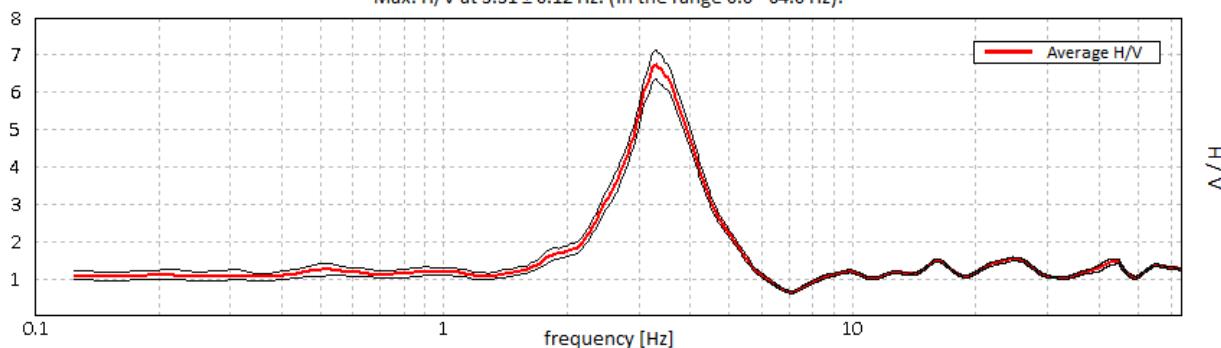


I diagrammi relativi a tali registrazioni vengono elaborati attraverso la determinazione dell'intensità del segnale in sottofinestre di determinata durata, e trasformati in spettri  $H/V$ .

Nella pratica si utilizza il rapporto  $H/V$  perché è un buon normalizzatore e un buon estimatore delle frequenze di risonanza dei terreni; i valori assoluti degli spettri orizzontali e verticali variano infatti con il livello assoluto del rumore ambientale, mentre la forma dello spettro e in particolare il rapporto tra le ampiezze orizzontale e verticale si mantiene più stabile, e per il suo carattere stocastico mostra caratteristiche correlabili con la struttura locale del suolo. Alle frequenze caratteristiche di vibrazione dei suoli corrisponde infatti un decremento del segnale della componente verticale, che determina un picco nel rapporto spettrale, come nell'esempio del grafico seguente.

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max.  $H/V$  at  $3.31 \pm 0.12$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

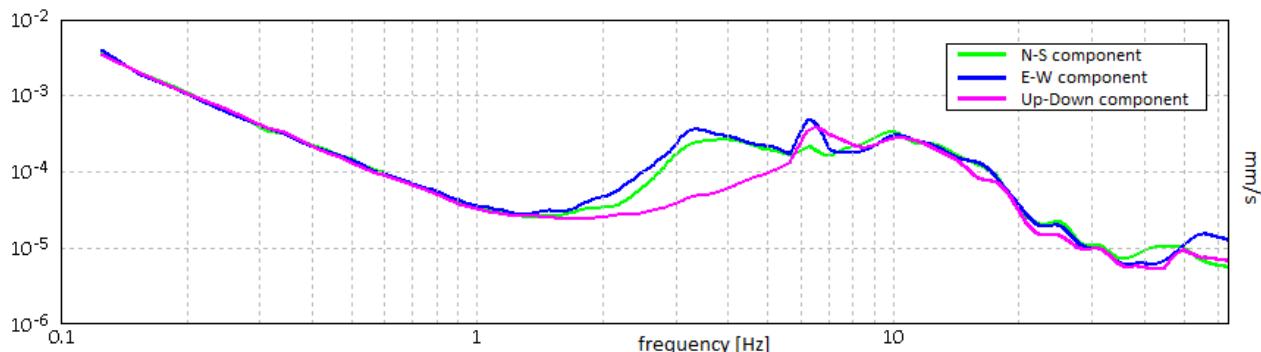


In un mezzo senza contrasti di impedenza (es. un ammasso roccioso "sano") la curva  $H/V$  risulta teoricamente piatta e con valore medio tra 0,7 e 1,0 (in funzione del modulo  $\mu$ ).

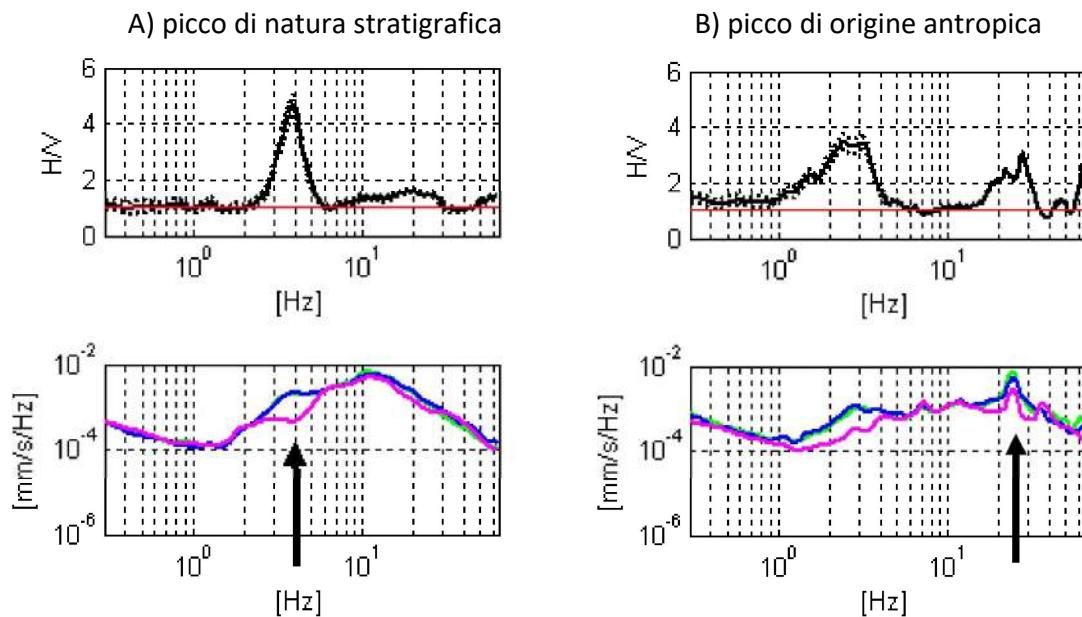
La presenza di un picco nella curva  $H/V$  può essere data da un fenomeno di *risonanza*, causato da una variazione di velocità delle onde sismiche nel terreno, e quindi da passaggi stratigrafici caratterizzati da un notevole contrasto tra le velocità sismiche stesse.

Dato che tali picchi su H/V possono essere dovuti anche ad artefatti e transienti, H/V deve essere sempre analizzato alla luce degli spettri delle singole componenti.

### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

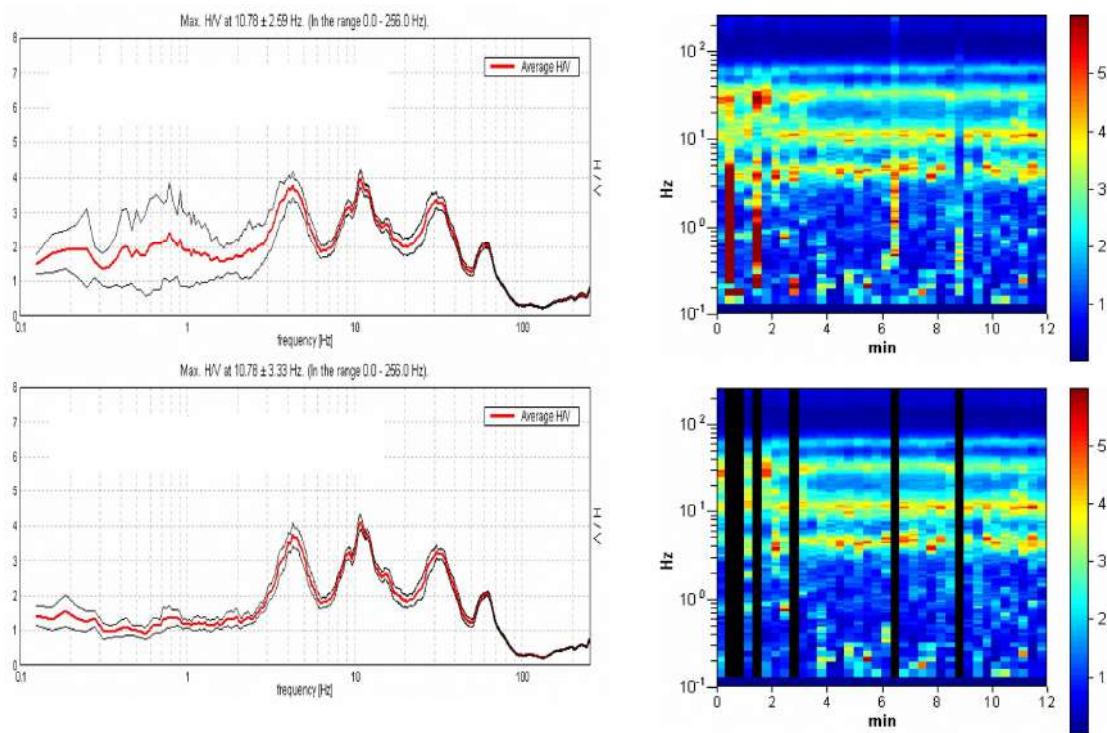


Un picco di natura stratigrafica (e non artefattuale) presenta un minimo locale della componente spettrale verticale, mentre i picchi H/V di origine antropica sono caratterizzati da picchi stretti di diversa ampiezza e analoga frequenza su tutte e 3 le componenti.

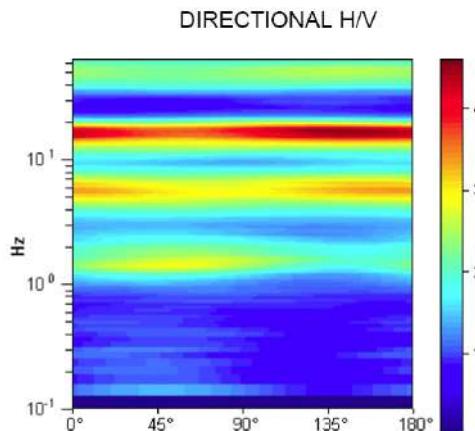


L'elaborazione degli spettri H/V comporta quindi un'analisi ragionata dei vari picchi, uno *smoothing* e una valutazione sugli spettri nelle varie "finestre" di tempo in cui è stata suddivisa l'acquisizione, in modo da poter eventualmente rimuovere gli intervalli di misura caratterizzati da disturbi.

Di solito è consigliabile effettuare le correzioni nel dominio delle frequenze, e non operare nel dominio del tempo, in quanto in tale contesto non è agevole identificare quali perturbazioni siano relative ad artefatti e transienti.



Altro aspetto importante da considerare è la *stabilità direzionale* del segnale, elemento a favore della valenza stratigrafica del picco analizzato.



### PROSPEZIONE IN OGGETTO

La prospezione è stata effettuata mediante l'utilizzo di uno strumento TROMINO® della *Micromed Geophysics*, espressamente progettato per misure di microtremore.



*TROMINO®* è uno strumento efficiente per la misura del rumore sismico; presenta ridotte dimensioni e peso, e bassissimo consumo di energia. L'alta risoluzione dell'elettronica digitale impiegata consente di ottimizzare la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz; i sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit. Le caratteristiche progettuali consentono una accuratezza relativa maggiore di  $10^{-4}$  sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz; l'assenza di cavi esterni consente inoltre di lasciare virtualmente imperturbato il campo d'onda presente nell'ambiente.

Lo strumento dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali. Il moto del terreno viene amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria digitale di tipo Flash.

I dati registrati da *TROMINO®* possono essere scaricati, organizzati, archiviati, visualizzati e analizzati tramite il programma *Grilla* fornito assieme allo strumento. Esso include inoltre procedure per l'analisi spettrale di base e per l'analisi HVSR anche secondo le direttive fornite dal progetto di ricerca europeo *SESAME*.

\* \* \*

L'indagine si è articolata su 2 postazioni di misura, le cui ubicazioni sono indicate nelle allegate schede monografiche, che comprendono estratto CTR/fotosat e documentazione fotografica.

E' stata effettuata una rilevazione del microtremore sismico ambientale con le seguenti modalità:

- durata dell'acquisizione pari a 20';
- suddivisione dell'acquisizione stessa in "finestre" temporali di 20" ;
- frequenza di campionamento pari a 128 Hz.

#### **CRITERI DI ANALISI DELLE MISURE**

I dati di campagna (vedere report allegati) sono stati trattati con una procedura di analisi consistente in:

postazione 1    - lisciamento "finestra triangolare" (10%) ;  
                  - analisi sul 93% del tracciato (selezione manuale)  
                  - analisi temporale nell'intervallo fra 0.0 e 64.0 Hz ;  
                  - analisi direzionale con step di 5° .

postazione 2    - lisciamento "finestra triangolare" (10%) ;  
                  - analisi sul 92% del tracciato (selezione manuale)  
                  - analisi temporale nell'intervallo fra 0.0 e 64.0 Hz ;  
                  - analisi direzionale con step di 5° .

Una volta effettuata una prima elaborazione del dato è stata eseguita una selezione per eliminazione delle sottofinestre temporali contenenti sollecitazioni transienti.

#### **CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE**

La misura è soggetta alle valutazioni sulla "robustezza" statistica del dato secondo i criteri del protocollo *SESAME*, automaticamente inserito nel report.

*Nell' interpretare la tabella SESAME di significatività dei picchi H/V bisogna considerare che ogni sito può generare più di una risonanza, e che non esiste una risonanza fondamentale in assoluto.*

- *I primi 3 criteri della tabella dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti; se così non fosse, tipicamente è necessario rianalizzare la registrazione aumentando il parametro WINDOW SIZE.*

- I secondi 6 criteri della tabella dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile (preferibilmente almeno 5 su 6) ma si ricordi che eventuali NO su tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Ad esempio una registrazione su roccia "sana" darebbe NO su tutti questi criteri.

Un'ulteriore classificazione dei risultati può essere effettuata tenendo conto dei criteri adottati nello studio di "Microzonazione Sismica per la ricostruzione dell'area Aquilana" a cura del Dipartimento della Protezione Civile, e finalizzati a una valutazione più generale, e più restrittiva, della qualità del dato acquisito, secondo i seguenti parametri:

- stazionarietà del segnale nel campo dello sviluppo temporale dello spettro
- isotropia del segnale nel campo dello sviluppo direzionale dello spettro
- presenza di rumore elettromagnetico, con particolare riferimento al campo di frequenza di eventuali picchi
- plausibilità fisica del picco
- robustezza statistica del picco (comprendente i primi 3 criteri SESAME)
- durata della misura.

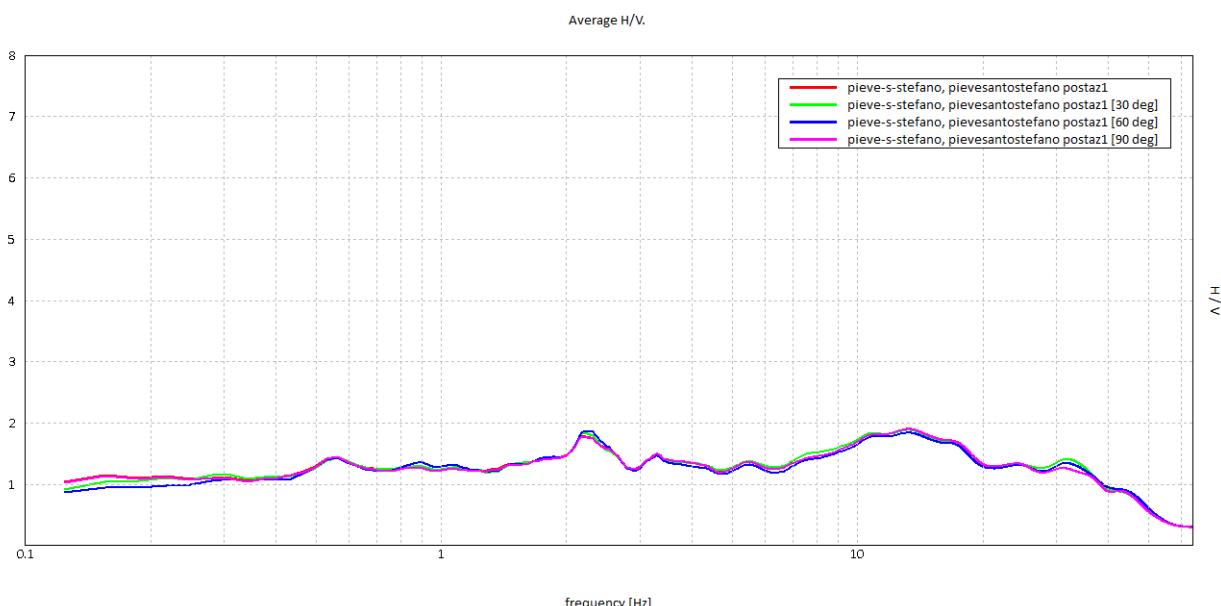
Le misure sono classificabili:

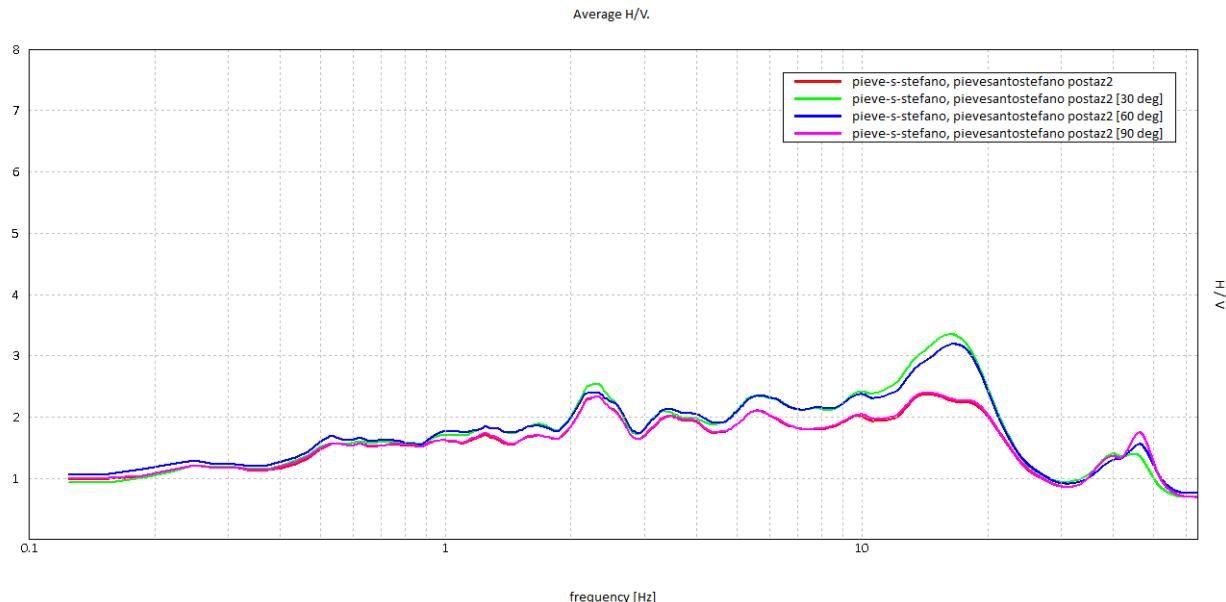
- in CLASSE A di qualità quando soddisfano tutti i criteri, fatta eccezione per gli spettri piatti che ovviamente disattendono i criteri SESAME per assenza di picchi significativi;
- in CLASSE B quando ne disattendono almeno uno ma mantengono buona leggibilità;
- in CLASSE C quando contengono elementi di disturbo invalidanti ai fini della corretta interpretazione.

Nel primo caso le misure sono utilizzabili anche da sole, nel secondo caso sono utilizzabili con cautela e unitamente ad altre misure effettuate nell'ambito della lunghezza d'onda di interesse, nel terzo caso vanno scartate. Limitatamente ai primi due casi sono poi definite le sottoclassi 1 e 2 in base alla presenza o meno di un picco chiaro.

Le curve H/V relative alle due postazioni di misura non presentano andamento analogo; infatti nel dato relativo alla postazione 2 emerge un massimo H/V a 16,25 Hz che nella postazione 1, cioè nella zona dell'accumulo di frana, non è stato rilevato.

Data la possibilità che le curve risentano di effetti di versante e/o effetti 2D, per ciascuna postazione di misura sono state effettuate analisi anche operando una rotazione via software degli assi, ottenendo il risultato che segue :





I "picchi" che appartengono a fenomeni 1D non cambiano al ruotare delle tracce, mentre quelli che appartengono a fenomeni 2D cambiano di ampiezza, avendo la massima lungo l'asse principale e la minima nella direzione ad esso ortogonale.

In sostanza le due acquisizioni hanno in comune un modesto massimo di H/V a ca. 2,3 Hz, picco non alterato dalla rotazione degli assi.

Invece l'evidente picco segnalato nella postaz. 2 a frequenze sui 16,2 Hz è suscettibile a variare di entità in funzione dell'orientazione degli assi, portando a un massimo H/V a 30°-60°.

Il picco a 2,3 Hz è abbastanza persistente, sembra stratigrafico, leggermente direzionale. In ogni modo non soddisfa i secondi criteri *Sesame*. La frequenza collocherebbe il passaggio di velocità a profondità notevoli, presumibilmente oltre i 65/70 m.

Il picco a 16,2 Hz è abbastanza persistente, potrebbe essere stratigrafico, leggermente direzionale. Soddisfa solo 3/6 dei secondi criteri *Sesame*. In ogni caso si riferisce a un passaggio di velocità collocabile a profondità di pochi m; come già accennato, appartiene a un fenomeno che ha caratteristiche 2D.

#### **ALLEGATI :**

- scheda monografica postazione di misura n. 1
- scheda monografica postazione di misura n. 2
- report elaborazione dati postaz. n. 1
- report elaborazione dati postaz. n. 2

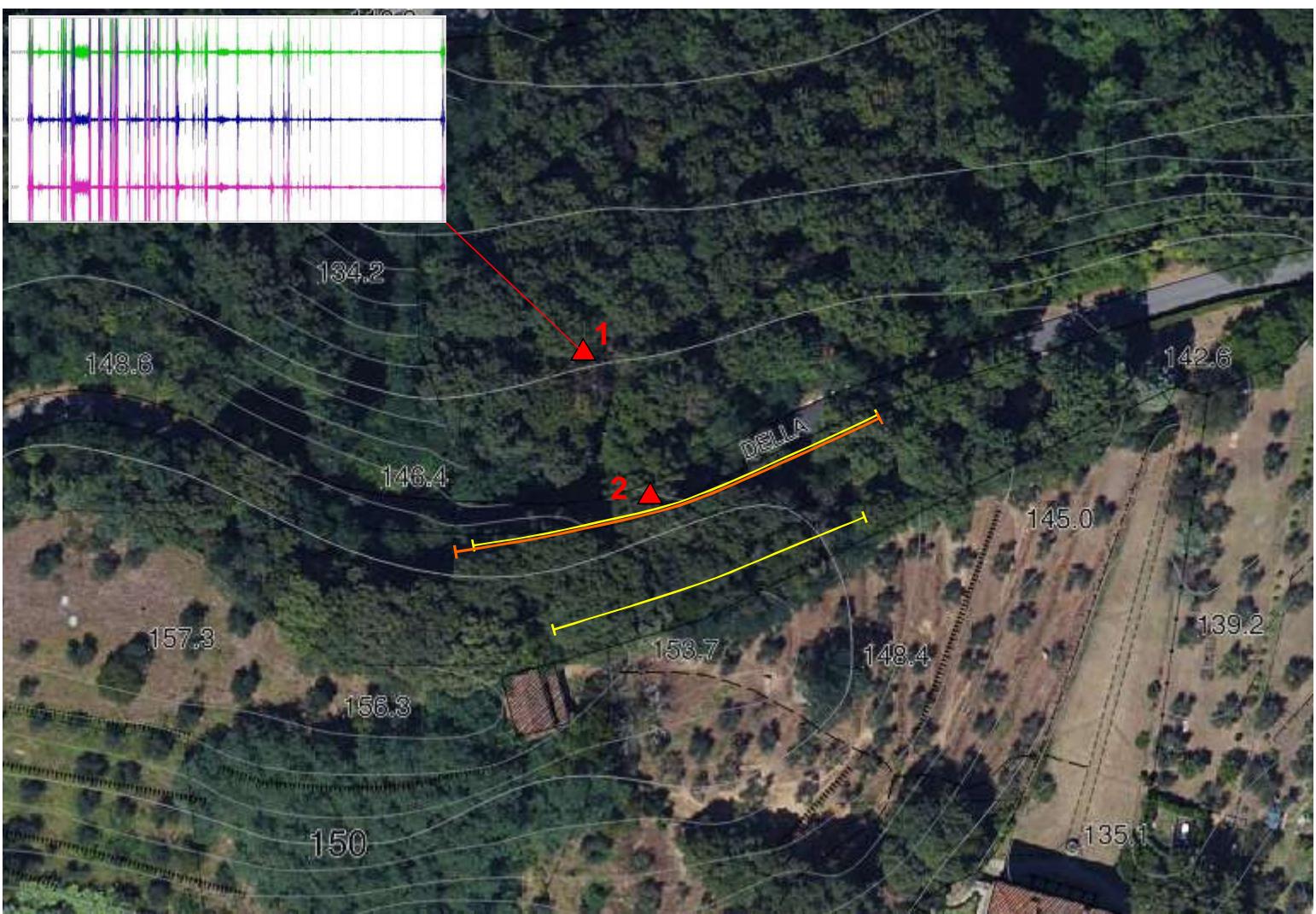
**San Giuliano T.me, 06.05.2025**



# INDAGINE HVSR - Via della Pieve di Santo Stefano (LU) - POSTAZ. 1



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



UBICAZIONE SU C.T.R. / FOTOSAT - SCALA 1:1.000

orientazione > N

contesto globale : zona collinare, boschiva

contesto locale : corpo di frana

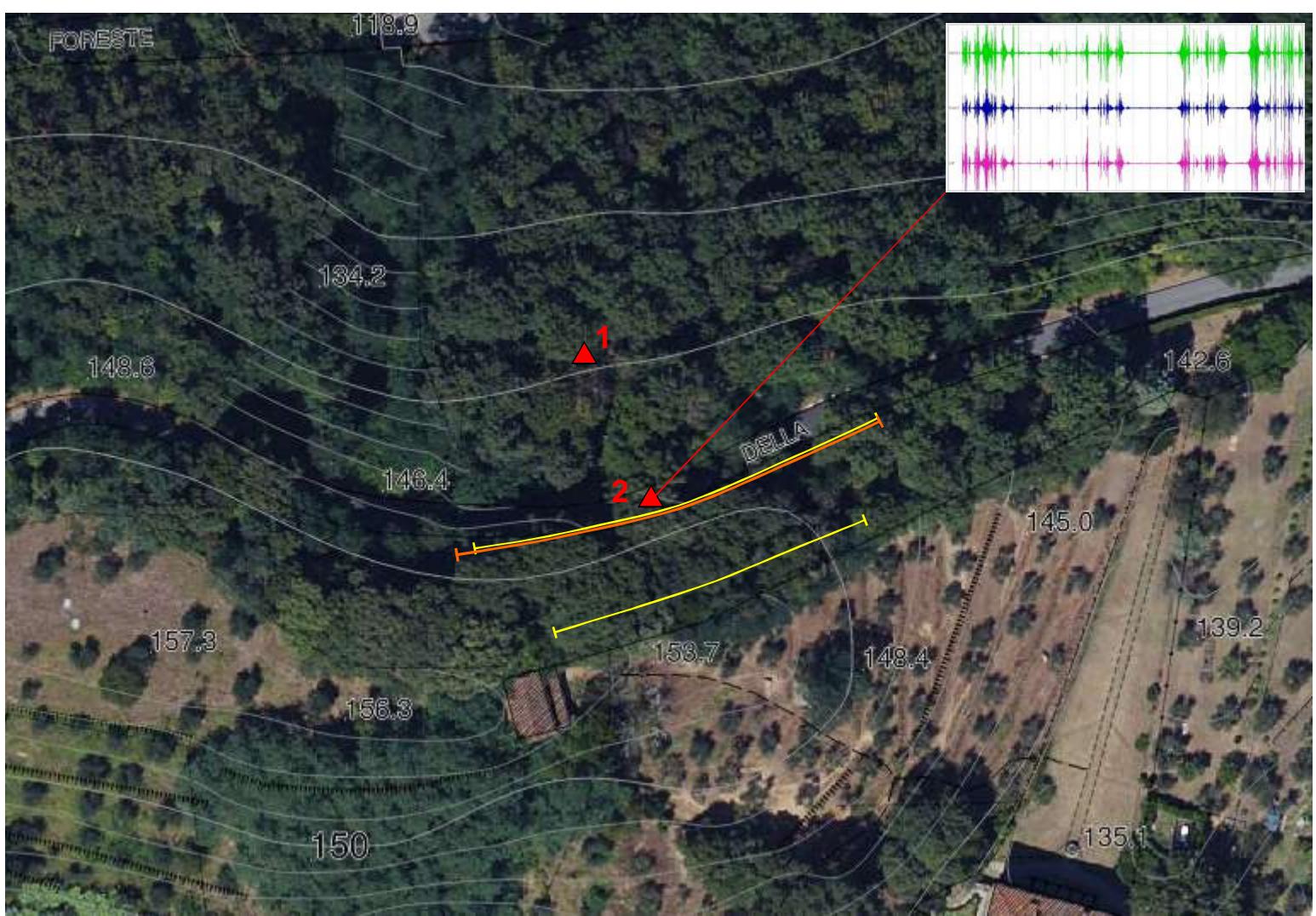
condizioni climatiche : coperto, vento assente

rumori/disturbi : nessuno

# INDAGINE HVSR - Via della Pieve di Santo Stefano (LU) - POSTAZ. 2



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



UBICAZIONE SU C.T.R. / FOTOSAT - SCALA 1:1.000

orientazione > N

contesto globale : zona collinare, boschiva

contesto locale : carreggiata stradale

condizioni climatiche : coperto, vento assente

rumori/disturbi : nessuno

## PIEVE-S-STEFANO, POSTAZ1 [60 DEG]

Strumento: TRZ-0158/01-11

Formato dati: 16 bit

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 06/05/2025 08:27:01

Fine registrazione: 06/05/2025 08:47:00

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 93% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

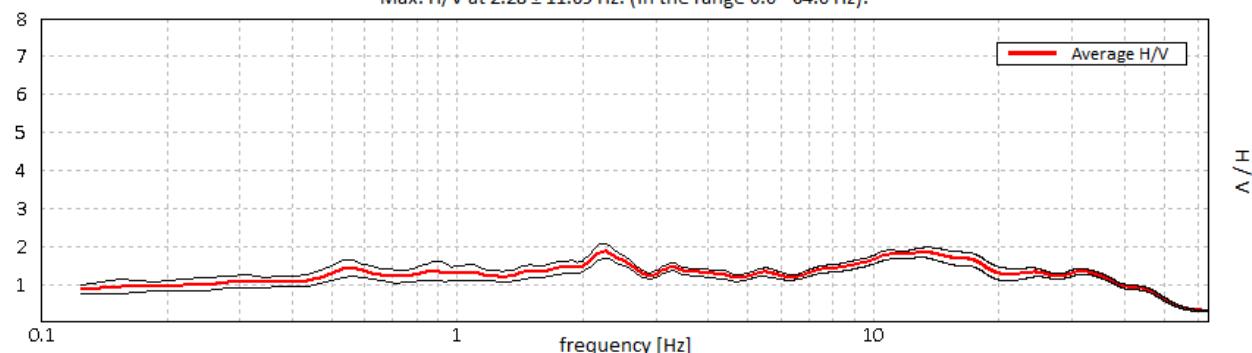
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

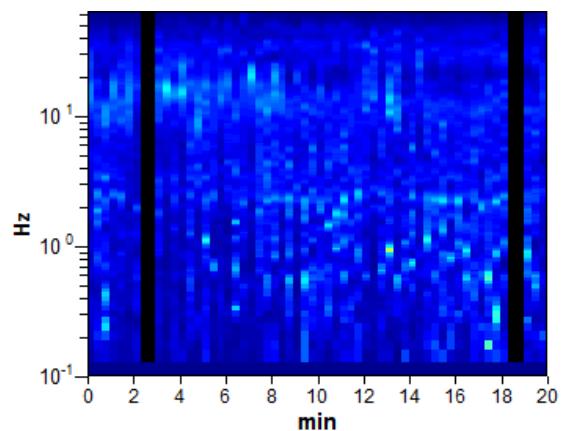
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $2.28 \pm 11.69$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

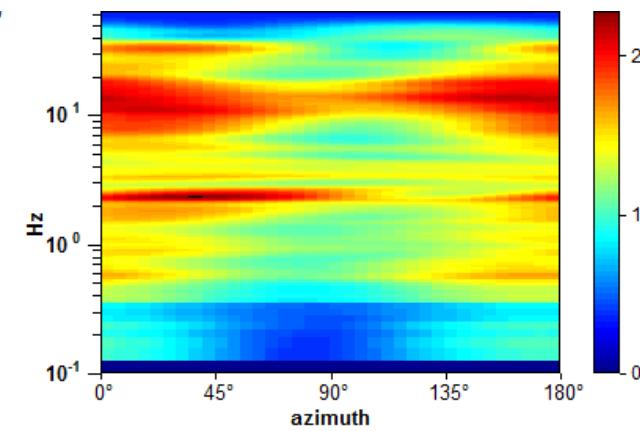


H/V

### SERIE TEMPORALE H/V

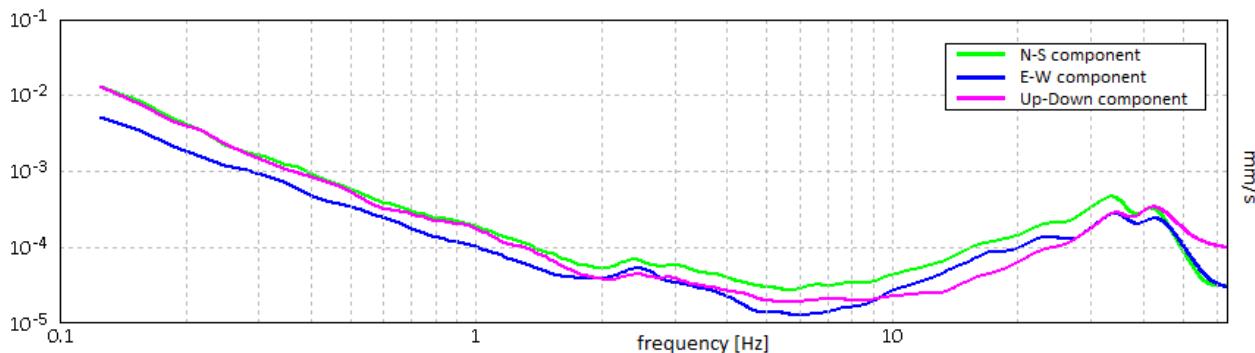


### DIREZIONALITA' H/V



0 1 2

### 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  $2.28 \pm 11.69$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.28 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2555.0 > 200$	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 110	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 $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.87 > 2$		NO
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 5.12622  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$11.69419 < 0.11406$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1917 < 1.58$	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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## PIEVE-S-STEFANO, POSTAZZ2 [30 DEG]

Strumento: TRZ-0158/01-11

Formato dati: 16 bit

Inizio registrazione: 06/05/2025 09:04:03

Nomi canali:

Durata registrazione: 0h20'00".

Freq. campionamento: 128 Hz

Tipo di lisciamento: Triangular window

Fondo scala [mV]: 51

Fine registrazione: 06/05/2025 09:24:02

NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

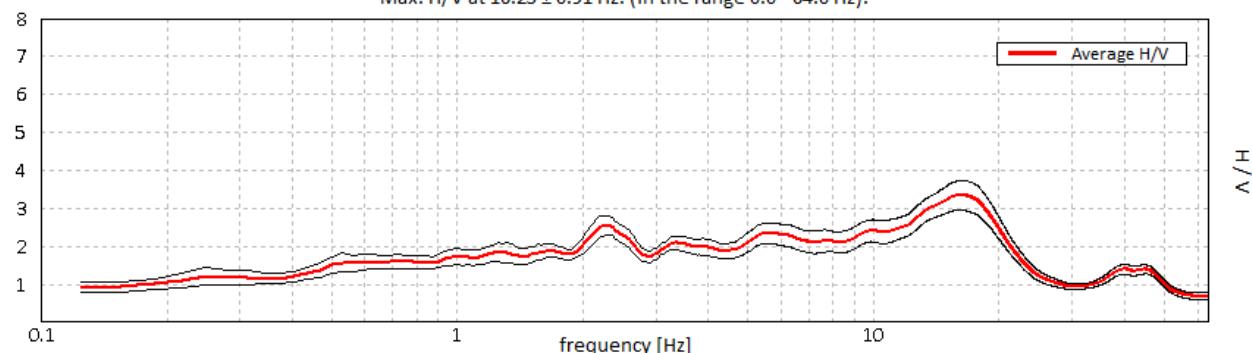
Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Lunghezza finestre: 20 s

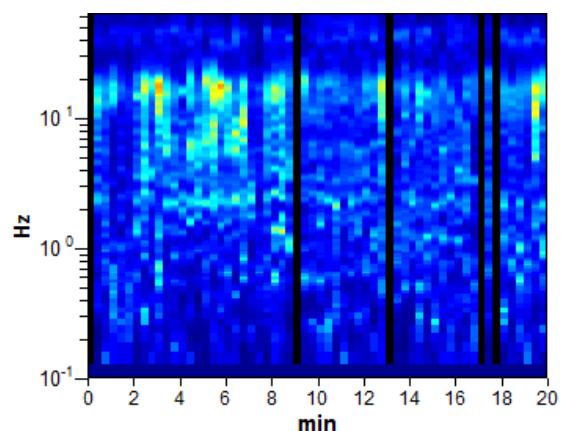
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

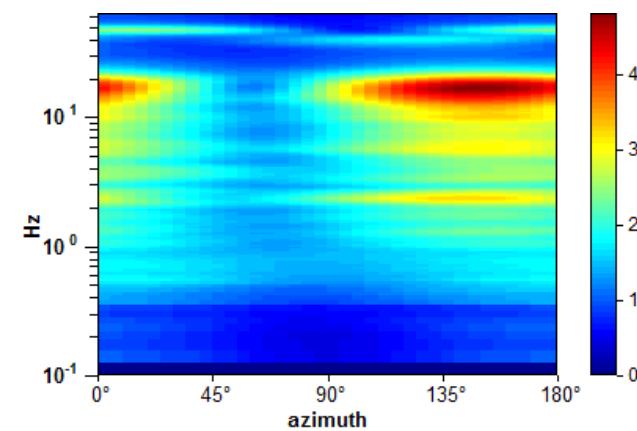
Max. H/V at  $16.25 \pm 0.91$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



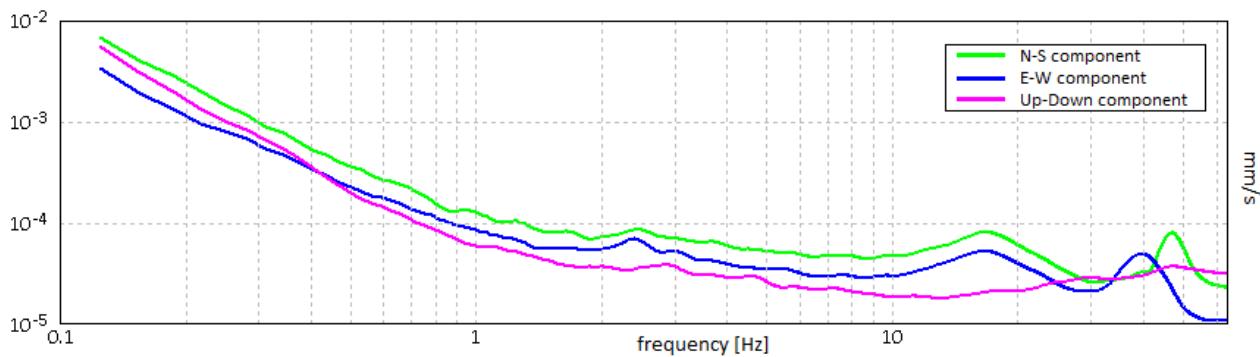
### SERIE TEMPORALE H/V



### 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  $16.25 \pm 0.91$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$16.25 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$17875.0 > 200$	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 781	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 $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	22.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.35 > 2$	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.05579  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.90652 < 0.8125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3929 < 1.58$	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
$\sigma_{logH/V}(f)$	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 $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

N. ALL.	TITOLO
All. 5	Tomografie elettriche



# Andrea Casella Geologo

Piazza Berlinguer 38, 56017 Metato (San Giuliano Terme - PI)

RISULTATI DELLA PROSPEZIONE GEOELETTRICA  
EFFETTUATA MEDIANTE 1 PROFILO DI RESISTIVITÀ 2D  
IN VIA DELLA PIEVE DI SANTO STEFANO (LU)



comm.te : Studio Palazzetti

MAGGIO 2025



## RISULTATI DELLA PROSPEZIONE GEOELETTRICA EFFETTUATA MEDIANTE 1 PROFILO DI RESISTIVITÀ 2D IN VIA DELLA PIEVE DI SANTO STEFANO (LU).

### PREMESSE

La presente relazione sintetizza le risultanze di una prospezione geoelettrica effettuata nell'ambito di una zona collinare del comune di Lucca, lungo un tratto di Via della Pieve di Santo Stefano interessata da un movimento franoso.

L'indagine si è articolata sull'esecuzione di 1 profilo in tomografia 2D, ubicato come risulta nell'allegato estratto da CTR/fotosat, e illustrato nella documentazione fotografica.

Lo scopo dell'indagine era quello di ottenere informazioni relativamente alle caratteristiche litostratigrafiche dei terreni presenti, in modo da fornire indicazioni di supporto agli studi geologico-tecnici in corso da parte della Comm.zza.

Questo tipo di prospezioni geofisiche consente infatti di effettuare ricostruzioni di insieme delle caratteristiche di resistività del terreno secondo profili bidimensionali, potendo infine interpretare le variazioni di resistività in termini di variazioni litologiche e di porosità/alterazione/saturazione dei terreni.

### GENERALITÀ SULLE INDAGINI GEOELETTRICHE

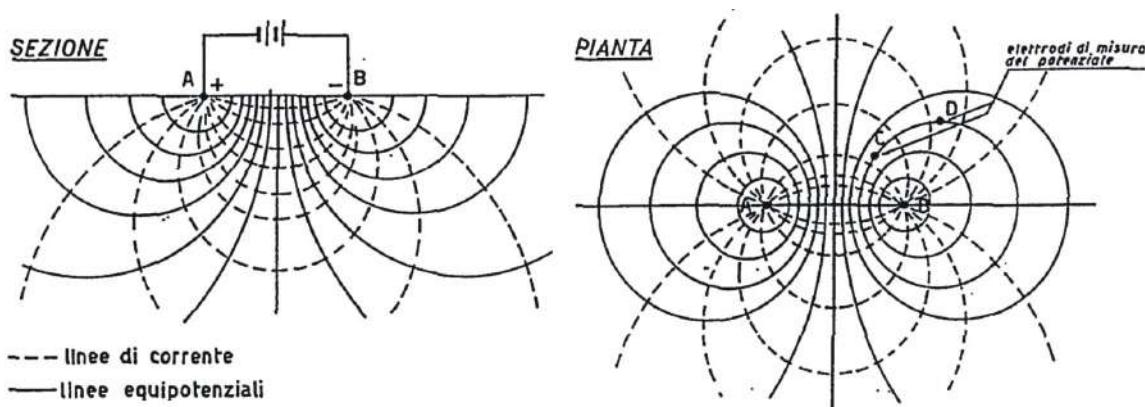
*Lo scopo delle prospezioni geoelettriche è quello di ricavare informazioni relative al sottosuolo mediante una serie di misurazioni effettuate in superficie.*

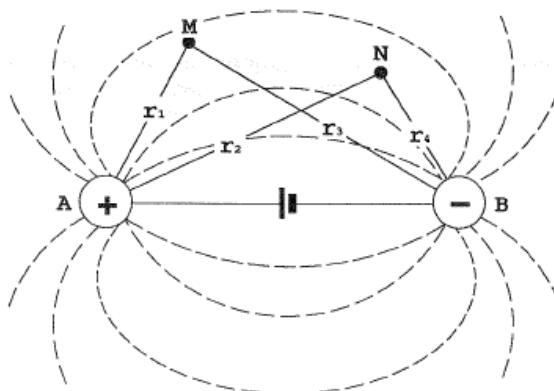
I "metodi geoelettrici" comprendono in realtà numerose metodologie di indagine che, in sintesi, si dividono in due categorie principali:

- i metodi passivi, che sfruttano le correnti naturali presenti nel sottosuolo
- i metodi attivi, che utilizzano correnti elettriche artificialmente immesse nel terreno.

Il metodo di resistività è quello più comunemente utilizzato. Esso prevede, in sostanza, lo studio del campo elettrico che si crea nel terreno in seguito all'immissione di una corrente, di solito continua o alternata a bassa frequenza; in questo caso la distribuzione della corrente può ritenersi regolata dalla legge di Ohm.

Se consideriamo il campo elettrico dovuto a due elettrodi di immissione di corrente, A (positivo) e B (negativo), collegati mediante un generatore di corrente continua, è possibile calcolare la differenza di potenziale che viene a determinarsi in due punti M ed N per effetto delle sorgenti A e B, e quindi la differenza di potenziale  $\Delta V$  complessiva tra M ed N che deriva dal fluire della corrente da A a B.





La differenza di potenziale complessiva fra M ed N è data da

$$\Delta V = \Delta V_{MN}^A - \Delta V_{MN}^B = \frac{Ip}{2\pi} \left[ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} \right]$$

In base a questa relazione è possibile calcolare la resistività  $\rho$ :

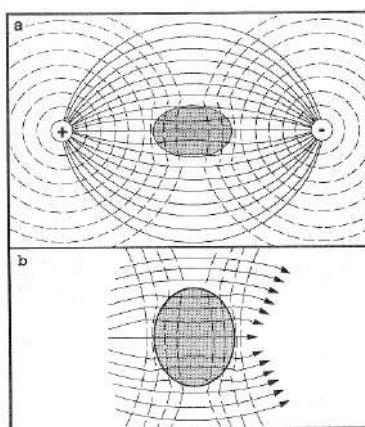
$$\rho = \frac{\Delta V}{I} 2\pi \frac{1}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}}$$

e, inserendo il coefficiente geometrico  $K$ , si ha:

$$\rho = (\Delta V/I) K$$

Se la differenza di potenziale  $\Delta V$  viene misurata in Volt, la Corrente  $I$  in Ampere e le varie distanze  $r_i$  in metri, la resistività  $\rho$  è in  $\Omega \times m$ .

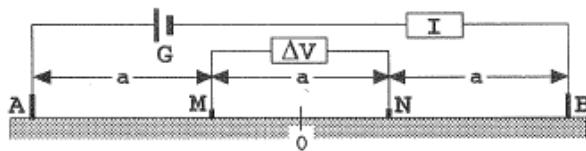
Dato che il sottosuolo non è in genere elettricamente omogeneo ed isotropo, il valore di  $\rho$  che si determina è condizionato dalla distribuzione del potenziale, che risulta diversa rispetto a quanto si avrebbe per terreno omogeneo.



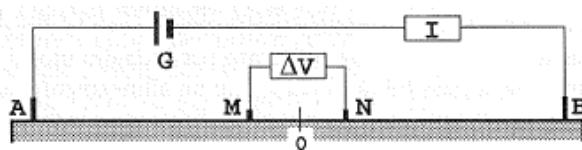
Il valore di resistività misurato in condizioni reali è la resistività apparente ( $\rho_a$ ). Il passaggio dalla resistività apparente a quella reale del terreno è il processo di inversione, cioè la determinazione di un modello del terreno coerente con le misurazioni sperimentali. Tale processo è quindi di fondamentale importanza nell'elaborazione di una prospezione geoelettrica.

A partire dalla relazione con la quale si calcola la resistività apparente per la disposizione generica di 4 elettrodi sul terreno, si perviene a formule più schematiche se andiamo a considerare particolari disposizioni elettrodiche, di solito simmetriche. Fra le disposizioni più utilizzate, si hanno:

*l'array Wenner*

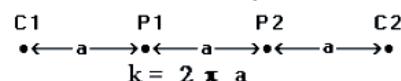


*e lo Schlumberger*

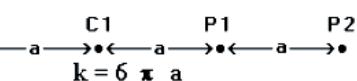


Le seguenti sono le configurazioni elettrodiche di uso più comune, con i relativi coefficienti geometrici.

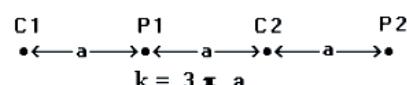
a). **Wenner Alpha**



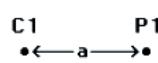
b). **Wenner Beta**



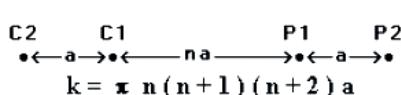
c). **Wenner Gamma**



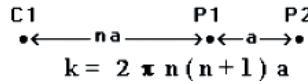
d). **Pole - Pole**



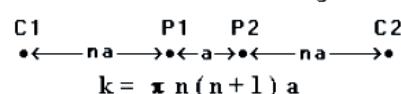
e). **Dipole - Dipole**



f). **Pole - Dipole**

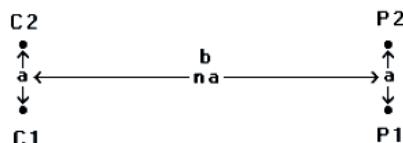


g). **Wenner - Schlumberger**



**k = Geometric Factor**

h). **Equatorial Dipole - Dipole**



$$b = n a$$

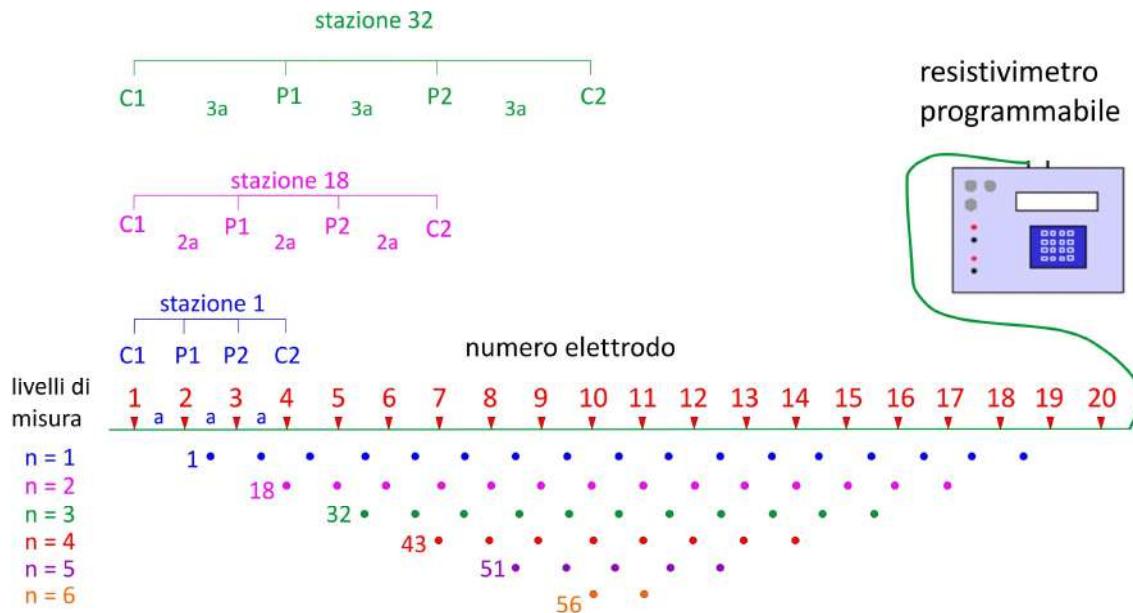
$$k = 2 \pi b L / (L - b)$$

$$L = (a * a + b * b)^{0.5}$$

Le moderne metodologie di prospezione ed elaborazione dei dati consentono di effettuare prospezioni geoelettriche 2D e 3D, utilizzando anche configurazioni elettrodiche complesse. In questi casi si possono ricavare modelli bidimensionali, nei quali possono apprezzarsi variazioni di resistività non solo in senso verticale (come nei SEV), ma anche lungo il profilo di sondaggio (caso 2D), o modelli tridimensionali che permettono di valutare le variazioni di resistività in un volume di terreno.

Queste prospezioni geoelettriche vengono eseguite effettuando numerose misurazioni di resistività apparente mediante quadripoli disposti lungo profili (2D) o aree di indagine (3D), utilizzando un certo numero di elettrodi (di solito almeno 48, ma anche 72, 96 o più), di solito equispaziati lungo la linea di indagine, che possono essere comandati da un georesistivimetro programmabile, in modo che gli stessi possano di volta in volta operare in immissione di corrente (A, B) o in misurazione del potenziale (M, N).

Il seguente è lo schema di una prospezione geoelettrica 2D eseguita utilizzando 20 elettrodi, mediante il dispositivo Wenner:



La sequenza e lo schema delle misurazioni dipende dal tipo di dispositivo utilizzato. Traslando il dispositivo lungo la linea di sondaggio si effettuano tutte le misurazioni relative a una distanza interelettrodica "a", poi quelle relative a "2a", "3a", e così via fino a completare tutte le possibili misurazioni, il cui numero è tanto maggiore, per una data lunghezza totale di stendimento, quanto più il passo "a" è piccolo.

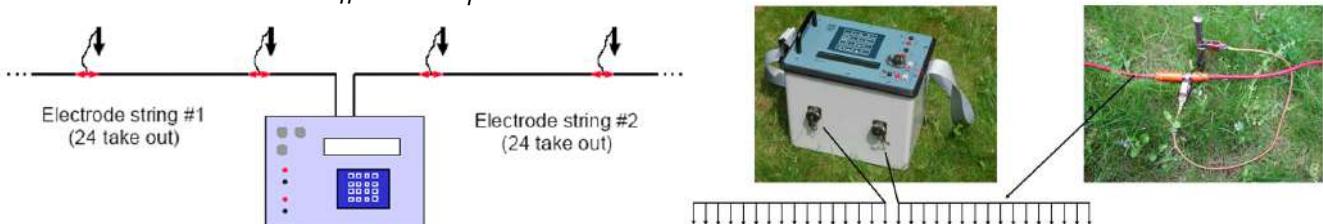
Al termine l'insieme dei valori di resistività apparente ottenuti viene diagrammato in "pseudosezioni". Nel "contouring" delle pseudosezioni, di solito il punto in cui viene proiettato il valore di resistività apparente corrisponde, orizzontalmente, al punto centrale del set di elettrodi cui si riferisce la misura stessa; verticalmente il punto è proiettato, convenzionalmente, a una distanza proporzionale alla distanza tra gli elettrodi, tenendo presente anche il dispositivo elettrodico impiegato e la relativa funzione di sensibilità.

La pseudosezione fornisce un'immagine approssimata e distorta della resistività del terreno. Con l'ausilio di appositi software di inversione è possibile, a partire dall'insieme di dati ottenuti, ottenere un modello di resistività reale. Il software utilizzato in questo caso è il RES2DINV della Geotomo Software; esso è in grado di determinare un modello di resistività bidimensionale per il terreno a partire dai dati ottenuti da un profilo di resistività.

Elaborando i valori di resistività apparente calcolati viene tracciata una pseudosezione; la routine di inversione è poi condotta mediante un metodo di ottimizzazione ai minimi quadrati, non lineare, in cui si può intervenire operando su diversi parametri, in modo da ottimizzare l'interpretazione alla situazione reale, e al tipo di dati ottenuti. E' possibile operare sul dataset eliminando i dati affetti da errore, sia a monte del procedimento di inversione sia successivamente alla stessa.

Il modello 2D utilizzato dal programma di inversione è costituito da un certo numero di blocchi rettangolari, la disposizione dei quali è strettamente legata alla distribuzione dei punti di misura nella pseudosezione.

Per le prospezioni in oggetto è stato utilizzato un georesistivimetro Syscal R1+ Switch 48 della Iris Instrument, dotato di convertitore di potenza interno (200 W, 600 V max), e attrezzato con due rotoli di multicavo a 24 mandate, in modo da poter gestire 48 elettrodi utilizzabili indifferentemente come punti di immissione di corrente e di misura della differenza di potenziale.



## PROSPEZIONE IN OGGETTO

La prospezione geoelettrica si è articolata, come già detto, secondo 1 profilo in tomografia 2D, con stendimento posto al lato-monte della strada. L'inizio dello stendimento geoelettrico coincide con l'inizio del profilo sismico n. 2 ; lo stendimento stesso si colloca poco sopra il muretto esistente, mentre la linea geosismica è stata posta a livello della striscia bianca sull'asfalto.

Si è basata su un dispositivo a 48 elettrodi, passo 1,5 m, ed è stato impiegato l'array *Wenner-Schlumberger* ; i dati sono riassunti nella seguente tabella :

<b>profilo n. 1</b>	<b>array <i>Wenner-Schlumberger</i></b>
lunghezza tot. (misurata su p.campagna)	70,5 m
num. elettrodi	48
passo elettrodico	1,5 m
num. letture totali	943
opzione <i>model refinement</i>	lorgh. blocchi = $\frac{1}{2}$ spaziatura elettrodica
model blocks	880
model layers	14
punti utilizzati per l'inversione	943
pseudodepth	min. 0,78 - max 13,2
errore sull'inversione	3 iteraz. - 1,46 %
range $\rho$	min. 16,41 $\Omega\text{m}$ - max 340,57 $\Omega\text{m}$

È stata effettuata la correzione topografica del modello sulla base delle quote relative dei vari elettrodi, derivate da apposito rilievo.

Alla presente relazione sono allegati i grafici delle pseudosezioni e del modello di resistività ottenuto tramite il processo di inversione; tali grafici si riferiscono, dall'alto verso il basso, a:

- a) pseudosezione di resistività apparente *rilevata* dai dati di campagna;
- b) pseudosezione di resistività apparente *calcolata* in base al modello;
- c) modello di resistività del terreno ottenuto dall'inversione.

La sezione elettrostratigrafica ottenuta è stata rappresentata in una tavola, scala 1:250, con linee relative a una possibile suddivisione di tipo interpretativo delle resistività evidenziate.

I resistivi superficiali possono derivare da coperture e/o riporti; i valori di  $\rho$  sono particolarmente elevati per uno strato, a spessore crescente, posto oltre i 21-22 m del profilo, che potrebbe evidenziare terreni e/o riporti a granulometria più grossolana.

I terreni sottostanti sono più conduttori; questo potrebbe derivare dalla prevalenza di terreni a granulometria o tessitura più fine. In particolare si evidenzia una "lente" in cui la resistività è perlopiù inferiore ai 20  $\Omega\text{m}$  ; potrebbe trattarsi di coperture limo-argillose, o di prevalenti argilliti, o di una zona di particolare saturazione.

Più in profondità, l'aumento di  $\rho$  potrebbe indicare il passaggio a terreni a granulometria più grossolana o meno alterati o, nel caso di formazione "in posto", a una parte più "massiva".

## ALLEGATI :

- ✓ Ubicazione indagini geofisiche su CTR/fotosat - scala 1:1.000
- ✓ Foto stendimento geoelettrico

- ✓ *Tabulati misure di campagna*
- ✓ *Schema modello a blocchi, pseudosezioni e modello di resistività*
- ✓ *Sezione elettrostratigrafica*

San Giuliano Terme, 06.05.2025



ubicazione indagini geofisiche  
su CTR/fotosat - scala 1:1.000

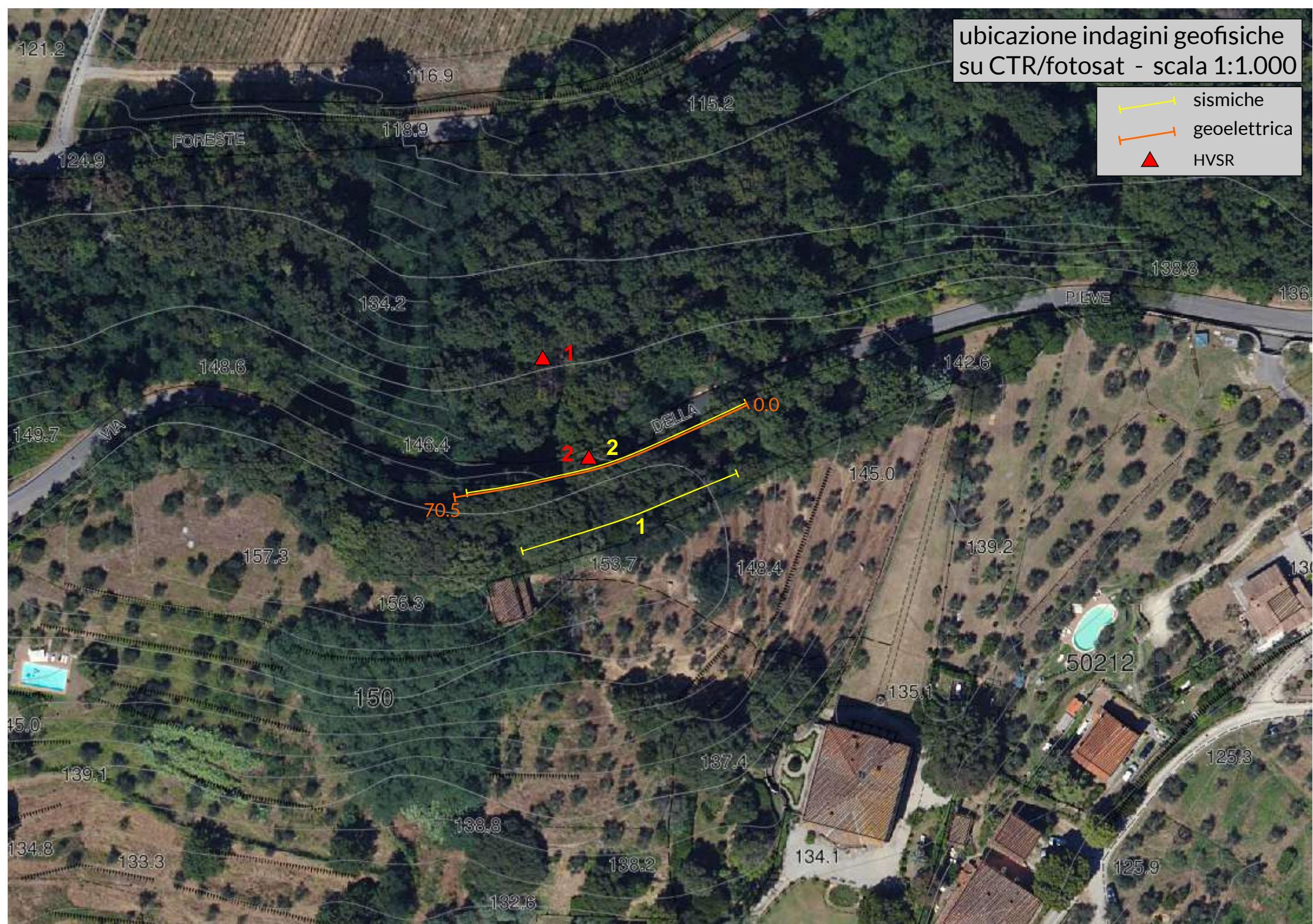




foto stendimento geoelettrico 2D

A	B	M	N	Vp	In	p.medio	a	n	p
0.000	4.500	1.500	3.000	46.086	12.910	2.250	1.500	1.000000	33.640
1.500	6.000	3.000	4.500	50.078	11.778	3.750	1.500	1.000000	40.070
3.000	7.500	4.500	6.000	48.041	13.411	5.250	1.500	1.000000	33.760
4.500	9.000	6.000	7.500	45.214	9.458	6.750	1.500	1.000000	45.050
6.000	10.500	7.500	9.000	49.334	12.558	8.250	1.500	1.000000	37.030
7.500	12.000	9.000	10.500	55.103	12.052	9.750	1.500	1.000000	43.090
9.000	13.500	10.500	12.000	49.882	13.948	11.250	1.500	1.000000	33.710
10.500	15.000	12.000	13.500	37.742	9.449	12.750	1.500	1.000000	37.650
12.000	16.500	13.500	15.000	48.866	10.853	14.250	1.500	1.000000	42.440
13.500	18.000	15.000	16.500	50.173	15.018	15.750	1.500	1.000000	31.490
15.000	19.500	16.500	18.000	49.400	11.868	17.250	1.500	1.000000	39.230
16.500	21.000	18.000	19.500	39.158	8.330	18.750	1.500	1.000000	44.300
18.000	22.500	19.500	21.000	51.894	12.512	20.250	1.500	1.000000	39.090
19.500	24.000	21.000	22.500	50.335	8.287	21.750	1.500	1.000000	57.240
21.000	25.500	22.500	24.000	47.546	7.579	23.250	1.500	1.000000	59.120
22.500	27.000	24.000	25.500	45.495	6.068	24.750	1.500	1.000000	70.670
24.000	28.500	25.500	27.000	47.879	6.173	26.250	1.500	1.000000	73.100
25.500	30.000	27.000	28.500	43.764	4.656	27.750	1.500	1.000000	88.580
27.000	31.500	28.500	30.000	50.039	5.023	29.250	1.500	1.000000	93.880
28.500	33.000	30.000	31.500	59.476	5.417	30.750	1.500	1.000000	103.480
30.000	34.500	31.500	33.000	81.902	6.948	32.250	1.500	1.000000	111.110
31.500	36.000	33.000	34.500	75.817	6.835	33.750	1.500	1.000000	104.540
33.000	37.500	34.500	36.000	65.618	5.772	35.250	1.500	1.000000	107.140
34.500	39.000	36.000	37.500	58.365	6.030	36.750	1.500	1.000000	91.230
36.000	40.500	37.500	39.000	69.838	7.923	38.250	1.500	1.000000	83.080
37.500	42.000	39.000	40.500	60.082	6.580	39.750	1.500	1.000000	86.050
39.000	43.500	40.500	42.000	39.067	5.574	41.250	1.500	1.000000	66.050
40.500	45.000	42.000	43.500	49.682	6.242	42.750	1.500	1.000000	75.020
42.000	46.500	43.500	45.000	65.332	6.812	44.250	1.500	1.000000	90.390
43.500	48.000	45.000	46.500	46.225	5.393	45.750	1.500	1.000000	80.780
45.000	49.500	46.500	48.000	54.321	4.840	47.250	1.500	1.000000	105.780
46.500	51.000	48.000	49.500	58.627	5.474	48.750	1.500	1.000000	100.940
48.000	52.500	49.500	51.000	54.550	5.026	50.250	1.500	1.000000	102.300
49.500	54.000	51.000	52.500	50.864	4.714	51.750	1.500	1.000000	101.700
51.000	55.500	52.500	54.000	71.488	5.305	53.250	1.500	1.000000	127.010
52.500	57.000	54.000	55.500	52.953	4.423	54.750	1.500	1.000000	112.840
54.000	58.500	55.500	57.000	59.886	4.106	56.250	1.500	1.000000	137.470
55.500	60.000	57.000	58.500	69.280	5.324	57.750	1.500	1.000000	122.640
57.000	61.500	58.500	60.000	55.456	4.058	59.250	1.500	1.000000	128.800
58.500	63.000	60.000	61.500	52.242	4.361	60.750	1.500	1.000000	112.910
60.000	64.500	61.500	63.000	59.948	4.621	62.250	1.500	1.000000	122.280
61.500	66.000	63.000	64.500	65.866	4.976	63.750	1.500	1.000000	124.760
63.000	67.500	64.500	66.000	82.770	6.046	65.250	1.500	1.000000	129.020
64.500	69.000	66.000	67.500	59.233	4.666	66.750	1.500	1.000000	119.650
66.000	70.500	67.500	69.000	96.059	7.532	68.250	1.500	1.000000	120.200
0.000	7.500	3.000	4.500	53.320	44.842	3.750	1.500	2.000000	33.620
1.500	9.000	4.500	6.000	47.832	47.116	5.250	1.500	2.000000	28.700
3.000	10.500	6.000	7.500	54.264	39.227	6.750	1.500	2.000000	39.110
4.500	12.000	7.500	9.000	54.302	41.714	8.250	1.500	2.000000	36.810
6.000	13.500	9.000	10.500	55.008	42.949	9.750	1.500	2.000000	36.210
7.500	15.000	10.500	12.000	54.321	55.595	11.250	1.500	2.000000	27.630
9.000	16.500	12.000	13.500	55.156	38.183	12.750	1.500	2.000000	40.840

A	B	M	N	Vp	In	p.medio	a	n	p
10.500	18.000	13.500	15.000	52.228	35.343	14.250	1.500	2.000000	41.780
12.000	19.500	15.000	16.500	47.550	55.738	15.750	1.500	2.000000	24.120
13.500	21.000	16.500	18.000	53.091	41.783	17.250	1.500	2.000000	35.930
15.000	22.500	18.000	19.500	55.413	40.429	18.750	1.500	2.000000	38.750
16.500	24.000	19.500	21.000	53.768	49.238	20.250	1.500	2.000000	30.880
18.000	25.500	21.000	22.500	48.590	35.236	21.750	1.500	2.000000	38.990
19.500	27.000	22.500	24.000	54.493	34.013	23.250	1.500	2.000000	45.300
21.000	28.500	24.000	25.500	54.593	32.809	24.750	1.500	2.000000	47.050
22.500	30.000	25.500	27.000	53.640	30.878	26.250	1.500	2.000000	49.120
24.000	31.500	27.000	28.500	53.425	25.919	27.750	1.500	2.000000	58.280
25.500	33.000	28.500	30.000	51.303	22.242	29.250	1.500	2.000000	65.220
27.000	34.500	30.000	31.500	54.541	23.396	30.750	1.500	2.000000	65.910
28.500	36.000	31.500	33.000	51.074	22.178	32.250	1.500	2.000000	65.110
30.000	37.500	33.000	34.500	54.500	34.500	33.750	1.500	2.000000	67.980
31.500	39.000	34.500	36.000	52.962	23.146	35.250	1.500	2.000000	64.700
33.000	40.500	36.000	37.500	49.167	25.728	36.750	1.500	2.000000	54.030
34.500	42.000	37.500	39.000	52.586	28.544	38.250	1.500	2.000000	52.090
36.000	43.500	39.000	40.500	55.862	29.044	39.750	1.500	2.000000	54.380
37.500	45.000	40.500	42.000	55.027	37.119	41.250	1.500	2.000000	41.910
39.000	46.500	42.000	43.500	52.682	32.682	42.750	1.500	2.000000	44.770
40.500	48.000	43.500	45.000	48.595	21.896	44.250	1.500	2.000000	62.750
42.000	49.500	45.000	46.500	54.393	28.498	45.750	1.500	2.000000	53.970
43.500	51.000	46.500	48.000	52.877	24.269	47.250	1.500	2.000000	61.600
45.000	52.500	48.000	49.500	50.736	19.918	48.750	1.500	2.000000	72.020
46.500	54.000	49.500	51.000	49.377	19.505	50.250	1.500	2.000000	71.580
48.000	55.500	51.000	52.500	50.397	18.051	51.750	1.500	2.000000	78.940
49.500	57.000	52.500	54.000	53.954	16.987	53.250	1.500	2.000000	89.800
51.000	58.500	54.000	55.500	54.207	18.008	54.750	1.500	2.000000	85.110
52.500	60.000	55.500	57.000	52.176	17.593	56.250	1.500	2.000000	83.850
54.000	61.500	57.000	58.500	54.240	15.533	57.750	1.500	2.000000	98.730
55.500	63.000	60.000	61.500	50.650	14.360	59.250	1.500	2.000000	99.730
57.000	64.500	61.500	63.000	56.214	84.744	57.750	1.500	2.000000	62.520
52.500	66.000	60.000	61.500	55.580	86.205	59.250	1.500	2.000000	60.770
54.000	67.500	60.000	61.500	54.751	92.290	60.750	1.500	2.000000	55.910
55.500	69.000	61.500	63.000	53.392	75.255	62.250	1.500	2.000000	66.870
57.000	70.500	63.000	64.500	55.084	81.890	63.750	1.500	2.000000	63.400
0.000	16.500	7.500	9.000	45.810	26.247	8.250	1.500	2.000000	24.670
1.500	18.000	9.000	10.500	47.107	24.401	9.750	1.500	2.000000	27.470
3.000	19.500	10.500	12.000	44					

A	B	M	N	Vp	In	p.medio	a	n	P
4.500	24.000	13.500	15.000	58.885	312.589	14.250	1.500	6.000000	37.280
6.000	25.500	15.000	16.500	49.424	464.068	15.750	1.500	6.000000	21.080
7.500	27.000	16.500	18.000	55.552	408.209	17.250	1.500	6.000000	26.930
9.000	28.500	18.000	19.500	54.584	378.443	18.750	1.500	6.000000	28.550
10.500	30.000	19.500	21.000	58.956	525.368	20.250	1.500	6.000000	22.210
12.000	31.500	21.000	22.500	51.947	385.476	21.750	1.500	6.000000	26.670
13.500	33.000	22.500	24.000	49.539	319.243	23.250	1.500	6.000000	30.710
15.000	34.500	24.000	25.500	58.670	370.599	24.750	1.500	6.000000	31.330
16.500	36.000	25.500	27.000	53.644	415.665	26.250	1.500	6.000000	25.540
18.000	37.500	27.000	28.500	63.911	497.833	27.750	1.500	6.000000	25.410
19.500	39.000	28.500	30.000	60.587	419.539	29.250	1.500	6.000000	28.580
21.000	40.500	30.000	31.500	56.062	393.480	30.750	1.500	6.000000	28.200
22.500	42.000	31.500	33.000	57.263	403.252	32.250	1.500	6.000000	28.110
24.000	43.500	33.000	34.500	55.275	337.268	33.750	1.500	6.000000	32.440
25.500	45.000	34.500	36.000	53.525	334.883	35.250	1.500	6.000000	31.630
27.000	46.500	36.000	37.500	50.101	325.635	36.750	1.500	6.000000	30.450
28.500	48.000	37.500	39.000	49.753	325.597	38.250	1.500	6.000000	30.240
30.000	49.500	39.000	40.500	57.135	331.112	39.750	1.500	6.000000	34.150
31.500	51.000	40.500	42.000	49.663	347.119	41.250	1.500	6.000000	28.320
33.000	52.500	42.000	43.500	60.692	440.398	42.750	1.500	6.000000	27.280
34.500	54.000	43.500	45.000	58.551	299.631	44.250	1.500	6.000000	38.680
36.000	55.500	45.000	46.500	58.489	362.895	45.750	1.500	6.000000	31.900
37.500	57.000	46.500	48.000	57.650	295.246	47.250	1.500	6.000000	38.650
39.000	58.500	48.000	49.500	56.968	266.776	48.750	1.500	6.000000	42.110
40.500	60.000	49.500	51.000	54.803	262.909	50.250	1.500	6.000000	41.260
42.000	61.500	51.000	52.500	58.580	294.533	51.750	1.500	6.000000	39.360
43.500	63.000	52.500	54.000	57.874	264.385	53.250	1.500	6.000000	43.320
45.000	64.500	54.000	55.500	55.099	234.478	54.750	1.500	6.000000	46.510
46.500	66.000	55.500	57.000	54.336	239.397	56.250	1.500	6.000000	44.920
48.000	67.500	57.000	58.500	54.083	217.555	57.750	1.500	6.000000	49.200
49.500	69.000	58.500	60.000	55.804	232.969	59.250	1.500	6.000000	47.410
51.000	70.500	60.000	61.500	56.534	300.005	60.750	1.500	6.000000	37.300
0.000	12.000	4.500	7.500	50.364	58.210	6.000	3.000	1.500000	30.580
1.500	13.500	6.000	9.000	52.877	57.666	7.500	3.000	1.500000	32.410
3.000	15.000	7.500	10.500	50.912	64.347	9.000	3.000	1.500000	27.960
4.500	16.500	9.000	12.000	49.987	62.561	10.500	3.000	1.500000	28.240
6.000	18.000	10.500	13.500	50.831	57.387	12.000	3.000	1.500000	31.300
7.500	19.500	12.000	15.000	51.208	45.824	13.500	3.000	1.500000	39.500
9.000	21.000	13.500	16.500	51.980	53.394	15.000	3.000	1.500000	34.410
10.500	22.500	15.000	18.000	52.347	65.808	16.500	3.000	1.500000	28.110
12.000	24.000	16.500	19.500	52.800	60.651	18.000	3.000	1.500000	30.770
13.500	25.500	18.000	21.000	52.080	63.417	19.500	3.000	1.500000	29.020
15.000	27.000	19.500	22.500	50.683	60.170	21.000	3.000	1.500000	29.770
16.500	28.500	21.000	24.000	52.896	54.441	22.500	3.000	1.500000	34.340
18.000	30.000	22.500	25.500	52.075	48.542	24.000	3.000	1.500000	37.920
19.500	31.500	24.000	27.000	50.187	48.246	25.500	3.000	1.500000	36.760
21.000	33.000	25.500	28.500	53.268	52.922	27.000	3.000	1.500000	35.570
22.500	34.500	27.000	30.000	51.618	47.948	28.500	3.000	1.500000	38.050
24.000	36.000	28.500	31.500	50.964	48.118	30.000	3.000	1.500000	37.430
25.500	37.500	30.000	33.000	50.855	46.964	31.500	3.000	1.500000	38.270
27.000	39.000	31.500	34.500	52.505	48.502	33.000	3.000	1.500000	38.260
28.500	40.500	33.000	36.000	49.682	44.193	34.500	3.000	1.500000	39.730

A	B	M	N	Vp	In	p.medio	a	n	P
30.000	42.000	34.500	37.500	50.988	43.826	36.000	3.000	1.500000	41.120
31.500	43.500	36.000	39.000	50.373	45.748	37.500	3.000	1.500000	38.920
33.000	45.000	37.500	40.500	50.359	46.294	39.000	3.000	1.500000	38.450
34.500	46.500	39.000	42.000	51.084	48.432	40.500	3.000	1.500000	37.280
36.000	48.000	40.500	43.500	49.853	52.264	42.000	3.000	1.500000	33.710
37.500	49.500	42.000	45.000	52.471	44.997	43.500	3.000	1.500000	41.210
39.000	51.000	43.500	46.500	50.855	42.157	45.000	3.000	1.500000	42.630
40.500	52.500	45.000	48.000	51.832	40.844	46.500	3.000	1.500000	44.850
42.000	54.000	46.500	49.500	49.486	35.381	48.000	3.000	1.500000	49.430
43.500	55.500	48.000	51.000	49.405	33.622	49.500	3.000	1.500000	51.930
45.000	57.000	49.500	52.500	50.945	33.276	51.000	3.000	1.500000	54.110
46.500	58.500	51.000	54.000	50.159	31.207	52.500	3.000	1.500000	56.810
48.000	60.000	52.500	55.500	50.931	30.067	54.000	3.000	1.500000	59.870
49.500	61.500	54.000	57.000	50.700	31.235	55.500	3.000	1.500000	65.050
51.000	63.000	55.500	58.500	50.750	26.155	57.000	3.000	1.500000	70.510
52.500	64.500	57.000	60.000	52.157	26.972	58.500	3.000	1.500000	68.340
54.000	66.000	66.000	68.500	52.791	28.064	60.000	3.000	1.500000	66.480
55.500	67.500	68.000	70.000	49.548	24.700	61.500	3.000	1.500000	70.900
57.000	69.000	69.500	71.000	52.753	23.933	63.000	3.000	1.500000	77.900
58.500	70.500	71.000	73.000	51.120	25.454	64.500	3.000	1.500000	71.760
0.000	15.000	6.000	9.000	9.000	50.750	10.500	3.000	2.000000	26.180
1.500	16.500	7.500	10.500	10.500	51.217	10.795	3.000	2.000000	27.040
3.000	18.000	9.000	12.000	12.000	51.289	11.513	3.000	2.000000	26.010
4.500	19.500	10.500	13.500	13.500	50.812	9.537	3.000	2.000000	30.720
6.000	21.000	12.000	15.000	15.000	50.712	7.5493	3.000	2.000000	37.990
7.500	22.500	13.500	16.500	16.500	50.700	8.637	3.000	2.000000	33.320
9.000	24.000	15.000	18.000	18.000	51.000	9.401	3.000	2.000000	31.490
10.500	25.500	16.500	20.000	20.000	51.231	9.6760	3.000	2.000000	29.940
12.000	27.000	18.000	21.000	21.000	51.684	11.516	3.000	2.000000	28.400
13.500	28.500	19.500	22.500	22.500	50.578	10.229	3.000	2.000000	27.180
15.000	30.000	21.000	24.000	24.000	50.426	8.5981	3.000	2.000000	33.160
16.500	31.500	22.500	25.500	25.500	50.422	8.6332	3.000	2.000000	33.220
18.000	33.000	24.000	27.000	27.000	52.009	8.009	3.000	2.000000	31.490
19.500	34.500	25.500	28.500	28.500	51.231	9.6760	3.000	2.000000	29.940
21.000	36.000	27.000	30.000	30.000	51.511	22.040	3.000	2.000000	28.400
22.500	37.500	28.500	31.500	31.500	55.442	20.5560	3.000	2.000000	30.500
24.000	39.000	30.000	33.000	33.000	54.927	19.5904	3.000	2.000000	31.710
25.500	40.500	31.500	34.500	34.500	54.792	19.892	3.000	2.0	

A	B	M	N	Vp	In	p.medio	a	n	p
42.000	66.000	52.500	55.500	52.009	191.555	54.000	3.000	3.500000	40.300
43.500	67.500	54.000	57.000	51.632	184.884	55.500	3.000	3.500000	41.450
45.000	69.000	55.500	58.500	52.810	187.819	57.000	3.000	3.500000	41.740
46.500	70.500	57.000	60.000	52.357	197.506	58.500	3.000	3.500000	39.350
0.000	27.000	12.000	15.000	56.758	305.493	13.500	3.000	4.000000	35.020
1.500	28.500	13.500	16.500	55.342	368.124	15.000	3.000	4.000000	28.340
3.000	30.000	15.000	18.000	54.460	432.793	16.500	3.000	4.000000	23.720
4.500	31.500	16.500	19.500	56.296	384.630	18.000	3.000	4.000000	27.590
6.000	33.000	18.000	21.000	52.991	400.654	19.500	3.000	4.000000	24.930
7.500	34.500	19.500	22.500	56.310	436.448	21.000	3.000	4.000000	24.320
9.000	36.000	21.000	24.000	55.361	379.747	22.500	3.000	4.000000	27.480
10.500	37.500	22.500	25.500	54.479	357.061	24.000	3.000	4.000000	28.760
12.000	39.000	24.000	27.000	51.260	363.072	25.500	3.000	4.000000	26.610
13.500	40.500	25.500	28.500	55.361	410.212	27.000	3.000	4.000000	25.440
15.000	42.000	27.000	30.000	52.858	356.143	28.500	3.000	4.000000	27.980
16.500	43.500	28.500	31.500	53.330	336.145	30.000	3.000	4.000000	29.900
18.000	45.000	30.000	33.000	55.976	353.254	31.500	3.000	4.000000	29.870
19.500	46.500	31.500	34.500	56.224	331.052	33.000	3.000	4.000000	32.010
21.000	48.000	33.000	36.000	54.269	310.732	34.500	3.000	4.000000	32.920
22.500	49.500	34.500	37.500	55.423	330.523	36.000	3.000	4.000000	31.610
24.000	51.000	36.000	39.000	56.157	346.511	37.500	3.000	4.000000	30.550
25.500	52.500	37.500	40.500	57.159	331.045	39.000	3.000	4.000000	32.550
27.000	54.000	39.000	42.000	57.612	345.700	40.500	3.000	4.000000	31.410
28.500	55.500	40.500	43.500	55.628	378.488	42.000	3.000	4.000000	27.700
30.000	57.000	42.000	45.000	57.082	335.887	43.500	3.000	4.000000	32.030
31.500	58.500	43.500	46.500	56.729	325.516	45.000	3.000	4.000000	32.850
33.000	60.000	45.000	48.000	54.498	321.746	46.500	3.000	4.000000	31.930
34.500	61.500	46.500	49.500	56.038	281.323	48.000	3.000	4.000000	37.550
36.000	63.000	48.000	51.000	54.302	268.791	49.500	3.000	4.000000	38.080
37.500	64.500	49.500	52.500	56.772	302.225	51.000	3.000	4.000000	35.410
39.000	66.000	51.000	54.000	57.440	304.998	52.500	3.000	4.000000	35.500
40.500	67.500	52.500	55.500	51.961	246.966	54.000	3.000	4.000000	39.660
42.000	69.000	54.000	57.000	53.773	260.578	55.500	3.000	4.000000	38.900
43.500	70.500	55.500	58.500	54.727	274.849	57.000	3.000	4.000000	37.530
0.000	22.500	9.000	13.500	53.468	156.513	11.250	4.500	2.000000	28.980
1.500	24.000	10.500	15.000	52.877	143.378	12.750	4.500	2.000000	31.280
3.000	25.500	12.000	16.500	52.881	146.742	14.250	4.500	2.000000	30.570
4.500	27.000	13.500	18.000	53.663	159.951	15.750	4.500	2.000000	28.460
6.000	28.500	15.000	19.500	53.449	179.880	17.250	4.500	2.000000	25.200
7.500	30.000	16.500	21.000	52.104	170.160	18.750	4.500	2.000000	25.970
9.000	31.500	18.000	22.500	53.201	176.020	20.250	4.500	2.000000	25.640
10.500	33.000	19.500	24.000	52.986	172.224	21.750	4.500	2.000000	26.100
12.000	34.500	21.000	25.500	51.141	155.504	23.250	4.500	2.000000	27.900
13.500	36.000	22.500	27.000	53.034	158.522	24.750	4.500	2.000000	28.380
15.000	37.500	24.000	28.500	52.424	159.922	26.250	4.500	2.000000	27.810
16.500	39.000	25.500	30.000	51.980	165.475	27.750	4.500	2.000000	26.650
18.000	40.500	30.000	34.500	52.724	228.756	32.250	4.500	2.000000	31.860
19.500	42.000	32.500	33.000	52.171	152.664	30.750	4.500	2.000000	28.990
21.000	43.500	30.000	34.500	52.695	147.441	32.250	4.500	2.000000	30.320
22.500	45.000	31.500	36.000	52.700	146.320	33.750	4.500	2.000000	30.550
24.000	46.500	33.000	37.500	52.915	140.415	35.250	4.500	2.000000	31.970
25.500	48.000	34.500	39.000	53.320	143.104	36.750	4.500	2.000000	31.600

A	B	M	N	Vp	In	p.medio	a	n	p
27.000	49.500	36.000	40.500	53.086	142.114	38.250	4.500	2.000000	31.690
28.500	51.000	37.500	42.000	52.886	148.180	39.750	4.500	2.000000	30.270
30.000	52.500	39.000	43.500	52.219	149.095	41.250	4.500	2.000000	29.710
31.500	54.000	40.500	45.000	53.344	143.538	42.750	4.500	2.000000	31.520
33.000	55.500	42.000	46.500	52.009	137.038	44.250	4.500	2.000000	32.190
34.500	57.000	43.500	48.000	51.956	123.124	45.750	4.500	2.000000	35.790
36.000	58.500	45.000	49.500	52.052	120.695	47.250	4.500	2.000000	36.580
37.500	60.000	46.500	51.000	52.242	114.217	48.750	4.500	2.000000	38.800
39.000	61.500	48.000	52.500	53.277	113.096	50.250	4.500	2.000000	39.960
40.500	63.000	49.500	54.000	51.971	107.541	51.750	4.500	2.000000	40.990
42.000	64.500	51.000	55.500	51.918	107.646	53.250	4.500	2.000000	40.910
43.500	66.000	52.500	57.000	51.694	106.957	54.750	4.500	2.000000	41.000
45.000	67.500	54.000	58.500	52.395	99.561	56.250	4.500	2.000000	44.640
46.500	69.000	55.500	60.000	51.713	102.272	57.750	4.500	2.000000	42.890
48.000	70.500	57.000	61.500	53.187	115.631	59.250	4.500	2.000000	39.020
0.000	25.500	10.500	15.000	54.464	195.780	12.750	4.500	2.333333	30.590
1.500	27.000	12.000	16.500	54.493	197.404	14.250	4.500	2.333333	30.350
3.000	28.500	13.500	18.000	54.417	213.867	15.750	4.500	2.333333	27.980
4.500	30.000	15.000	19.500	53.697	231.162	17.250	4.500	2.333333	25.540
6.000	31.500	16.500	21.000	53.015	231.255	18.750	4.500	2.333333	25.210
7.500	33.000	18.000	22.500	53.611	227.678	20.250	4.500	2.333333	25.890
9.000	34.500	19.500	24.000	54.679	234.628	21.750	4.500	2.333333	25.620
10.500	36.000	21.000	25.500	52.581	206.695	23.250	4.500	2.333333	27.970
12.000	37.500	22.500	27.000	51.737	210.932	24.750	4.500	2.333333	26.970
13.500	39.000	24.000	28.500	53.396	217.047	26.250	4.500	2.333333	27.050
15.000	40.500	25.500	30.000	51.599	209.101	27.750	4.500	2.333333	27.130
16.500	42.000	27.000	31.500	52.590	207.045	29.250	4.500	2.333333	27.930
18.000	43.500	28.500	33.000	53.988	199.955	30.750	4.500	2.333333	29.690
19.500	45.000	30.000	34.500	54.466	196.762	32.250	4.500	2.333333	31.000
21.000	46.500	31.500	36.000	51.932	181.575	33.750	4.500	2.333333	31.450
22.500	48.000	33.000	37.500	53.020	181.678	35.250	4.500	2.333333	32.090
24.000	49.500	34.500	39.000	53.334	186.921	36.750	4.500	2.333333	31.370
25.500	51.000	36.000	40.500	54.202	187.385	38.250	4.500	2.333333	31.810
27.000	52.500	37.500	42.000	53.725	191.775	39.750	4.500	2.333333	30.800
28.500	54.000	39.000	43.500	53.358	197.645	41.250	4.500	2.333333	29.680
30.000	55.500	40.500	45.000	53.249	187.030	42.750	4.500	2.333333	31.300
31.500	57.000	42.000	46.500	53.067	186.289	44.250	4.500	2.333333	31.320
33.000	58.500								

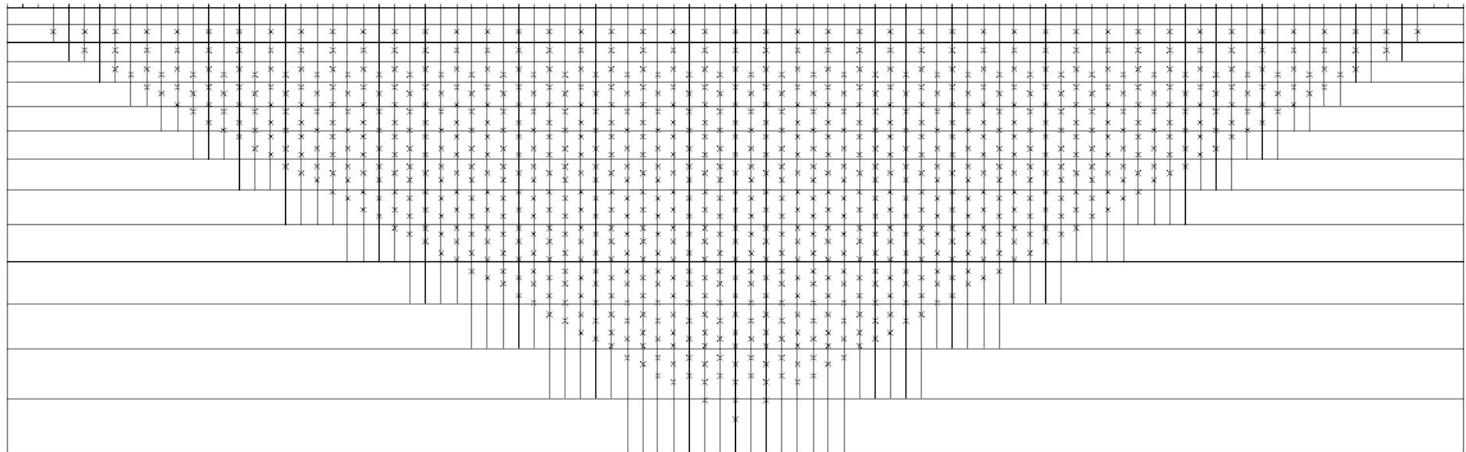
A	B	M	N	Vp	In	p.medio	a	n	P
9.000	39.000	21.000	27.000	52.676	216.592	24.000	6.000	2.000000	27.510
10.500	40.500	22.500	28.500	52.266	216.914	25.500	6.000	2.000000	27.250
12.000	42.000	24.000	30.000	53.053	220.430	27.000	6.000	2.000000	27.220
13.500	43.500	25.500	31.500	51.718	204.163	28.500	6.000	2.000000	28.650
15.000	45.000	27.000	33.000	50.807	192.099	30.000	6.000	2.000000	29.910
16.500	46.500	28.500	34.500	51.708	184.501	31.500	6.000	2.000000	31.700
18.000	48.000	30.000	36.000	52.157	180.672	33.000	6.000	2.000000	32.650
19.500	49.500	31.500	37.500	52.424	181.291	34.500	6.000	2.000000	32.700
21.000	51.000	33.000	39.000	52.643	184.880	36.000	6.000	2.000000	32.200
22.500	52.500	34.500	40.500	52.118	180.357	37.500	6.000	2.000000	32.680
24.000	54.000	36.000	42.000	52.152	185.845	39.000	6.000	2.000000	31.740
25.500	55.500	37.500	43.500	51.966	192.142	40.500	6.000	2.000000	30.590
27.000	57.000	39.000	45.000	53.310	188.704	42.000	6.000	2.000000	31.950
28.500	58.500	40.500	46.500	52.652	197.966	43.500	6.000	2.000000	30.080
30.000	60.000	42.000	48.000	52.233	187.076	45.000	6.000	2.000000	31.580
31.500	61.500	43.500	49.500	52.943	171.097	46.500	6.000	2.000000	35.000
33.000	63.000	45.000	51.000	52.204	171.662	48.000	6.000	2.000000	34.390
34.500	64.500	46.500	52.500	52.114	168.035	49.500	6.000	2.000000	35.080
36.000	66.000	48.000	54.000	52.872	168.519	51.000	6.000	2.000000	35.480
37.500	67.500	49.500	55.500	51.208	157.504	52.500	6.000	2.000000	36.770
39.000	69.000	51.000	57.000	52.705	165.873	54.000	6.000	2.000000	35.940
40.500	70.500	52.500	58.500	52.543	162.273	55.500	6.000	2.000000	36.620
0.000	33.000	13.500	19.500	53.263	257.135	16.500	6.000	2.250000	28.550
1.500	34.500	15.000	21.000	53.077	297.309	18.000	6.000	2.250000	24.610
3.000	36.000	16.500	22.500	52.071	275.734	19.500	6.000	2.250000	26.030
4.500	37.500	18.000	24.000	52.576	270.327	21.000	6.000	2.250000	26.810
6.000	39.000	19.500	25.500	52.395	269.974	22.500	6.000	2.250000	26.750
7.500	40.500	21.000	27.000	52.085	256.548	24.000	6.000	2.250000	27.980
9.000	42.000	22.500	28.500	51.346	254.429	25.500	6.000	2.250000	27.820
10.500	43.500	24.000	30.000	51.375	248.349	27.000	6.000	2.250000	28.510
12.000	45.000	25.500	31.500	51.313	251.427	28.500	6.000	2.250000	28.130
13.500	46.500	27.000	33.000	50.769	230.287	30.000	6.000	2.250000	30.390
15.000	48.000	28.500	34.500	50.902	212.431	31.500	6.000	2.250000	33.030
16.500	49.500	30.000	36.000	51.470	213.747	33.000	6.000	2.250000	33.190
18.000	51.000	31.500	37.500	52.405	218.533	34.500	6.000	2.250000	33.050
19.500	52.500	33.000	39.000	52.300	214.713	36.000	6.000	2.250000	33.570
21.000	54.000	34.500	40.500	51.475	212.098	37.500	6.000	2.250000	33.450
22.500	55.500	36.000	42.000	52.037	224.085	39.000	6.000	2.250000	32.010
24.000	57.000	37.500	43.500	51.737	233.357	40.500	6.000	2.250000	30.560
25.500	58.500	39.000	45.000	52.881	227.316	42.000	6.000	2.250000	32.070
27.000	60.000	40.500	46.500	52.362	241.006	43.500	6.000	2.250000	29.950
28.500	61.500	42.000	48.000	51.799	225.208	45.000	6.000	2.250000	31.700
30.000	63.000	43.500	49.500	51.651	208.674	46.500	6.000	2.250000	34.120
31.500	64.500	45.000	51.000	51.189	214.069	48.000	6.000	2.250000	32.960
33.000	66.000	46.500	52.500	52.552	215.538	49.500	6.000	2.250000	33.610
34.500	67.500	48.000	54.000	52.104	205.462	51.000	6.000	2.250000	34.950
36.000	69.000	49.500	55.500	51.890	206.271	52.500	6.000	2.250000	34.670
37.500	70.500	51.000	57.000	52.152	210.634	54.000	6.000	2.250000	34.130
0.000	36.000	15.000	21.000	53.740	356.415	18.000	6.000	2.500000	24.870
1.500	37.500	16.500	22.500	53.334	333.148	19.500	6.000	2.500000	26.400
3.000	39.000	18.000	24.000	52.886	318.952	21.000	6.000	2.500000	27.350
4.500	40.500	19.500	25.500	51.718	309.697	22.500	6.000	2.500000	27.540

A	B	M	N	Vp	In	p.medio	a	n	P
6.000	42.000	21.000	27.000	52.633	305.458	24.000	6.000	2.500000	28.420
7.500	43.500	22.500	28.500	52.304	297.592	25.500	6.000	2.500000	28.990
9.000	45.000	24.000	30.000	50.435	289.023	27.000	6.000	2.500000	28.780
10.500	46.500	25.500	31.500	52.004	291.217	28.500	6.000	2.500000	29.450
12.000	48.000	27.000	33.000	52.824	286.832	30.000	6.000	2.500000	30.370
13.500	49.500	28.500	34.500	51.160	255.054	31.500	6.000	2.500000	33.080
15.000	51.000	30.000	36.000	52.114	250.199	33.000	6.000	2.500000	34.350
16.500	52.500	31.500	37.500	51.832	251.558	34.500	6.000	2.500000	33.980
18.000	54.000	33.000	39.000	52.457	253.015	36.000	6.000	2.500000	34.200
19.500	55.500	34.500	40.500	51.856	248.981	37.500	6.000	2.500000	34.350
21.000	57.000	36.000	42.000	52.824	269.836	39.000	6.000	2.500000	32.290
22.500	58.500	37.500	43.500	52.343	282.643	40.500	6.000	2.500000	30.540
24.000	60.000	39.000	45.000	52.581	271.605	42.000	6.000	2.500000	31.930
25.500	61.500	40.500	46.500	52.304	281.869	43.500	6.000	2.500000	30.610
27.000	63.000	42.000	48.000	52.090	273.123	45.000	6.000	2.500000	31.460
28.500	64.500	43.500	49.500	52.095	259.197	46.500	6.000	2.500000	33.150
30.000	66.000	45.000	51.000	52.123	267.022	48.000	6.000	2.500000	32.200
31.500	67.500	46.500	52.500	53.024	260.621	49.500	6.000	2.500000	33.560
33.000	69.000	48.000	54.000	54.000	262.383	51.000	6.000	2.500000	33.270
34.500	70.500	50.000	55.500	55.500	258.246	52.500	6.000	2.500000	33.150
0.000	39.000	39.000	39.000	54.000	393.861	19.500	6.000	2.750000	27.040
1.500	40.500	40.500	40.500	55.223	385.433	21.000	6.000	2.750000	27.850
3.000	42.000	42.000	42.000	55.200	327.392	30.000	6.000	2.750000	31.140
4.500	43.500	21.000	27.000	53.673	350.469	24.000	6.000	2.750000	29.770
6.000	45.000	22.500	28.500	53.530	355.914	25.500	6.000	2.750000	29.240
7.500	46.500	24.000	30.000	51.632	335.470	27.000	6.000	2.750000	29.920
9.000	48.000	25.500	31.500	52.276	335.952	28.500	6.000	2.750000	30.250
10.500	49.500	27.000	33.000	52.452	327.392	30.000	6.000	2.750000	31.140
12.000	51.000	28.500	34.500	53.673	323.675	31.500	6.000	2.750000	32.950
13.500	52.500	30.000	36.000	52.366	329.182	33.000	6.000	2.750000	34.720
15.000	54.000	31.500	37.500	51.473	298.231	36.000	6.000	2.750000	34.850
16.500	55.500	33.000	39.000	53.473	363.301	30.500	6.000	2.750000	34.560
18.000	57.000	34.500	37.500	52.838	394.941	24.000	6.000	3.000000	30.260
19.500	58.500	36.000	42.000	54.071	385.807	25.500	6.000	3.000000	30.530
21.000	60.000	37.500	43.500	52.738	333.799	40.500	6.000	3.000000	30.710
22.500	61.500	39.000	45.000	54.065	327.871	42.000	6.000	3.000000	32.410
24.000	63.000	40.500	42.000	51.542	309.249	45.750	6.000	3.000000	32.400
25.500	64.500</td								

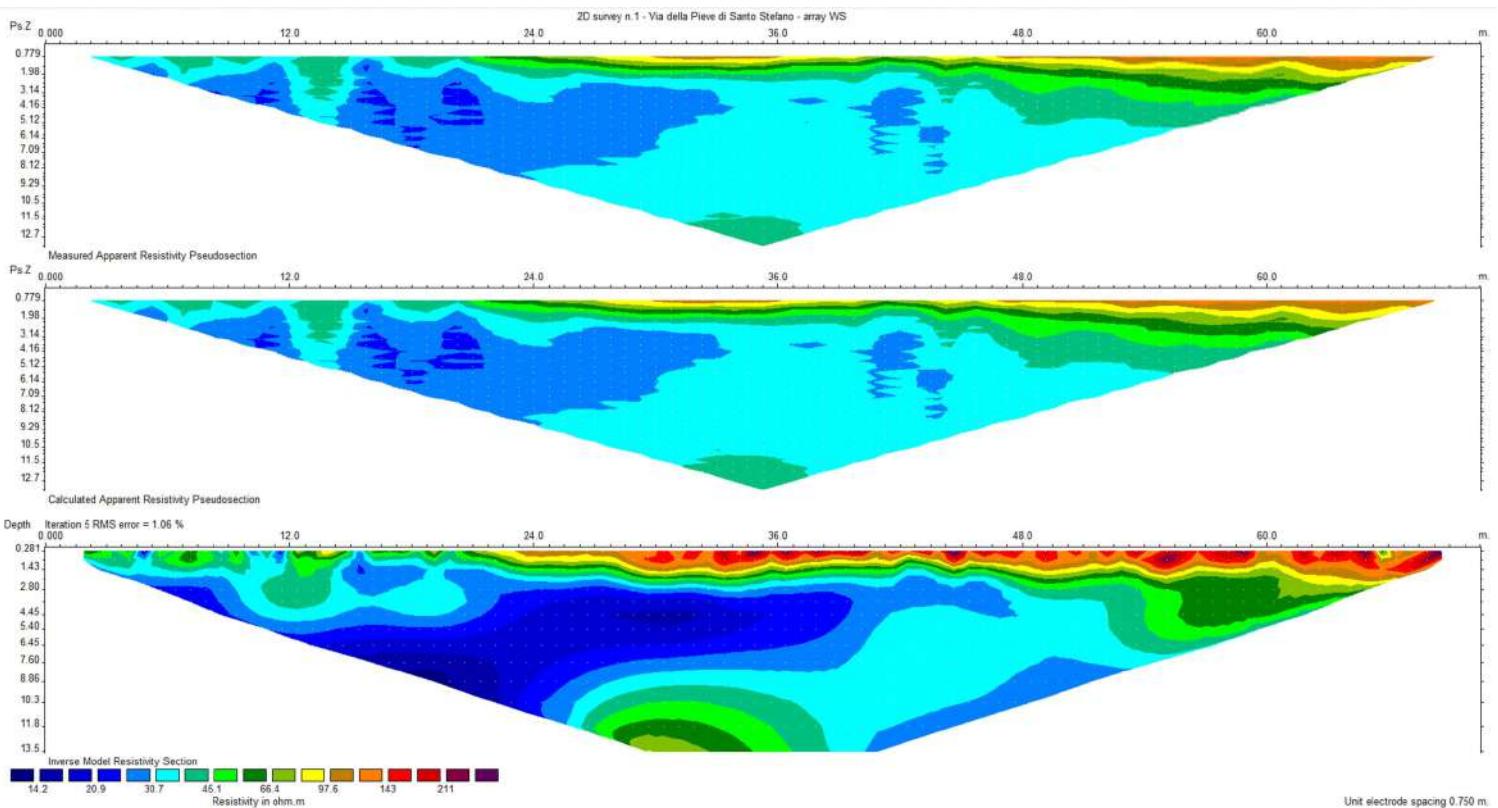
A	B	M	N	Vp	In	p.medio	a	n	p
6.000	58.500	28.500	36.000	53.287	416.673	32.250	7.500	3.000000	36.160
7.500	60.000	30.000	37.500	54.054	420.416	33.750	7.500	3.000000	36.350
9.000	61.500	31.500	39.000	55.065	431.283	35.250	7.500	3.000000	36.100
10.500	63.000	33.000	40.500	52.695	405.277	36.750	7.500	3.000000	36.760
12.000	64.500	34.500	42.000	53.730	438.774	38.250	7.500	3.000000	34.620
13.500	66.000	36.000	43.500	52.915	452.970	39.750	7.500	3.000000	33.030
15.000	67.500	37.500	45.000	53.201	437.389	41.250	7.500	3.000000	34.390
16.500	69.000	39.000	46.500	52.633	457.276	42.750	7.500	3.000000	32.540
18.000	70.500	40.500	48.000	53.210	471.493	44.250	7.500	3.000000	31.910
0.000	55.500	24.000	31.500	52.219	483.523	27.750	7.500	3.200000	34.200
1.500	57.000	25.500	33.000	53.702	500.704	29.250	7.500	3.200000	33.960
3.000	58.500	27.000	34.500	51.141	455.669	30.750	7.500	3.200000	35.540
4.500	60.000	28.500	36.000	51.622	442.243	32.250	7.500	3.200000	36.960
6.000	61.500	30.000	37.500	53.539	459.584	33.750	7.500	3.200000	36.890
7.500	63.000	31.500	39.000	53.063	460.096	35.250	7.500	3.200000	36.520
9.000	64.500	33.000	40.500	52.147	448.719	36.750	7.500	3.200000	36.800
10.500	66.000	34.500	42.000	52.667	474.599	38.250	7.500	3.200000	35.140
12.000	67.500	36.000	43.500	52.366	496.882	39.750	7.500	3.200000	33.370
13.500	69.000	37.500	45.000	52.872	489.470	41.250	7.500	3.200000	34.210
15.000	70.500	39.000	46.500	51.737	490.912	42.750	7.500	3.200000	33.370
0.000	48.000	19.500	28.500	53.592	340.219	24.000	9.000	2.166667	30.560
1.500	49.500	21.000	30.000	52.357	317.596	25.500	9.000	2.166667	31.980
3.000	51.000	22.500	31.500	52.166	309.756	27.000	9.000	2.166667	32.670
4.500	52.500	24.000	33.000	51.670	303.765	28.500	9.000	2.166667	33.000
6.000	54.000	25.500	34.500	51.274	298.009	30.000	9.000	2.166667	33.380
7.500	55.500	27.000	36.000	51.689	287.865	31.500	9.000	2.166667	34.830
9.000	57.000	28.500	37.500	51.870	283.425	33.000	9.000	2.166667	35.500
10.500	58.500	30.000	39.000	52.114	286.251	34.500	9.000	2.166667	35.320
12.000	60.000	31.500	40.500	52.500	288.113	36.000	9.000	2.166667	35.350
13.500	61.500	33.000	42.000	52.552	287.271	37.500	9.000	2.166667	35.490
15.000	63.000	34.500	43.500	52.295	298.939	39.000	9.000	2.166667	33.940
16.500	64.500	36.000	45.000	52.085	301.626	40.500	9.000	2.166667	33.500
18.000	66.000	37.500	46.500	52.004	313.454	42.000	9.000	2.166667	32.180
19.500	67.500	39.000	48.000	51.761	307.034	43.500	9.000	2.166667	32.700
21.000	69.000	40.500	49.500	51.866	315.323	45.000	9.000	2.166667	31.910
22.500	70.500	42.000	51.000	51.684	313.106	46.500	9.000	2.166667	32.020
0.000	51.000	21.000	30.000	53.301	358.849	25.500	9.000	2.333333	32.660
1.500	52.500	22.500	31.500	53.296	349.422	27.000	9.000	2.333333	33.540
3.000	54.000	24.000	33.000	52.247	342.389	28.500	9.000	2.333333	33.560
4.500	55.500	25.500	34.500	52.219	335.236	30.000	9.000	2.333333	34.250
6.000	57.000	27.000	36.000	52.199	327.385	31.500	9.000	2.333333	35.060
7.500	58.500	28.500	37.500	52.791	323.415	33.000	9.000	2.333333	35.900
9.000	60.000	30.000	39.000	53.024	327.471	34.500	9.000	2.333333	35.610
10.500	61.500	31.500	40.500	52.858	320.511	36.000	9.000	2.333333	36.270
12.000	63.000	33.000	42.000	52.681	328.680	37.500	9.000	2.333333	35.250
13.500	64.500	34.500	43.500	52.390	341.554	39.000	9.000	2.333333	33.730
15.000	66.000	36.000	45.000	52.352	337.234	40.500	9.000	2.333333	34.140
16.500	67.500	37.500	46.500	52.247	348.416	42.000	9.000	2.333333	32.980
18.000	69.000	39.000	48.000	52.662	355.476	43.500	9.000	2.333333	32.580
19.500	70.500	40.500	49.500	52.705	357.509	45.000	9.000	2.333333	32.420
0.000	54.000	22.500	31.500	53.263	385.469	27.000	9.000	2.500000	34.180
1.500	55.500	24.000	33.000	51.994	376.652	28.500	9.000	2.500000	34.150

A	B	M	N	Vp	In	p.medio	a	n	p
3.000	57.000	25.500	34.500	51.899	370.627	30.000	9.000	2.500000	34.640
4.500	58.500	27.000	36.000	51.494	355.509	31.500	9.000	2.500000	35.830
6.000	60.000	28.500	37.500	52.319	358.430	33.000	9.000	2.500000	36.110
7.500	61.500	30.000	39.000	54.360	369.120	34.500	9.000	2.500000	36.430
9.000	63.000	31.500	40.500	51.909	351.015	36.000	9.000	2.500000	36.590
10.500	64.500	33.000	42.000	51.527	356.973	37.500	9.000	2.500000	35.710
12.000	66.000	34.500	43.500	52.137	384.057	39.000	9.000	2.500000	33.590
13.500	67.500	36.000	45.000	51.642	369.704	40.500	9.000	2.500000	34.560
15.000	69.000	37.500	46.500	51.594	381.597	42.000	9.000	2.500000	33.450
16.500	70.500	39.000	48.000	51.594	386.360	43.500	9.000	2.500000	33.040
0.000	57.000	24.000	33.000	53.434	426.610	28.500	9.000	2.666667	34.630
1.500	58.500	25.500	34.500	53.306	419.958	30.000	9.000	2.666667	35.090
3.000	60.000	27.000	36.000	51.971	396.963	31.500	9.000	2.666667	36.190
4.500	61.500	28.500	37.500	52.672	392.152	33.000	9.000	2.666667	37.130
6.000	63.000	30.000	39.000	53.001	400.358	34.500	9.000	2.666667	36.600
7.500	64.500	31.500	40.500	52.261	392.285	36.000	9.000	2.666667	36.830
9.000	66.000	33.000	42.000	52.438	402.716	37.500	9.000	2.666667	36.000
10.500	67.500	34.500	43.500	54.817	438.634	39.000	9.000	2.666667	34.550
12.000	69.000	36.000	45.000	53.034	427.805	40.500	9.000	2.666667	34.270
13.500	70.500	37.500	46.500	51.375	424.162	42.000	9.000	2.666667	33.480
0.000	60.000	25.500	34.500	55.270	478.650	30.000	9.000	2.833333	35.460
1.500	61.500	27.000	36.000	52.333	435.487	31.500	9.000	2.833333	36.900
3.000	63.000	28.500	37.500	52.075	426.851	33.000	9.000	2.833333	37.460
4.500	64.500	30.000	39.000	51.942	429.226	34.500	9.000	2.833333	37.160
6.000	66.000	31.500	40.500	52.185	432.020	36.000	9.000	2.833333	37.090
7.500	67.500	33.000	42.000	52.528	437.425	37.500	9.000	2.833333	36.880
9.000	69.000	34.500	43.500	52.505	464.652	39.000	9.000	2.833333	34.700
10.500	70.500	36.000	45.000	52.271	459.958	40.500	9.000	2.833333	34.900
0.000	63.000	27.000	36.000	53.296	483.910	31.500	9.000	3.000000	37.370
1.500	64.500	28.500	37.500	52.600	471.869	33.000	9.000	3.000000	37.820
3.000	66.000	30.000	39.000	53.339	481.974	34.500	9.000	3.000000	37.550
4.500	67.500	31.500	40.500	52.486	466.143	36.000	9.000	3.000000	38.200
6.000	69.000	33.000	42.000	53.120	487.848	37.500	9.000	3.000000	36.940
7.500	70.500	34.500	35.500	53.387	512.868	39.000	9.000	3.000000	35.320
0.000	58.500	24.000	34.500	53.020	369.774	29.250	10.500	2.285714	35.520
1.500	60.000	25.500	36.000	53.334	369.240	30.750	10.500	2.285714	35.780
3.000	61.500	27.000	37.500	51.990	352.638	32.250	10.500	2.285714	36.520
4.500	63.000	28.500	39.000	54.					

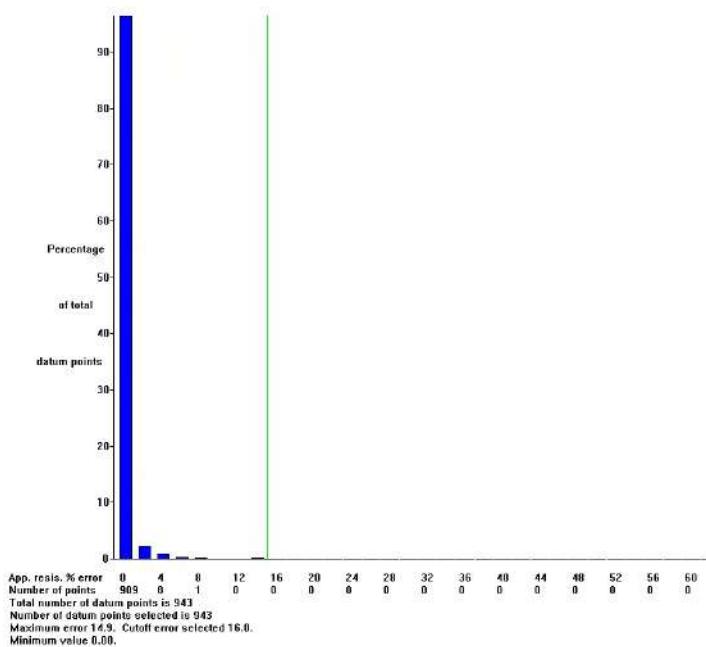
2D SURVEY n.1 - Via della Pieve di Santo Stefano - array WS  
ARRANGEMENT OF MODEL BLOCKS AND APPARENT RESISTIVITY DATUM POINTS



Model block      Number of model blocks 860  
 x Datum point      Number of datum points 943  
 Number of model layers is 14      Unit electrode spacing 0.750 m.  
 Minimum pseudodepth is 0.78. Maximum pseudodepth is 18.2.  
 Number of electrodes is 95.



2D survey n.1 - Via della Pieve di Santo Stefano - array WS



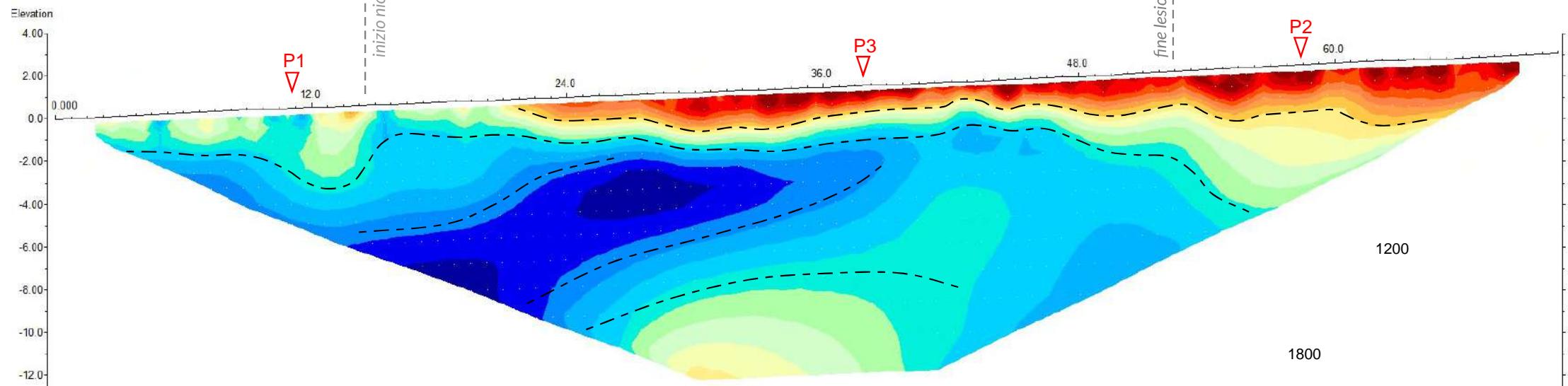
schema modello a blocchi

pseudosezioni e  
modello di resistività

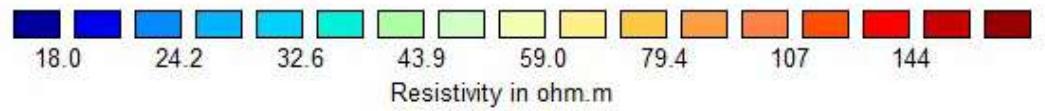
schema errori sull'inversione  
per classi percentuali

E

W



sezione elettrostratigrafica  
scala 1:250



N. ALL.	TITOLO
All. 6	Verifiche di stabilità del versante

## STATO PRE-DISSESTO

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

<i>l</i>	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
<i>b</i>	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
<i>c</i>	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
<i>u</i>	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan(\phi_i) ]}{\sum_i [ W_i \tan(\alpha_i) ]}$$

dove il termine **N<sub>i</sub>** è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i** rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i**, **c<sub>i</sub>** e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espresso in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c <sub>u</sub>	Coesione 'totale' del terreno espresso in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cmq]
1	Detrito sciolto	1800	1900	28.00	0.000
2	Detrito med. addensato	1900	2000	31.00	0.000
3	Substrato	2400	2400	25.00	2.000

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espresso in m
Y	Ordinata del punto del profilo espresso in m

n°	x [m]	y [m]
1	0.00	6.00
2	1.00	6.00
3	4.50	7.50
4	6.90	8.40
5	10.20	9.00
6	13.50	9.50
7	16.50	10.50
8	18.90	10.80
9	20.50	11.50
10	23.00	12.50
11	25.50	14.00
12	30.90	15.60
13	35.50	16.00
14	49.50	21.90
15	55.20	24.00
16	60.60	25.80
17	64.50	26.70
18	67.20	28.50
19	68.70	28.50
20	72.60	28.50
21	85.00	34.50
22	90.00	34.50

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	x [m]	y [m]
1	0.00	2.10
2	0.00	0.00
3	90.00	0.00
4	90.00	23.30
5	90.00	29.85
6	72.00	25.20
7	54.90	19.80

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Detrito sciolto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	x [m]	y [m]
1	90.00	32.01
2	90.00	34.50
3	85.00	34.50

n°	X [m]	Y [m]
4	72.60	28.50
5	68.70	28.50
6	67.20	28.50
7	64.50	26.70
8	60.60	25.80
9	55.20	24.00
10	49.50	21.90
11	35.50	16.00
12	30.90	15.60
13	25.50	14.00
14	23.00	12.50
15	20.50	11.50
16	18.90	10.80
17	16.50	10.50
18	13.50	9.50
19	10.20	9.00
20	6.90	8.40
21	4.50	7.50
22	1.00	6.00
23	0.00	6.00
24	0.00	3.30
25	40.50	16.50
26	68.40	25.50

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Detrito med. addensato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	90.00	29.85
2	90.00	32.01
3	68.40	25.50
4	40.50	16.50
5	0.00	3.30
6	0.00	2.10
7	54.90	19.80
8	72.00	25.20

### Descrizione falda

#### *Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	4.80
2	21.30	11.40
3	32.10	15.60
4	35.50	16.00
5	46.50	20.40
6	65.10	26.40
7	69.90	27.60
8	86.40	31.80
9	90.00	32.40

### Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.295	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.132	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.392	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.290	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T2	1.200	1.200
Coefficiente riduzione pendio naturale	$\beta_s$		0.240	0.240
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

### Pendio naturale

	Simbolo	SLV	SLD
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S)$	4.56	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	2.28	0.00

### Dati normativa

Normativa :**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\alpha'}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_i$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superficie di rottura circolare*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 25.50$	$Y_0 = 27.90$
Passo maglia	[m]	$dX = 1.50$	$dY = 1.50$
Numero passi		$Nx = 26$	$$
Raggio	[m]	$R = 30.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 20Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Pendio naturale [PC] - Parametri caratteristici

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- ascissa di intersezione a monte minore di	68.00	m
- ascissa di intersezione a monte maggiore di	72.00	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numeri di superfici analizzate	883
Coefficiente di sicurezza minimo	0.913
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	883	0.913	1	5.921	883

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: Gle)  
 Caso caso di calcolo  
 Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)  
 La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	42.00	56.40	38.50	40.12	68.53	70.38	0.913 (J)	[PC]	--
2	C	43.50	51.90	34.00	40.35	68.17	73.37	0.913 (J)	[PC]	--
3	C	42.00	57.90	39.50	41.21	68.38	59.12	0.930 (J)	[PC]	--

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte  
 N° numero d'ordine della striscia  
 x<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espresso in m  
 x<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espresso in m  
 y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espresso in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso ° (positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 L sviluppo della base della striscia espresso in m (L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espresso in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - valori caratteristici

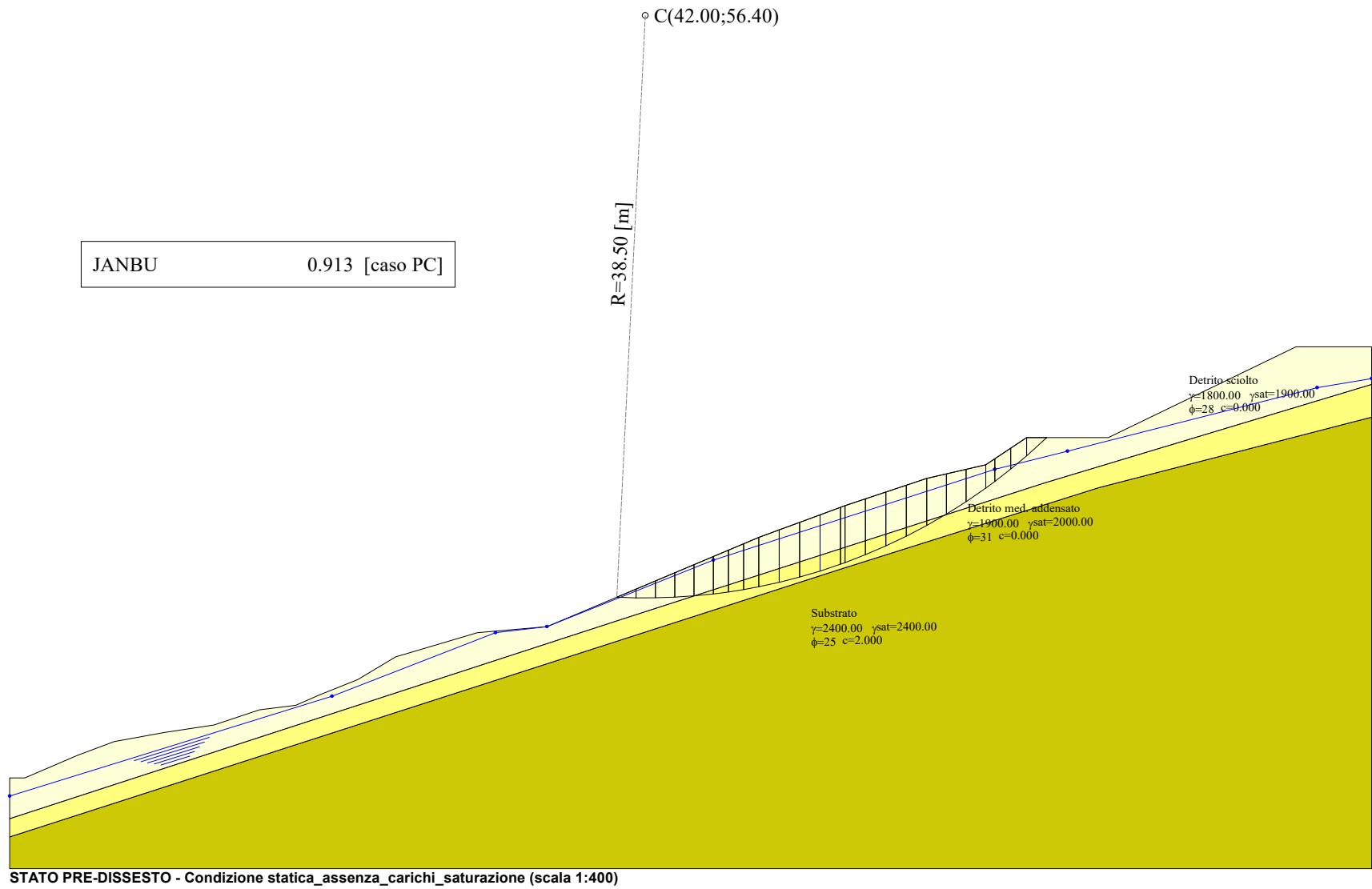
Numeri di strisce	24	
Coordinate del centro	X[m]= 42.00	Y[m]= 56.40
Raggio del cerchio	R[m]= 38.50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	x <sub>v</sub> [m]= 40.12	y <sub>v</sub> [m]= 17.95
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 68.53	Y <sub>m</sub> [m]= 28.50

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cmq]
1	40.12	17.95	17.95	41.39	18.48	17.90	40.97	18.11	1.28	-1.85	28.00	0.00
2	41.39	18.48	17.90	42.67	19.02	17.91	42.10	18.34	1.28	0.05	28.00	0.00
3	42.67	19.02	17.91	43.95	19.56	17.95	43.35	18.62	1.28	1.95	28.00	0.00
4	43.95	19.56	17.95	45.22	20.10	18.04	44.61	18.92	1.28	3.85	28.00	0.00
5	45.22	20.10	18.04	46.50	20.64	18.16	45.88	19.24	1.28	5.76	30.88	0.00
6	46.50	20.64	18.16	47.50	21.06	18.29	47.01	19.54	1.01	7.46	31.00	0.00
7	47.50	21.06	18.29	48.50	21.48	18.45	48.01	19.82	1.01	8.97	31.00	0.00
8	48.50	21.48	18.45	49.50	21.90	18.64	49.01	20.12	1.02	10.48	31.00	0.00
9	49.50	21.90	18.64	50.85	22.40	18.93	50.18	20.47	1.38	12.26	31.00	0.00
10	50.85	22.40	18.93	52.20	22.89	19.28	51.53	20.88	1.39	14.33	31.00	0.00
11	52.20	22.89	19.28	53.55	23.39	19.67	52.88	21.31	1.41	16.41	31.00	0.00
12	53.55	23.39	19.67	54.90	23.89	20.13	54.23	21.77	1.42	18.52	31.00	0.00
13	54.90	23.89	20.13	55.20	24.00	20.23	55.05	22.06	0.32	19.81	31.00	0.00
14	55.20	24.00	20.23	56.55	24.45	20.76	55.87	22.36	1.45	21.13	31.00	0.00
15	56.55	24.45	20.76	57.90	24.90	21.34	57.22	22.86	1.47	23.30	31.00	0.00
16	57.90	24.90	21.34	59.25	25.35	21.98	58.57	23.39	1.50	25.51	31.00	0.00
17	59.25	25.35	21.98	60.60	25.80	22.69	59.92	23.95	1.53	27.75	31.00	0.00
18	60.60	25.80	22.69	61.90	26.10	23.44	61.23	24.50	1.50	30.01	30.65	0.00
19	61.90	26.10	23.44	63.20	26.40	24.26	62.53	25.04	1.54	32.27	28.00	0.00
20	63.20	26.40	24.26	64.50	26.70	25.16	63.81	25.61	1.58	34.59	28.00	0.00
21	64.50	26.70	25.16	65.10	27.10	25.60	64.80	26.14	0.74	36.32	28.00	0.00
22	65.10	27.10	25.60	66.15	27.80	26.42	65.62	26.72	1.33	37.86	28.00	0.00
23	66.15	27.80	26.42	67.20	28.50	27.29	66.66	27.49	1.37	39.87	28.00	0.00
24	67.20	28.50	27.29	68.53	28.50	28.50	67.64	28.10	1.80	42.22	28.00	0.00

**Metodo di JANBU**Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub> = **0.913****Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	689	0	472	275	226	0	297	297	0	0
2	2038	0	1134	660	903	297	956	0	0	0
3	3285	0	1725	1005	1528	956	1850	0	0	0
4	4429	0	2251	1311	2101	1850	2865	0	0	0
5	5487	0	2712	1776	2624	2865	4097	0	0	0
6	4981	0	2459	1618	2352	4097	5077	0	0	0
7	5515	0	2756	1814	2541	5077	6043	0	0	0
8	5995	0	3023	1989	2706	6043	6957	0	0	0
9	8667	0	4374	2878	3870	6957	8019	0	0	0
10	9131	0	4588	3019	4065	8019	8803	0	0	0
11	9455	0	4741	3120	4197	8803	9271	0	0	0
12	9634	0	4834	3181	4260	9271	9399	0	0	0
13	2153	0	1082	712	950	9399	9380	0	0	0
14	9591	0	4817	3170	4240	9380	9073	0	0	0
15	9313	0	4678	3079	4136	9073	8414	0	0	0
16	8870	0	4478	2947	3944	8414	7447	0	0	0
17	8252	0	4213	2773	3653	7447	6238	0	0	0
18	7036	0	3626	2353	3140	6238	4892	0	0	0
19	5835	0	3106	1809	2652	4892	3347	0	0	0
20	4471	0	2426	1413	2031	3347	1981	0	0	0
21	1698	0	994	579	688	1981	1451	0	0	0
22	2780	0	1945	1133	696	1451	725	0	0	0
23	2453	0	2151	1252	0	725	307	0	0	0
24	1445	0	1276	743	0	307	0	0	0	0



1.00	3.50	2.40	3.30	3.30	3.00	2.40	1.60	2.50	2.50	5.40	4.60	14.00	5.70	5.40	3.90	2.70	1.50	3.90	12.40	5.00
0.00 0.00	4.50 (4.80) (5.10)	6.90 (6.19) (6.49)	10.20 (7.96) (8.96)	13.50 (8.50) (9.91)	16.50 (10.66) (11.15)	18.90 (10.80) (12.06)	20.50 (11.50) (12.50)	23.00 (12.06) (13.05)	25.50 (15.13) (16.00)	30.90 (15.60) (16.00)	35.50 (16.00)	49.50 (21.37)	55.20 (24.40) (24.95)	60.60 (25.80) (26.21)	64.50 (26.70) (26.93)	67.20 (28.50) (28.90)	68.70 (27.30) (28.30)	72.60 (28.30) (28.29)	85.00 (31.44) (32.40)	90.00

## STATO ATTUALE – CONDIZIONE STATICÀ

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

<i>l</i>	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
<i>b</i>	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
<i>c</i>	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
<i>u</i>	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan(\phi_i) ]}{\sum_i [ W_i \tan(\alpha_i) ]}$$

dove il termine **N<sub>i</sub>** è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i** rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i**, **c<sub>i</sub>** e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume satura del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espresso in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espresso in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cmq]
1	Detrito sciolto	1800	1900	28.00	0.000
2	Detrito med. addensato	1900	2000	31.00	0.000
3	Substrato	2400	2400	25.00	2.000

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	6.00
2	1.00	6.00
3	4.50	7.50
4	6.90	8.40
5	10.20	9.00
6	13.50	9.50
7	16.50	10.50
8	18.90	10.80
9	20.50	11.50
10	23.00	12.50
11	25.50	14.00
12	30.90	15.60
13	35.50	16.00
14	37.20	17.70
15	48.60	21.90
16	51.60	22.20
17	54.60	23.10
18	59.70	24.90
19	68.70	27.00
20	68.70	28.50
21	72.60	28.50
22	85.00	34.50
23	90.00	34.50

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	2.10
2	0.00	0.00
3	90.00	0.00
4	90.00	23.30
5	90.00	29.62
6	69.90	24.60
7	54.00	19.50

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Detrito sciolto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	90.00	32.01
2	90.00	34.50

n°	X [m]	Y [m]
3	85.00	34.50
4	72.60	28.50
5	68.70	28.50
6	68.70	27.00
7	59.70	24.90
8	54.60	23.10
9	51.60	22.20
10	48.60	21.90
11	37.20	17.70
12	35.50	16.00
13	30.90	15.60
14	25.50	14.00
15	23.00	12.50
16	20.50	11.50
17	18.90	10.80
18	16.50	10.50
19	13.50	9.50
20	10.20	9.00
21	6.90	8.40
22	4.50	7.50
23	1.00	6.00
24	0.00	6.00
25	0.00	3.30
26	40.50	16.50
27	68.40	25.50

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Detrito med. addensato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	90.00	29.62
2	90.00	32.01
3	68.40	25.50
4	40.50	16.50
5	0.00	3.30
6	0.00	2.10
7	54.00	19.50
8	69.90	24.60

## Descrizione falda

### *Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	4.80
2	21.30	11.40
3	31.20	15.00
4	35.50	16.00
5	40.80	18.00
6	51.60	21.60
7	68.70	26.70
8	86.40	31.80
9	90.00	32.40

## Carichi sul profilo

### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N°	Identificativo del sovraccarico agente
Descrizione	Descrizione carico
Tipo	Tipo carico
$\Psi_2$	Coefficiente sismico carico variabile
Carichi distribuiti	
$P_i, P_f$	Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]
$Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f$	Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### *Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$ [m]	$P_f$ [m]	$Vy$ [kg/m]	$Vx$ [kg/m]
1	Carico 1	Permanente	--	69.00 28.50	72.50 28.50	2000 2000	0 0

Dati zona sismica

	<b>Simbolo</b>	<b>U.M.</b>		<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Accelerazione al suolo	$\ddot{a}_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		1.295	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.132	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F <sub>0</sub>			2.392	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	T <sub>c*</sub>			0.290	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	S <sub>s</sub>		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	S <sub>t</sub>		T <sub>2</sub>	1.200	1.200
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

## Fronti di scavo

	<b>Simbolo</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S)$	7.22	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.61	0.00

Dati normativa

Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<b>Carichi</b>	<b>Effetto</b>	<b>Simbologia</b>	<b>A2 Statico</b>	<b>A2 Sismico</b>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<b>Parametri</b>	<b>Simbologia</b>	<b>M2 Statico</b>	<b>M2 Sismico</b>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

<b>Tipo calcolo</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Statico</b>	<b>Sismico</b>
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	X <sub>0</sub> = 37.50	Y <sub>0</sub> = 20.10
Passo maglia	[m]	dX = 1.50	dY = 1.50
Numeri passi		Nx = 26	
Raggio	[m]	R = 30.00	

Si utilizza un raggio variabile con passo dR=0.50 [m] ed un numero di incrementi pari a 20

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- ascissa di intersezione a valle minore di	33.90	m
- ascissa di intersezione a monte minore di	69.00	m
- ascissa di intersezione a monte maggiore di	74.00	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numeri di superficie analizzate	221
Coefficiente di sicurezza minimo	0.930
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	221	0.930	1	5.671	221

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: Gle)  
 Caso caso di calcolo  
 Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)  
 La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	52.50	56.10	34.00	50.95	72.36	28.73	0.930 (J)	[A2M2]	--
2	C	52.50	54.60	32.50	50.96	71.87	26.68	0.932 (J)	[A2M2]	--
3	C	52.50	53.10	31.00	50.98	71.36	24.58	0.939 (J)	[A2M2]	--

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte  
 N° numero d'ordine della striscia  
 x<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espresso in m  
 x<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espresso in m  
 y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espresso in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso ° (positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 L sviluppo della base della striscia espresso in m (L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espresso in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numeri di strisce	22	
Coordinate del centro	X[m]= 52.50	Y[m]= 56.10
Raggio del cerchio	R[m]= 34.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	Xv[m]= 50.95	Yv[m]= 22.14
Intersezione a monte con il profilo topografico	Xm[m]= 72.36	Ym[m]= 28.50

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	50.95	22.14	22.14	51.60	22.20	22.11	51.38	22.15	0.65	-2.06	23.04	0.00
2	51.60	22.20	22.11	52.60	22.50	22.10	52.21	22.24	1.00	-0.67	23.04	0.00
3	52.60	22.50	22.10	53.60	22.80	22.12	53.14	22.39	1.00	1.01	23.04	0.00
4	53.60	22.80	22.12	54.60	23.10	22.16	54.13	22.55	1.00	2.70	23.04	0.00
5	54.60	23.10	22.16	55.62	23.46	22.24	55.13	22.75	1.02	4.40	23.04	0.00
6	55.62	23.46	22.24	56.64	23.82	22.35	56.15	22.97	1.03	6.13	23.04	0.00
7	56.64	23.82	22.35	57.66	24.18	22.49	57.16	23.21	1.03	7.86	23.04	0.00
8	57.66	24.18	22.49	58.68	24.54	22.67	58.18	23.47	1.03	9.60	23.04	0.00
9	58.68	24.54	22.67	59.70	24.90	22.87	59.20	23.75	1.04	11.35	23.04	0.00
10	59.70	24.90	22.87	60.70	25.13	23.10	60.20	24.00	1.03	13.09	23.04	0.00
11	60.70	25.13	23.10	61.70	25.37	23.37	61.20	24.24	1.03	14.83	23.04	0.00
12	61.70	25.37	23.37	62.70	25.60	23.67	62.20	24.50	1.04	16.58	23.04	0.00
13	62.70	25.60	23.67	63.70	25.83	24.00	63.20	24.77	1.05	18.35	23.04	0.00
14	63.70	25.83	24.00	64.70	26.07	24.36	64.19	25.06	1.07	20.13	23.04	0.00
15	64.70	26.07	24.36	65.70	26.30	24.77	65.19	25.37	1.08	21.94	23.04	0.00
16	65.70	26.30	24.77	66.70	26.53	25.21	66.19	25.70	1.09	23.77	23.04	0.00
17	66.70	26.53	25.21	67.70	26.77	25.69	67.18	26.04	1.11	25.62	23.04	0.00
18	67.70	26.77	25.69	68.70	27.00	26.21	68.17	26.41	1.13	27.51	23.04	0.00
19	68.70	28.50	26.21	69.61	28.50	26.72	69.14	27.48	1.05	29.34	23.04	0.00
20	69.61	28.50	26.72	70.53	28.50	27.27	70.04	27.74	1.07	31.12	23.04	0.00
21	70.53	28.50	27.27	71.44	28.50	27.86	70.94	28.02	1.09	32.94	23.04	0.00
22	71.44	28.50	27.86	72.36	28.50	28.50	71.75	28.29	1.11	34.79	23.04	0.00

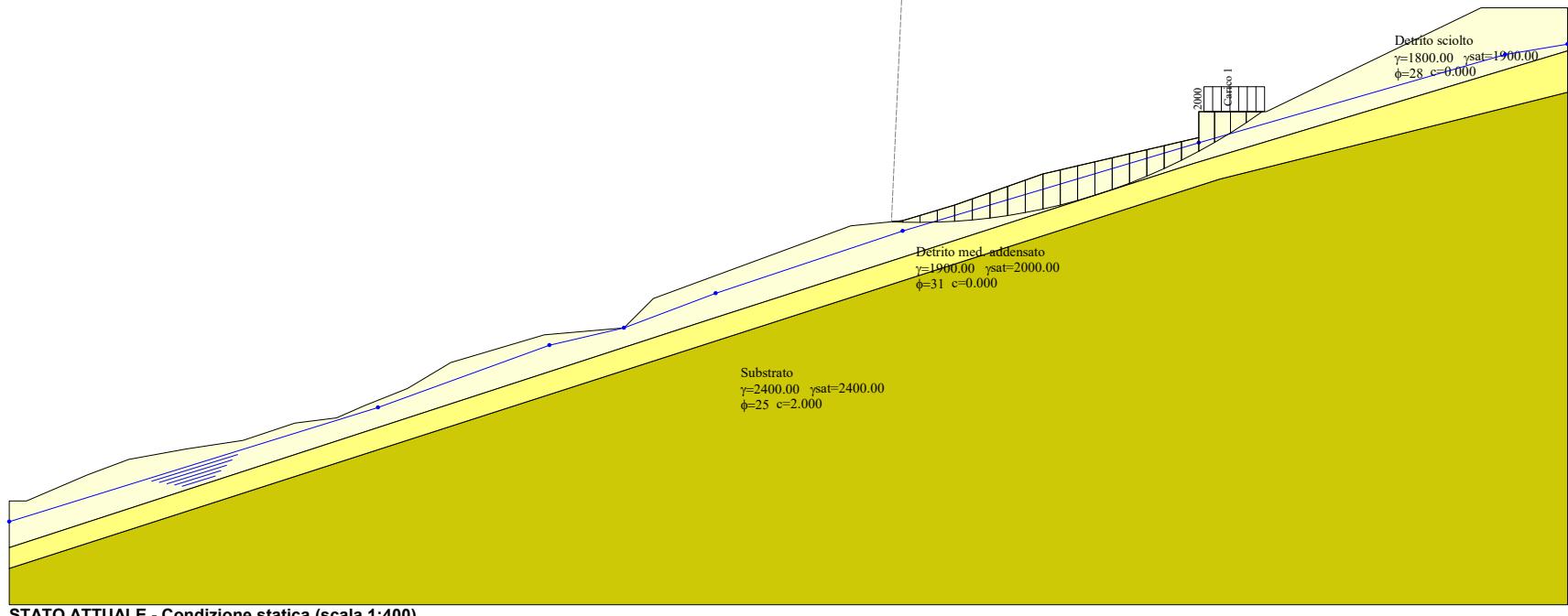
**Metodo di JANBU**Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= **0.930****Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	51	0	52	24	0	0	26	0	0	
2	439	0	442	202	0	26	233	0	0	
3	975	0	967	443	0	233	658	0	0	
4	1476	0	1246	570	204	658	1160	0	0	
5	2020	0	1520	696	453	1160	1702	0	0	
6	2530	0	1787	818	670	1702	2253	0	0	
7	2979	0	2023	926	857	2253	2776	0	0	
8	3368	0	2230	1020	1013	2776	3241	0	0	
9	3694	0	2408	1102	1139	3241	3623	0	0	
10	3770	0	2406	1101	1209	3623	3877	0	0	
11	3748	0	2326	1064	1269	3877	3986	0	0	
12	3663	0	2222	1017	1298	3986	3956	0	0	
13	3515	0	2093	958	1294	3956	3799	0	0	
14	3302	0	1938	887	1254	3799	3533	0	0	
15	3021	0	1757	804	1176	3533	3183	0	0	
16	2670	0	1548	709	1057	3183	2782	0	0	
17	2246	0	1310	599	893	2782	2370	0	0	
18	1745	0	1040	476	681	2370	1997	0	0	
19	3382	1228	3900	1785	385	1997	1453	0	0	
20	2482	1828	3862	1767	105	1453	916	0	0	
21	1532	1828	3087	1413	0	916	423	0	0	
22	522	1828	2171	994	0	423	0	0	0	

○ C(52.50;56.10)

JANBU

0.930 [caso A2M2]



## **STATO ATTUALE - Condizione statica (scala 1:400)**

6.00	(480) (511)	4.50 (6.19)	6.90 (8.94)	10.20	13.50	16.50 (9.91)	18.90 (10.66)	20.50 (11.15)	23.00	25.50 (12.02)	14.00 (12.35)	5.40	30.90 (14.89)	4.60	35.50 (16.00)	1.70 (16.64)	11.40	48.60	51.60	3.00	3.00	5.10	9.00	0.00	12.40	5.00
0.00	6.00	4.50 (6.19)	6.90 (8.94)	10.20	13.50	16.50 (9.91)	18.90 (10.66)	20.50 (11.15)	23.00	25.50 (12.02)	14.00 (12.35)	5.40	30.90 (14.89)	4.60	35.50 (16.00)	1.70 (16.64)	11.40	48.60	51.60	3.00	3.00	5.10	9.00	0.00	12.40	5.00

## STATO ATTUALE – CONDIZIONE SISMICA

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

<i>l</i>	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
<i>b</i>	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
<i>c</i>	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
<i>u</i>	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan(\phi_i) ]}{\sum_i [ W_i \tan(\alpha_i) ]}$$

dove il termine **N<sub>i</sub>** è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i** rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i**, **c<sub>i</sub>** e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume satura del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espresso in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espresso in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cmq]
1	Detrito sciolto	1800	1900	28.00	0.000
2	Detrito med. addensato	1900	2000	31.00	0.000
3	Substrato	2400	2400	25.00	2.000

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espresso in m
Y	Ordinata del punto del profilo espresso in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	6.00
2	1.00	6.00
3	4.50	7.50
4	6.90	8.40
5	10.20	9.00
6	13.50	9.50
7	16.50	10.50
8	18.90	10.80
9	20.50	11.50
10	23.00	12.50
11	25.50	14.00
12	30.90	15.60
13	35.50	16.00
14	37.20	17.70
15	48.60	21.90
16	51.60	22.20
17	54.60	23.10
18	59.70	24.90
19	68.70	27.00
20	68.70	28.50
21	72.60	28.50
22	85.00	34.50
23	90.00	34.50

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	2.10
2	0.00	0.00
3	90.00	0.00
4	90.00	23.30
5	90.00	29.62
6	69.90	24.60
7	54.00	19.50

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Detrito sciolto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	90.00	32.01
2	90.00	34.50

n°	X [m]	Y [m]
3	85.00	34.50
4	72.60	28.50
5	68.70	28.50
6	68.70	27.00
7	59.70	24.90
8	54.60	23.10
9	51.60	22.20
10	48.60	21.90
11	37.20	17.70
12	35.50	16.00
13	30.90	15.60
14	25.50	14.00
15	23.00	12.50
16	20.50	11.50
17	18.90	10.80
18	16.50	10.50
19	13.50	9.50
20	10.20	9.00
21	6.90	8.40
22	4.50	7.50
23	1.00	6.00
24	0.00	6.00
25	0.00	3.30
26	40.50	16.50
27	68.40	25.50

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Detrito med. addensato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	90.00	29.62
2	90.00	32.01
3	68.40	25.50
4	40.50	16.50
5	0.00	3.30
6	0.00	2.10
7	54.00	19.50
8	69.90	24.60

## Descrizione falda

### *Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	4.80
2	21.30	11.40
3	31.20	15.00
4	35.50	16.00
5	40.80	18.00
6	51.60	21.60
7	68.70	26.70
8	86.40	31.80
9	90.00	32.40

## Carichi sul profilo

### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N°	Identificativo del sovraccarico agente
Descrizione	Descrizione carico
Tipo	Tipo carico
$\Psi_2$	Coefficiente sismico carico variabile
Carichi distribuiti	
$P_i, P_f$	Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]
$Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f$	Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### *Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$ [m]	$P_f$ [m]	$Vy$ [kg/m]	$Vx$ [kg/m]
1	Carico 1	Permanente	--	69.00 28.50	72.50 28.50	2000 2000	0 0

Dati zona sismica

	<b>Simbolo</b>	<b>U.M.</b>		<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Accelerazione al suolo	$\ddot{a}_g$	[m/s <sup>2</sup> ]		1.295	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]		0.132	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F <sub>0</sub>			2.392	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	T <sub>c*</sub>			0.290	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	S <sub>s</sub>		B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	S <sub>t</sub>		T <sub>2</sub>	1.200	1.200
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

## Fronti di scavo

	<b>Simbolo</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S)$	7.22	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.61	0.00

Dati normativa

Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<b>Carichi</b>	<b>Effetto</b>	<b>Simbologia</b>	<b>A2 Statico</b>	<b>A2 Sismico</b>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<b>Parametri</b>	<b>Simbologia</b>	<b>M2 Statico</b>	<b>M2 Sismico</b>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

<b>Tipo calcolo</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Statico</b>	<b>Sismico</b>
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	X <sub>0</sub> = 37.50	Y <sub>0</sub> = 20.10
Passo maglia	[m]	dX = 1.50	dY = 1.50
Numeri passi		Nx = 26	
Raggio	[m]	R = 30.00	

Si utilizza un raggio variabile con passo dR=0.50 [m] ed un numero di incrementi pari a 20

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- ascissa di intersezione a valle minore di	33.90	m
- ascissa di intersezione a monte minore di	69.00	m
- ascissa di intersezione a monte maggiore di	74.00	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numeri di superficie analizzate	442
Coefficiente di sicurezza minimo	0.911
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	442	0.911	1	5.824	442

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: Gle)  
 Caso caso di calcolo  
 Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)  
 La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	52.50	56.10	34.00	50.95	72.36	28.73	0.911 (J)	[A2M2]	[SLV] H +V
2	C	52.50	54.60	32.50	50.96	71.87	26.68	0.915 (J)	[A2M2]	[SLV] H +V
3	C	54.00	51.60	30.00	49.30	73.85	44.02	0.917 (J)	[A2M2]	[SLV] H +V

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte  
 N° numero d'ordine della striscia  
 x<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espresso in m  
 x<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espresso in m  
 y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espresso in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 L sviluppo della base della striscia espresso in m(L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espresso in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto**

Numeri di strisce	22	
Coordinate del centro	X[m]= 52.50	Y[m]= 56.10
Raggio del cerchio	R[m]= 34.00	
Intersezione a valle con il profilo topografico	Xv[m]= 50.95	Yv[m]= 22.14
Intersezione a monte con il profilo topografico	Xm[m]= 72.36	Ym[m]= 28.50

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cmq]
1	50.95	22.14	22.14	51.60	22.20	22.11	51.38	22.15	0.65	-2.06	28.00	0.00
2	51.60	22.20	22.11	52.60	22.50	22.10	52.21	22.24	1.00	-0.67	28.00	0.00
3	52.60	22.50	22.10	53.60	22.80	22.12	53.14	22.39	1.00	1.01	28.00	0.00
4	53.60	22.80	22.12	54.60	23.10	22.16	54.13	22.55	1.00	2.70	28.00	0.00
5	54.60	23.10	22.16	55.62	23.46	22.24	55.13	22.75	1.02	4.40	28.00	0.00
6	55.62	23.46	22.24	56.64	23.82	22.35	56.15	22.97	1.03	6.13	28.00	0.00
7	56.64	23.82	22.35	57.66	24.18	22.49	57.16	23.21	1.03	7.86	28.00	0.00
8	57.66	24.18	22.49	58.68	24.54	22.67	58.18	23.47	1.03	9.60	28.00	0.00
9	58.68	24.54	22.67	59.70	24.90	22.87	59.20	23.75	1.04	11.35	28.00	0.00
10	59.70	24.90	22.87	60.70	25.13	23.10	60.20	24.00	1.03	13.09	28.00	0.00
11	60.70	25.13	23.10	61.70	25.37	23.37	61.20	24.24	1.03	14.83	28.00	0.00
12	61.70	25.37	23.37	62.70	25.60	23.67	62.20	24.50	1.04	16.58	28.00	0.00
13	62.70	25.60	23.67	63.70	25.83	24.00	63.20	24.77	1.05	18.35	28.00	0.00
14	63.70	25.83	24.00	64.70	26.07	24.36	64.19	25.06	1.07	20.13	28.00	0.00
15	64.70	26.07	24.36	65.70	26.30	24.77	65.19	25.37	1.08	21.94	28.00	0.00
16	65.70	26.30	24.77	66.70	26.53	25.21	66.19	25.70	1.09	23.77	28.00	0.00
17	66.70	26.53	25.21	67.70	26.77	25.69	67.18	26.04	1.11	25.62	28.00	0.00
18	67.70	26.77	25.69	68.70	27.00	26.21	68.17	26.41	1.13	27.51	28.00	0.00
19	68.70	28.50	26.21	69.61	28.50	26.72	69.14	27.48	1.05	29.34	28.00	0.00
20	69.61	28.50	26.72	70.53	28.50	27.27	70.04	27.74	1.07	31.12	28.00	0.00
21	70.53	28.50	27.27	71.44	28.50	27.86	70.94	28.02	1.09	32.94	28.00	0.00
22	71.44	28.50	27.86	72.36	28.50	28.50	71.75	28.29	1.11	34.79	28.00	0.00

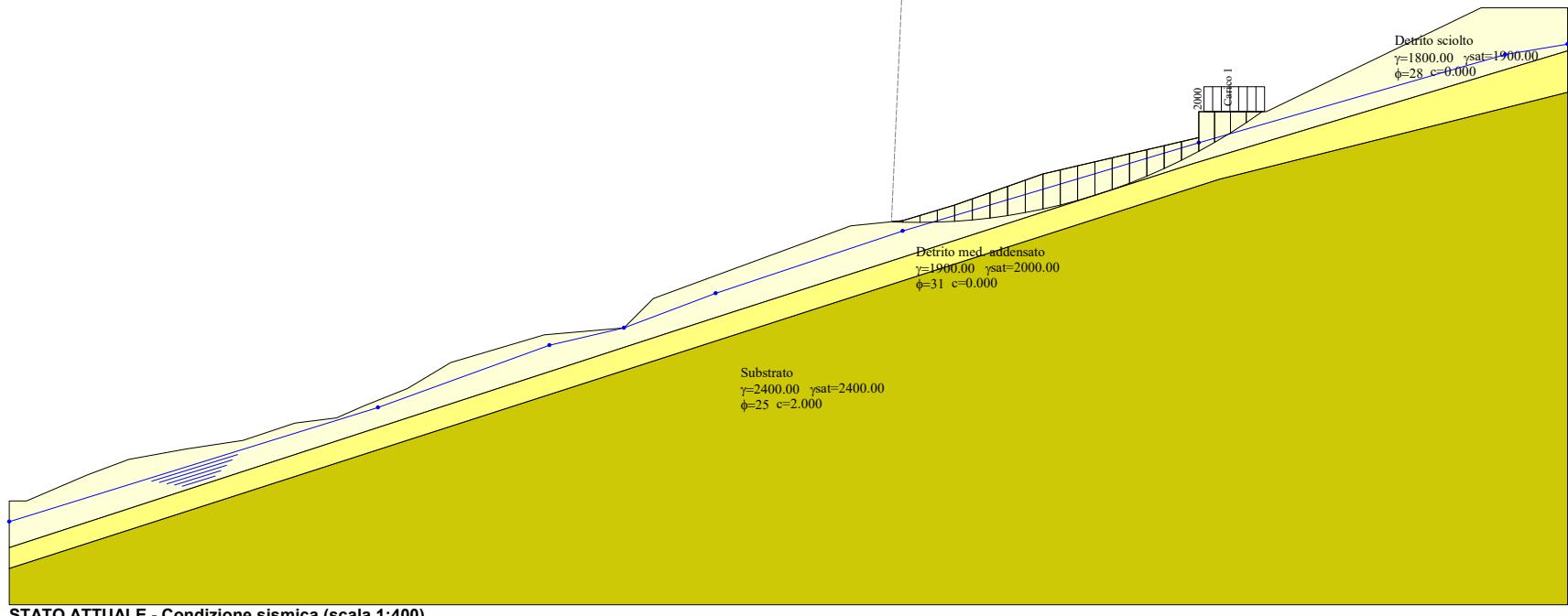
**Metodo di JANBU**Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= **0.911****Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	51	0	51	30	0	0	28	0	0	
2	439	0	426	249	0	28	250	0	0	
3	975	0	930	543	0	250	706	0	0	
4	1476	0	1187	693	204	706	1226	0	0	
5	2020	0	1436	838	453	1226	1770	0	0	
6	2530	0	1678	979	670	1770	2310	0	0	
7	2979	0	1890	1103	857	2310	2812	0	0	
8	3368	0	2074	1211	1013	2812	3248	0	0	
9	3694	0	2231	1302	1139	3248	3594	0	0	
10	3770	0	2221	1296	1209	3594	3807	0	0	
11	3748	0	2137	1247	1269	3807	3871	0	0	
12	3663	0	2033	1186	1298	3871	3793	0	0	
13	3515	0	1907	1113	1294	3793	3588	0	0	
14	3302	0	1760	1027	1254	3588	3276	0	0	
15	3021	0	1590	928	1176	3276	2886	0	0	
16	2670	0	1396	815	1057	2886	2450	0	0	
17	2246	0	1178	687	893	2450	2012	0	0	
18	1745	0	933	544	681	2012	1624	0	0	
19	3382	1228	3548	2071	385	1624	1169	0	0	
20	2482	1828	3511	2049	105	1169	743	0	0	
21	1532	1828	2800	1634	0	743	349	0	0	
22	522	1828	1962	1145	0	349	0	0	0	

○ C(52.50;56.10)

JANBU

0.911 [caso A2M2]



**STATO ATTUALE - Condizione sismica (scala 1:400)**

6.00	(4880) (5111)	7.50	6.90	10.20	9.00	(796)	13.50	16.50	18.90	20.50	23.00	25.50	11.50 (11.15)	12.50 (12.02)	14.00 (12.93)	5.40	30.90	35.50	37.20	11.40	48.60	51.60	3.00	3.00	5.10	9.00	0.00	12.40	5.00
0.00	0.00	4.50	(6.19)	8.40	(6.94)	9.50 (8.98)	10.50 (9.91)	10.80 (10.66)	11.50 (11.15)	12.50 (12.02)	14.00 (12.93)	15.60 (14.89)	17.70 (16.64)	21.90 (20.60)	22.20 (21.60)	23.10 (22.49)	24.90 (24.02)	28.60 (26.70)	28.50 (27.82)	34.50 (31.40)	34.50 (32.40)	34.50 (31.40)	34.50 (32.40)	34.50 (31.40)	34.50 (32.40)	34.50 (31.40)	34.50 (32.40)		

## STATO DI PROGETTO – CONDIZIONE STATICÀ

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

<i>l</i>	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
<i>b</i>	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
<i>c</i>	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
<i>u</i>	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan(\phi_i) ]}{\sum_i [ W_i \tan(\alpha_i) ]}$$

dove il termine **N<sub>i</sub>** è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e  **$\alpha_i$**  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i<sub>esima</sub>** rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i<sub>esima</sub>**, **c<sub>i</sub>** e  **$\phi_i$**  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume satura del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espresso in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espresso in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cmq]
1	Detrito sciolto	1800	1900	28.00	0.000
2	Detrito med. addensato	1900	2000	31.00	0.000
3	Substrato	2400	2400	25.00	2.000

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	6.00
2	1.00	6.00
3	4.50	7.50
4	6.90	8.40
5	10.20	9.00
6	13.50	9.50
7	16.50	10.50
8	18.90	10.80
9	20.50	11.50
10	23.00	12.50
11	25.50	14.00
12	30.90	15.60
13	35.50	16.00
14	37.20	17.70
15	48.60	21.90
16	51.60	22.20
17	54.60	23.10
18	61.40	26.20
19	65.40	26.20
20	65.40	28.50
21	72.60	28.50
22	85.00	34.50
23	90.00	34.50

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	2.10
2	0.00	0.00
3	90.00	0.00
4	90.00	23.30
5	90.00	29.62
6	69.90	24.60
7	54.00	19.50

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Detrito sciolto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	90.00	32.01
2	90.00	34.50

n°	X [m]	Y [m]
3	85.00	34.50
4	72.60	28.50
5	65.40	28.50
6	65.40	26.20
7	61.40	26.20
8	54.60	23.10
9	51.60	22.20
10	48.60	21.90
11	37.20	17.70
12	35.50	16.00
13	30.90	15.60
14	25.50	14.00
15	23.00	12.50
16	20.50	11.50
17	18.90	10.80
18	16.50	10.50
19	13.50	9.50
20	10.20	9.00
21	6.90	8.40
22	4.50	7.50
23	1.00	6.00
24	0.00	6.00
25	0.00	3.30
26	40.50	16.50
27	68.40	25.50

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Detrito med. addensato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	90.00	29.62
2	90.00	32.01
3	68.40	25.50
4	40.50	16.50
5	0.00	3.30
6	0.00	2.10
7	54.00	19.50
8	69.90	24.60

## Descrizione falda

### *Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	4.80
2	21.30	11.40
3	31.20	15.00
4	35.50	16.00
5	40.80	18.00
6	51.60	21.60
7	65.40	26.20
8	86.40	31.80
9	90.00	32.40

## Carichi sul profilo

### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N°	Identificativo del sovraccarico agente
Descrizione	Descrizione carico
Tipo	Tipo carico
$\Psi_2$	Coefficiente sismico carico variabile
Carichi distribuiti	
$P_i, P_f$	Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]
$Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f$	Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

## *Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$ [m]	$P_f$ [m]	$Vy$ [kg/m]	$Vx$ [kg/m]
1	Carico 1	Permanente	--	65.70 28.50	72.50 28.50	2000 2000	0 0

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

*Paratia di micropali con 1 file di tiranti - Paratia di pali*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1.30		
Ascissa sul profilo (quota testa paratia)	65.40	m	
Altezza totale paratia	9.70	m	
Altezza inefficace paratia (a partire dal piede)	0.00	m	
Diametro pali	0.24	m	
Interasse pali	0.60	m	
Altezza cordolo	2.60	m	
Larghezza cordolo	0.45	m	
Diametro tubolare	168.30	mm	
Spessore tubolare	10.00	mm	
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq	
Altezza di scavo	0.00	m	

Tiranti della paratia*Fila di tiranti n° 1 - Tiranti passivi*

Posizione rispetto alla testa (positiva verso il basso)	1.30	m	
Lunghezza totale tiranti	16.00	m	
Lunghezza fondazione tiranti	15.00	m	
Inclinazione tiranti	30.00		
Interasse tiranti	1.80	m	
Diametro tiranti	16.00	cm	
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq	
Resistenza trazione (per tirante)	24091	kg	
Resistenza taglio (per tirante)	0	kg	

Dati zona sismica

	<b>Simbolo</b>	<b>U.M.</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.295	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.132	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	$F_0$		2.392	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	$T_c^*$		0.290	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	$S_s$	B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	$S_t$	T2	1.200	1.200
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

## Fronti di scavo

	<b>Simbolo</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S)$	7.22	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.61	0.00

Dati normativa

## Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<b>Carichi</b>	<b>Effetto</b>	<b>Simbologia</b>	<b>A2 Statico</b>	<b>A2 Sismico</b>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_i$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 39.60$	$Y_0 = 26.40$
Passo maglia	[m]	$dX = 1.50$	$dY = 1.50$
Numero passi		$Nx = 26$	$$
Raggio	[m]	$R = 20.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 20

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- ascissa di intersezione a valle maggiore di	65.00	m
- ascissa di intersezione a monte minore di	66.00	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numeri di superficie analizzate	4243
Coefficiente di sicurezza minimo	1.568
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	4243	1.568	1	9.727	4243

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: Gle)  
 Caso caso di calcolo  
 Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)  
 La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	48.60	48.90	29.50	43.18	69.91	68.70	1.568 (J)	[A2M2]	--
2	C	50.10	48.90	29.00	44.60	70.71	66.79	1.661 (J)	[A2M2]	--
3	C	51.60	48.90	28.50	46.02	71.50	64.49	1.730 (J)	[A2M2]	--

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte  
 N° numero d'ordine della striscia  
 x<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espresso in m  
 x<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espresso in m  
 y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espresso in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 L sviluppo della base della striscia espresso in m(L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espresso in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numeri di strisce	24	
Coordinate del centro	X[m]= 48.60	Y[m]= 48.90
Raggio del cerchio	R[m]= 29.50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 43.18	Y <sub>v</sub> [m]= 19.90
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 69.91	Y <sub>m</sub> [m]= 28.50

**Geometria e caratteristiche strisce**

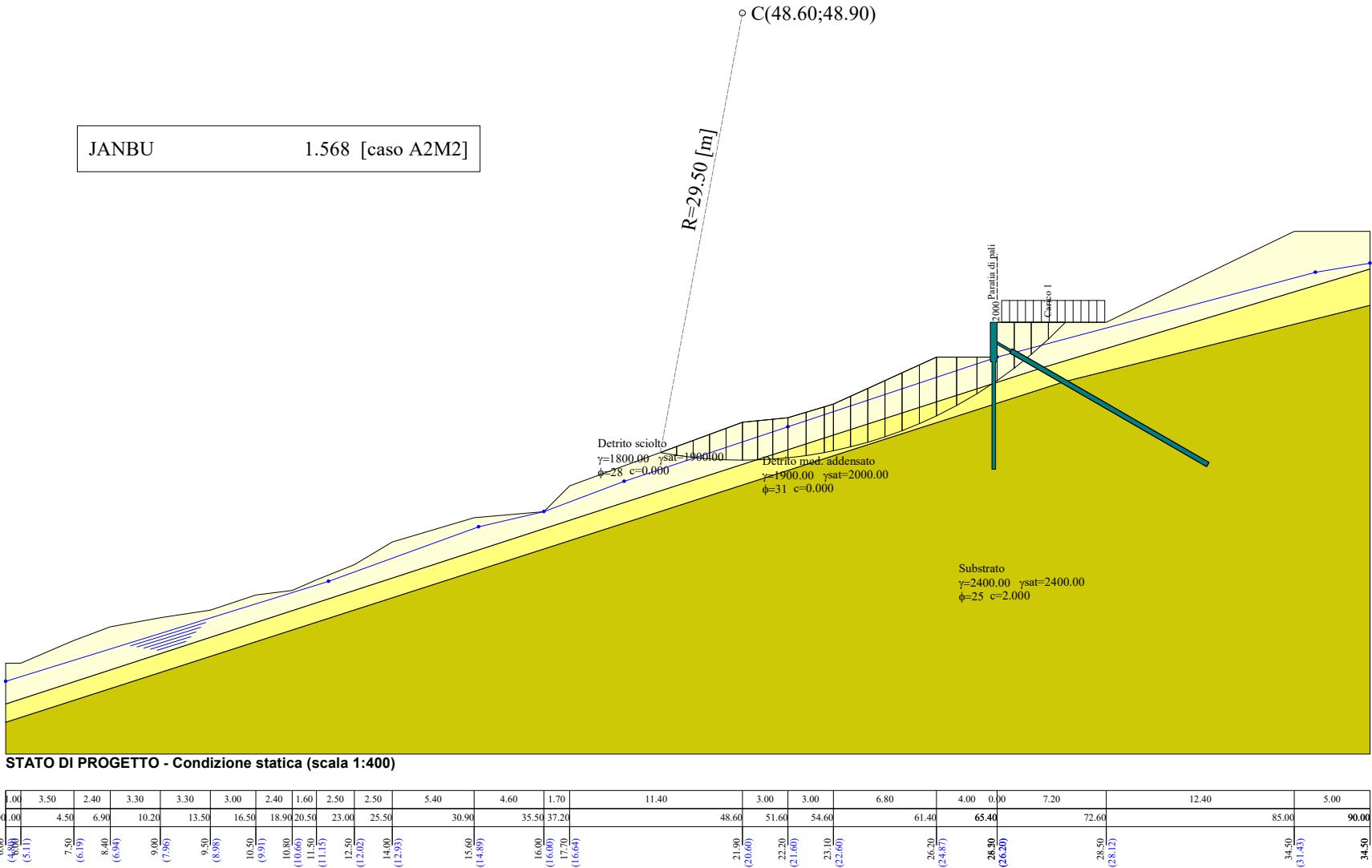
N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cmq]
1	43.18	19.90	19.90	44.26	20.30	19.72	43.90	19.98	1.10	-9.52	23.04	0.00
2	44.26	20.30	19.72	45.35	20.70	19.58	44.86	20.08	1.09	-7.39	23.04	0.00
3	45.35	20.70	19.58	46.43	21.10	19.48	45.92	20.22	1.09	-5.27	23.04	0.00
4	46.43	21.10	19.48	47.52	21.50	19.42	47.00	20.38	1.09	-3.16	23.04	0.00
5	47.52	21.50	19.42	48.60	21.90	19.40	48.07	20.56	1.08	-1.05	23.04	0.00
6	48.60	21.90	19.40	49.60	22.00	19.42	49.10	20.68	1.00	0.97	23.20	0.00
7	49.60	22.00	19.42	50.60	22.10	19.47	50.10	20.75	1.00	2.92	25.67	0.00
8	50.60	22.10	19.47	51.60	22.20	19.55	51.10	20.83	1.00	4.86	25.67	0.00
9	51.60	22.20	19.55	52.80	22.56	19.70	52.21	21.00	1.21	7.01	25.67	0.00
10	52.80	22.56	19.70	54.00	22.92	19.90	53.41	21.27	1.22	9.37	25.67	0.00
11	54.00	22.92	19.90	54.60	23.10	20.02	54.30	21.48	0.61	11.14	25.67	0.00
12	54.60	23.10	20.02	55.73	23.62	20.28	55.17	21.75	1.16	12.86	25.67	0.00
13	55.73	23.62	20.28	56.87	24.13	20.58	56.31	22.15	1.17	15.13	25.67	0.00
14	56.87	24.13	20.58	58.00	24.65	20.94	57.44	22.58	1.19	17.43	25.67	0.00
15	58.00	24.65	20.94	59.13	25.17	21.34	58.57	23.03	1.20	19.75	25.67	0.00
16	59.13	25.17	21.34	60.27	25.68	21.81	59.70	23.50	1.22	22.11	25.67	0.00
17	60.27	25.68	21.81	61.40	26.20	22.32	60.83	24.00	1.25	24.51	25.67	0.00
18	61.40	26.20	22.32	62.73	26.20	23.01	62.05	24.43	1.50	27.17	25.67	0.00
19	62.73	26.20	23.01	64.07	26.20	23.78	63.37	24.79	1.54	30.12	25.67	0.00
20	64.07	26.20	23.78	65.40	26.20	24.65	64.68	25.19	1.59	33.17	24.97	0.00
21	65.40	28.50	24.65	66.53	28.50	25.47	65.94	26.77	1.39	36.07	23.04	0.00
22	66.53	28.50	25.47	67.65	28.50	26.38	67.06	27.20	1.45	38.83	23.04	0.00
23	67.65	28.50	26.38	68.78	28.50	27.38	68.16	27.66	1.51	41.70	23.04	0.00
24	68.78	28.50	27.38	69.91	28.50	28.50	69.16	28.13	1.59	44.71	23.04	0.00

**Metodo di JANBU**Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 1.568**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	567	0	603	164	0	0	261	0	0	
2	1662	0	1737	471	0	261	952	0	0	
3	2695	0	2590	703	181	952	1906	0	0	
4	3679	0	3070	833	660	1906	2944	0	0	
5	4580	0	3503	950	1095	2944	3979	0	0	
6	4711	0	3337	912	1358	3979	4811	0	0	
7	4875	0	3172	972	1660	4811	5537	0	0	
8	4984	0	2994	918	1930	5537	6034	0	0	
9	6286	0	3571	1095	2628	6034	6364	0	0	
10	6743	0	3726	1142	2920	6364	6410	0	0	
11	3509	0	1906	584	1555	6410	6314	0	0	
12	6976	0	3816	1170	3072	6314	5921	0	0	
13	7473	0	4180	1282	3215	5921	5228	0	0	
14	7861	0	4498	1379	3308	5228	4206	0	0	
15	8135	0	4769	1462	3349	4206	2839	0	0	
16	8290	0	4992	1531	3334	2839	1123	0	0	
17	8321	0	5166	1584	3256	1123	-929	0	0	
18	8916	0	5519	1692	3635	-929	-3603	0	0	
19	7089	0	4156	1274	3300	-3603	-6243	0	0	
20	4904	0	2555	759	2807	-6243	-8542	0	0	
21	7122	1655	-4637	-1258	1797	-8542	8331	0	0	
22	5305	2255	7104	1927	1049	8331	4720	0	0	
23	3298	2255	5904	1602	105	4720	1919	0	0	
24	1132	2255	3757	1019	0	1919	0	0	0	

JANBU

1.568 [caso A2M2]



## STATO DI PROGETTO – CONDIZIONE SISMICA

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

<i>l</i>	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
<i>b</i>	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
<i>c</i>	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
<i>u</i>	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan(\phi_i) ]}{\sum_i [ W_i \tan(\alpha_i) ]}$$

dove il termine **N<sub>i</sub>** è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e  **$\alpha_i$**  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i<sub>esima</sub>** rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i<sub>esima</sub>**, **c<sub>i</sub>** e  **$\phi_i$**  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume satura del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espresso in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espresso in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cmq]
1	Detrito sciolto	1800	1900	28.00	0.000
2	Detrito med. addensato	1900	2000	31.00	0.000
3	Substrato	2400	2400	25.00	2.000

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espressa in m
Y	Ordinata del punto del profilo espressa in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	6.00
2	1.00	6.00
3	4.50	7.50
4	6.90	8.40
5	10.20	9.00
6	13.50	9.50
7	16.50	10.50
8	18.90	10.80
9	20.50	11.50
10	23.00	12.50
11	25.50	14.00
12	30.90	15.60
13	35.50	16.00
14	37.20	17.70
15	48.60	21.90
16	51.60	22.20
17	54.60	23.10
18	61.40	26.20
19	65.40	26.20
20	65.40	28.50
21	72.60	28.50
22	85.00	34.50
23	90.00	34.50

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	2.10
2	0.00	0.00
3	90.00	0.00
4	90.00	23.30
5	90.00	29.62
6	69.90	24.60
7	54.00	19.50

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Detrito sciolto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	90.00	32.01
2	90.00	34.50

n°	X [m]	Y [m]
3	85.00	34.50
4	72.60	28.50
5	65.40	28.50
6	65.40	26.20
7	61.40	26.20
8	54.60	23.10
9	51.60	22.20
10	48.60	21.90
11	37.20	17.70
12	35.50	16.00
13	30.90	15.60
14	25.50	14.00
15	23.00	12.50
16	20.50	11.50
17	18.90	10.80
18	16.50	10.50
19	13.50	9.50
20	10.20	9.00
21	6.90	8.40
22	4.50	7.50
23	1.00	6.00
24	0.00	6.00
25	0.00	3.30
26	40.50	16.50
27	68.40	25.50

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Detrito med. addensato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	90.00	29.62
2	90.00	32.01
3	68.40	25.50
4	40.50	16.50
5	0.00	3.30
6	0.00	2.10
7	54.00	19.50
8	69.90	24.60

## Descrizione falda

### *Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	4.80
2	21.30	11.40
3	31.20	15.00
4	35.50	16.00
5	40.80	18.00
6	51.60	21.60
7	65.40	26.20
8	86.40	31.80
9	90.00	32.40

## Carichi sul profilo

### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N°	Identificativo del sovraccarico agente
Descrizione	Descrizione carico
Tipo	Tipo carico
$\Psi_2$	Coefficiente sismico carico variabile
Carichi distribuiti	
$P_i, P_f$	Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]
$Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f$	Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

## *Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$ [m]	$P_f$ [m]	$Vy$ [kg/m]	$Vx$ [kg/m]
1	Carico 1	Permanente	--	65.70 28.50	72.50 28.50	2000 2000	0 0

Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

*Paratia di micropali con 1 file di tiranti - Paratia di pali*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1.30		
Ascissa sul profilo (quota testa paratia)	65.40	m	
Altezza totale paratia	9.70	m	
Altezza inefficace paratia (a partire dal piede)	0.00	m	
Diametro pali	0.24	m	
Interasse pali	0.60	m	
Altezza cordolo	2.60	m	
Larghezza cordolo	0.45	m	
Diametro tubolare	168.30	mm	
Spessore tubolare	10.00	mm	
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq	
Altezza di scavo	0.00	m	

Tiranti della paratia*Fila di tiranti n° 1 - Tiranti passivi*

Posizione rispetto alla testa (positiva verso il basso)	1.30	m	
Lunghezza totale tiranti	16.00	m	
Lunghezza fondazione tiranti	15.00	m	
Inclinazione tiranti	30.00		
Interasse tiranti	1.80	m	
Diametro tiranti	16.00	cm	
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq	
Resistenza trazione (per tirante)	24091	kg	
Resistenza taglio (per tirante)	0	kg	

Dati zona sismica

	<b>Simbolo</b>	<b>U.M.</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.295	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.132	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	$F_0$		2.392	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	$T_c^*$		0.290	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	$S_s$	B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	$S_t$	T2	1.200	1.200
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

## Fronti di scavo

	<b>Simbolo</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * S_t * S)$	7.22	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.61	0.00

Dati normativa

## Normativa :

**Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<b>Carichi</b>	<b>Effetto</b>	<b>Simbologia</b>	<b>A2 Statico</b>	<b>A2 Sismico</b>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_i$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

Impostazioni delle superfici di rottura*Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 39.60$	$Y_0 = 26.40$
Passo maglia	[m]	$dX = 1.50$	$dY = 1.50$
Numero passi		$Nx = 26$	$$
Raggio	[m]	$R = 20.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 20

Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- ascissa di intersezione a valle maggiore di	65.00	m
- ascissa di intersezione a monte minore di	66.00	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numeri di superficie analizzate	8591
Coefficiente di sicurezza minimo	1.356
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	8591	1.356	1	10.497	8591

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: Gle)  
 Caso caso di calcolo  
 Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)  
 La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	48.60	48.90	29.50	43.18	69.91	68.70	1.356 (J)	[A2M2]	[SLV] H +V
2	C	48.60	48.90	29.50	43.18	69.91	68.70	1.385 (J)	[A2M2]	[SLV] H -V
3	C	50.10	48.90	29.00	44.60	70.71	66.79	1.418 (J)	[A2M2]	[SLV] H +V

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte  
 N° numero d'ordine della striscia  
 x<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espresso in m  
 x<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espresso in m  
 y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espresso in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 L sviluppo della base della striscia espresso in m(L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espresso in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numeri di strisce	24	
Coordinate del centro	X[m]= 48.60	Y[m]= 48.90
Raggio del cerchio	R[m]= 29.50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 43.18	Y <sub>v</sub> [m]= 19.90
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 69.91	Y <sub>m</sub> [m]= 28.50

**Geometria e caratteristiche strisce**

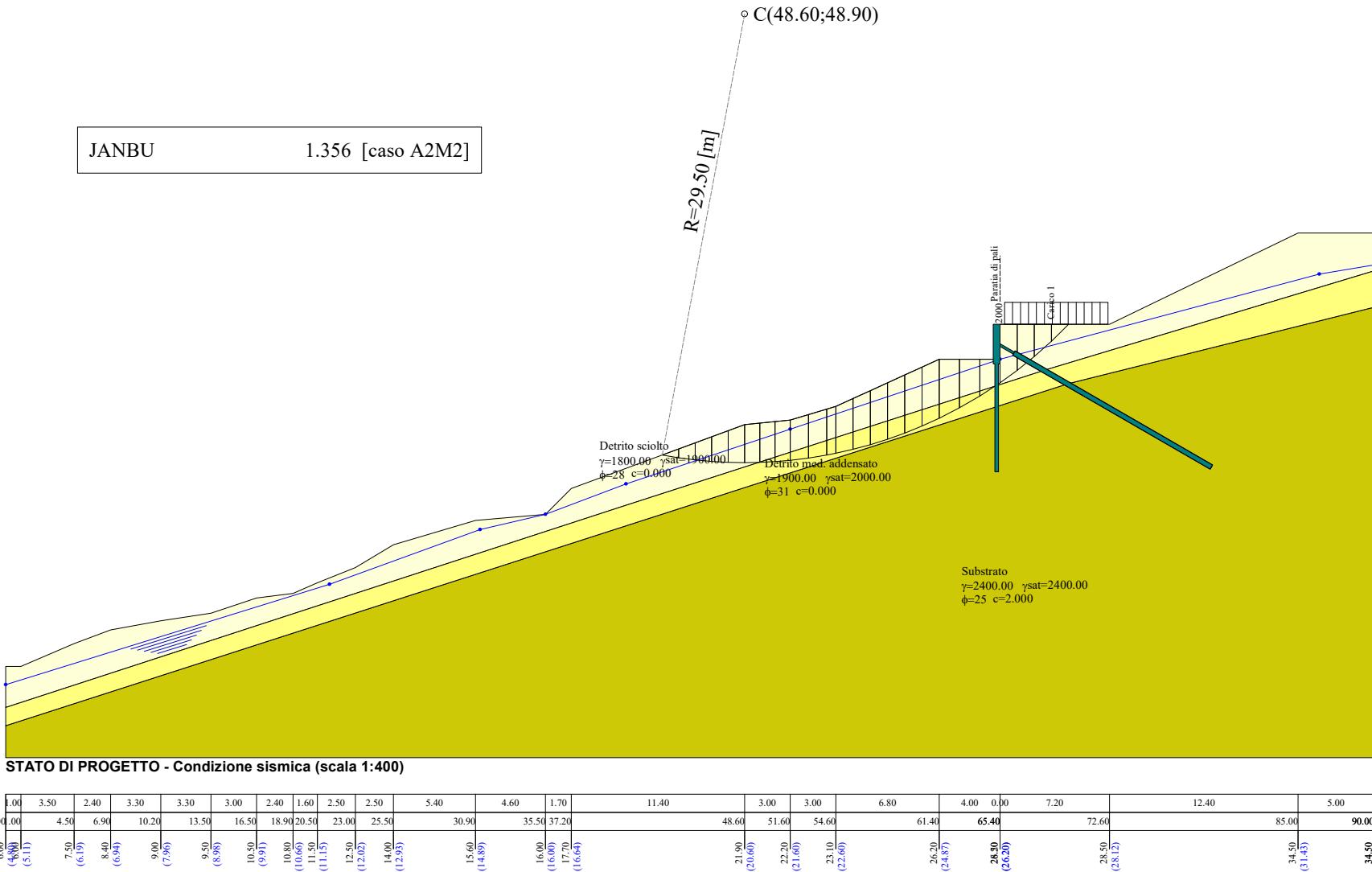
N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cmq]
1	43.18	19.90	19.90	44.26	20.30	19.72	43.90	19.98	1.10	-9.52	28.00	0.00
2	44.26	20.30	19.72	45.35	20.70	19.58	44.86	20.08	1.09	-7.39	28.00	0.00
3	45.35	20.70	19.58	46.43	21.10	19.48	45.92	20.22	1.09	-5.27	28.00	0.00
4	46.43	21.10	19.48	47.52	21.50	19.42	47.00	20.38	1.09	-3.16	28.00	0.00
5	47.52	21.50	19.42	48.60	21.90	19.40	48.07	20.56	1.08	-1.05	28.00	0.00
6	48.60	21.90	19.40	49.60	22.00	19.42	49.10	20.68	1.00	0.97	28.18	0.00
7	49.60	22.00	19.42	50.60	22.10	19.47	50.10	20.75	1.00	2.92	31.00	0.00
8	50.60	22.10	19.47	51.60	22.20	19.55	51.10	20.83	1.00	4.86	31.00	0.00
9	51.60	22.20	19.55	52.80	22.56	19.70	52.21	21.00	1.21	7.01	31.00	0.00
10	52.80	22.56	19.70	54.00	22.92	19.90	53.41	21.27	1.22	9.37	31.00	0.00
11	54.00	22.92	19.90	54.60	23.10	20.02	54.30	21.48	0.61	11.14	31.00	0.00
12	54.60	23.10	20.02	55.73	23.62	20.28	55.17	21.75	1.16	12.86	31.00	0.00
13	55.73	23.62	20.28	56.87	24.13	20.58	56.31	22.15	1.17	15.13	31.00	0.00
14	56.87	24.13	20.58	58.00	24.65	20.94	57.44	22.58	1.19	17.43	31.00	0.00
15	58.00	24.65	20.94	59.13	25.17	21.34	58.57	23.03	1.20	19.75	31.00	0.00
16	59.13	25.17	21.34	60.27	25.68	21.81	59.70	23.50	1.22	22.11	31.00	0.00
17	60.27	25.68	21.81	61.40	26.20	22.32	60.83	24.00	1.25	24.51	31.00	0.00
18	61.40	26.20	22.32	62.73	26.20	23.01	62.05	24.43	1.50	27.17	31.00	0.00
19	62.73	26.20	23.01	64.07	26.20	23.78	63.37	24.79	1.54	30.12	31.00	0.00
20	64.07	26.20	23.78	65.40	26.20	24.65	64.68	25.19	1.59	33.17	30.19	0.00
21	65.40	28.50	24.65	66.53	28.50	25.47	65.94	26.77	1.39	36.07	28.00	0.00
22	66.53	28.50	25.47	67.65	28.50	26.38	67.06	27.20	1.45	38.83	28.00	0.00
23	67.65	28.50	26.38	68.78	28.50	27.38	68.16	27.66	1.51	41.70	28.00	0.00
24	68.78	28.50	27.38	69.91	28.50	28.50	69.16	28.13	1.59	44.71	28.00	0.00

**Metodo di JANBU**Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 1.356**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	567	0	594	233	0	0	287	0	0	
2	1662	0	1702	668	0	287	1048	0	0	
3	2695	0	2519	988	181	1048	2085	0	0	
4	3679	0	2955	1159	660	2085	3176	0	0	
5	4580	0	3345	1312	1095	3176	4238	0	0	
6	4711	0	3162	1249	1358	4238	5070	0	0	
7	4875	0	2978	1320	1660	5070	5800	0	0	
8	4984	0	2787	1235	1930	5800	6271	0	0	
9	6286	0	3297	1461	2628	6271	6544	0	0	
10	6743	0	3418	1515	2920	6544	6520	0	0	
11	3509	0	1740	771	1555	6520	6387	0	0	
12	6976	0	3473	1539	3072	6387	5926	0	0	
13	7473	0	3793	1681	3215	5926	5180	0	0	
14	7861	0	4068	1803	3308	5180	4123	0	0	
15	8135	0	4298	1905	3349	4123	2744	0	0	
16	8290	0	4484	1987	3334	2744	1045	0	0	
17	8321	0	4624	2049	3256	1045	-960	0	0	
18	8916	0	4909	2176	3635	-960	-3570	0	0	
19	7089	0	3659	1622	3300	-3570	-6172	0	0	
20	4904	0	2217	952	2807	-6172	-8478	0	0	
21	7122	1655	-4624	-1814	1797	-8478	7304	0	0	
22	5305	2255	6312	2476	1049	7304	4071	0	0	
23	3298	2255	5234	2053	105	4071	1650	0	0	
24	1132	2255	3309	1298	0	1650	0	0	0	

JANBU

1.356 [caso A2M2]



## Sez\_C\_STATO ATTUALE – CONDIZIONE STATICÀ

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

<i>l</i>	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
<i>b</i>	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
<i>c</i>	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
<i>u</i>	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan(\phi_i) ]}{\sum_i [ W_i \tan(\alpha_i) ]}$$

dove il termine **N<sub>i</sub>** è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i<sub>esima</sub>** rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i<sub>esima</sub>**, **c<sub>i</sub>** e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume satturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espresso in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espresso in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cmq]
1	Detrito sciolto	1800	1900	28.00	0.000
2	Detrito med. addensato	1900	2000	31.00	0.000
3	Substrato	2400	2400	25.00	2.000

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espresso in m
Y	Ordinata del punto del profilo espresso in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	7.00
2	2.60	7.60
3	6.00	8.00
4	8.60	8.80
5	11.80	9.40
6	14.60	10.60
7	17.60	12.40
8	27.80	15.60
9	36.40	18.60
10	40.60	20.40
11	44.00	21.00
12	50.00	23.00
13	52.80	24.00
14	57.00	26.20
15	57.60	27.20
16	65.00	27.20
17	65.20	27.60
18	69.20	29.40
19	76.20	32.60

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	3.00
2	0.00	0.00
3	76.20	0.00
4	76.20	26.89
5	55.40	21.20
6	45.80	18.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Detrito sciolto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	76.20	28.90
2	76.20	32.60
3	69.20	29.40
4	65.20	27.60
5	65.00	27.20
6	57.60	27.20
7	57.00	26.20

n°	X [m]	Y [m]
8	52.80	24.00
9	50.00	23.00
10	44.00	21.00
11	40.60	20.40
12	36.40	18.60
13	27.80	15.60
14	17.60	12.40
15	14.60	10.60
16	11.80	9.40
17	8.60	8.80
18	6.00	8.00
19	2.60	7.60
20	0.00	7.00
21	0.00	4.40
22	53.20	21.60
23	65.80	25.80

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Detrito med. addensato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	76.20	26.89
2	76.20	28.90
3	65.80	25.80
4	53.20	21.60
5	0.00	4.40
6	0.00	3.00
7	45.80	18.00
8	55.40	21.20

### Descrizione falda

#### *Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	5.40
2	14.40	10.20
3	41.00	19.00
4	59.40	26.00
5	76.20	29.60

### Carichi sul profilo

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.  
*N°* Identificativo del sovraccarico agente  
*Descrizione* Descrizione carico  
*Tipo* Tipo carico  
 $\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile  
 Carichi distribuiti  
 $P_i, P_f$  Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]  
 $Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

#### *Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$ [m]	$P_f$ [m]	$Vy$ [kg/m]	$Vx$ [kg/m]
1	Carico 1	Permanente	--	59.00 27.20	64.80 27.20	2000 2000	0 0

### Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.295	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.132	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.392	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.290	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T2	1.200	1.200
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

**Fronti di scavo**

	<b>Simbolo</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_0/g * \beta_s * S_t * S)$	7.22	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.61	0.00

**Dati normativa****Normativa :****Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018****Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

<b>Carichi</b>	<b>Effetto</b>	<b>Simbologia</b>	<b>A2 Statico</b>	<b>A2 Sismico</b>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:**

<b>Parametri</b>	<b>Simbologia</b>	<b>M2 Statico</b>	<b>M2 Sismico</b>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\alpha}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	1.00	1.00

**Coefficiente di sicurezza richiesto**

<b>Tipo calcolo</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Statico</b>	<b>Sismico</b>
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

**Impostazioni delle superfici di rottura****Superfici di rottura circolari**

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 42.00$	$Y_0 = 15.60$
Passo maglia	[m]	$dX = 1.50$	$dY = 1.50$
Numero passi		$Nx = 26$	$$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 20**Opzioni di calcolo**

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

**Condizioni di esclusione**

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1.00 m
- freccia inferiore a 0.50 m

---

- ascissa di intersezione a valle minore di	50.00	m
- ascissa di intersezione a valle maggiore di	56.00	m
- ascissa di intersezione a monte minore di	59.00	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numeri di superfici analizzate	450
Coefficiente di sicurezza minimo	0.715
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	450	0.715	1	8.769	450

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: Gle)  
 Caso caso di calcolo  
 Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)  
 La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	52.50	33.60	10.50	50.71	60.82	14.46	0.715 (J)	[A2M2]	--
2	C	51.00	35.10	12.00	50.33	60.03	10.29	0.735 (J)	[A2M2]	--
3	C	51.00	33.60	10.50	50.34	59.32	8.43	0.736 (J)	[A2M2]	--

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte  
 N° numero d'ordine della striscia  
 x<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espresso in m  
 x<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espresso in m  
 y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espresso in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso ° (positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 L sviluppo della base della striscia espresso in m (L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espresso in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2**

Numeri di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 52.50	Y[m]= 33.60
Raggio del cerchio	R[m]= 10.50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	Xv[m]= 50.71	Yv[m]= 23.25
Intersezione a monte con il profilo topografico	Xm[m]= 60.82	Ym[m]= 27.20

**Geometria e caratteristiche strisce**

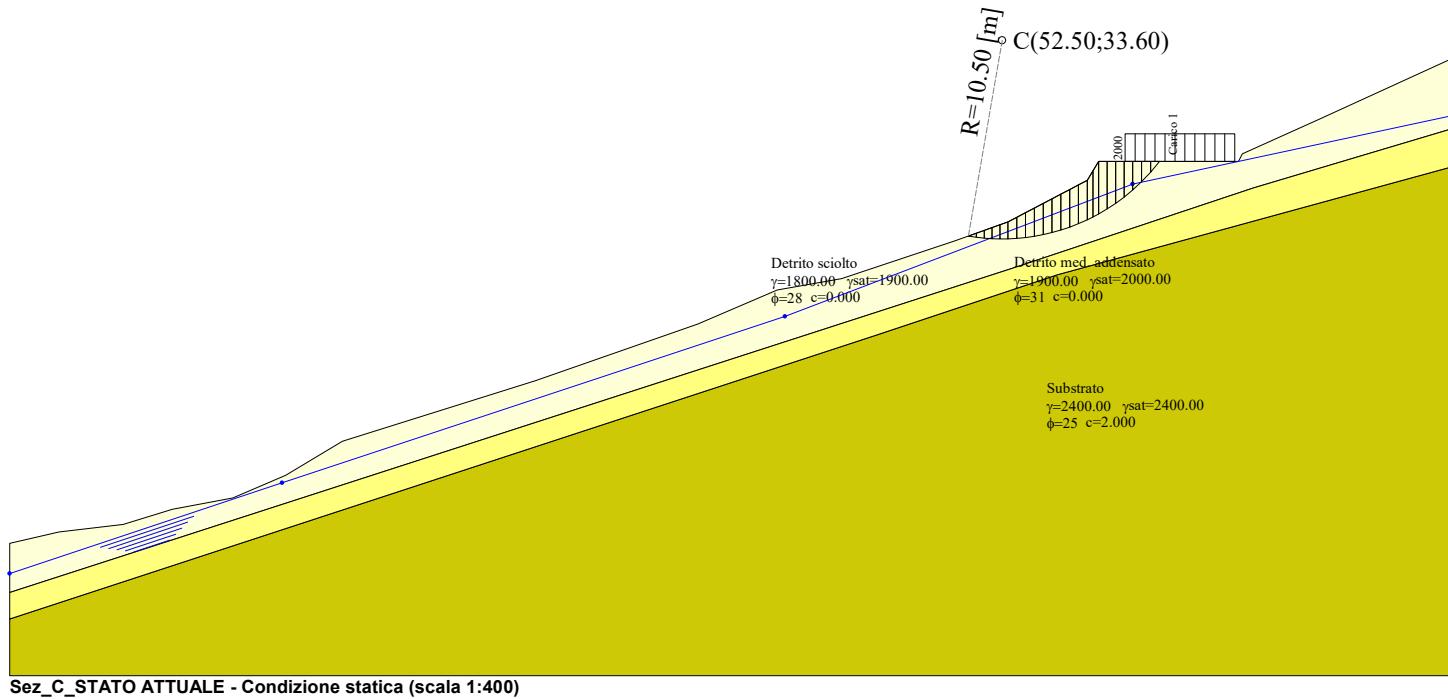
N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cmq]
1	50.71	23.25	23.25	51.13	23.40	23.19	50.99	23.28	0.42	-8.66	23.04	0.00
2	51.13	23.40	23.19	51.55	23.55	23.14	51.36	23.32	0.42	-6.36	23.04	0.00
3	51.55	23.55	23.14	51.96	23.70	23.11	51.77	23.38	0.42	-4.07	23.04	0.00
4	51.96	23.70	23.11	52.38	23.85	23.10	52.18	23.44	0.42	-1.78	23.04	0.00
5	52.38	23.85	23.10	52.80	24.00	23.10	52.60	23.52	0.42	0.50	23.04	0.00
6	52.80	24.00	23.10	53.27	24.24	23.13	53.04	23.62	0.47	2.91	23.04	0.00
7	53.27	24.24	23.13	53.73	24.49	23.17	53.51	23.76	0.47	5.47	23.04	0.00
8	53.73	24.49	23.17	54.20	24.73	23.24	53.97	23.91	0.47	8.03	23.04	0.00
9	54.20	24.73	23.24	54.67	24.98	23.33	54.44	24.07	0.47	10.61	23.04	0.00
10	54.67	24.98	23.33	55.13	25.22	23.44	54.90	24.24	0.48	13.22	23.04	0.00
11	55.13	25.22	23.44	55.60	25.47	23.57	55.37	24.42	0.49	15.85	23.04	0.00
12	55.60	25.47	23.57	56.07	25.71	23.72	55.84	24.62	0.49	18.51	23.04	0.00
13	56.07	25.71	23.72	56.53	25.96	23.91	56.30	24.82	0.50	21.22	23.04	0.00
14	56.53	25.96	23.91	57.00	26.20	24.11	56.77	25.04	0.51	23.98	23.04	0.00
15	57.00	26.20	24.11	57.30	26.70	24.26	57.15	25.32	0.33	26.29	23.04	0.00
16	57.30	26.70	24.26	57.60	27.20	24.42	57.45	25.65	0.34	28.13	23.04	0.00
17	57.60	27.20	24.42	58.05	27.20	24.69	57.82	25.88	0.52	30.48	23.04	0.00
18	58.05	27.20	24.69	58.50	27.20	24.98	58.27	26.02	0.54	33.38	23.04	0.00
19	58.50	27.20	24.98	58.95	27.20	25.31	58.72	26.17	0.56	36.37	23.04	0.00
20	58.95	27.20	25.31	59.40	27.20	25.69	59.17	26.35	0.58	39.49	23.04	0.00
21	59.40	27.20	25.69	59.87	27.20	26.13	59.62	26.55	0.65	42.85	23.04	0.00
22	59.87	27.20	26.13	60.35	27.20	26.63	60.09	26.78	0.69	46.50	23.04	0.00
23	60.35	27.20	26.63	60.82	27.20	27.20	60.51	27.01	0.74	50.41	23.04	0.00

**Metodo di JANBU**Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= **0.715****Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	80	0	89	53	0	0	66	0	0	0
2	234	0	252	150	0	66	243	0	0	0
3	375	0	393	234	0	243	503	0	0	0
4	509	0	458	272	60	503	792	0	0	0
5	632	0	501	298	128	792	1084	0	0	0
6	867	0	633	376	216	1084	1417	0	0	0
7	1050	0	730	434	284	1417	1752	0	0	0
8	1215	0	815	485	343	1752	2070	0	0	0
9	1360	0	891	530	393	2070	2355	0	0	0
10	1486	0	958	570	435	2355	2591	0	0	0
11	1593	0	1017	604	468	2591	2767	0	0	0
12	1678	0	1067	634	491	2767	2874	0	0	0
13	1742	0	1109	660	503	2874	2905	0	0	0
14	1784	0	1144	680	505	2905	2857	0	0	0
15	1251	0	831	494	320	2857	2790	0	0	0
16	1436	0	999	594	312	2790	2695	0	0	0
17	2181	0	1547	920	442	2695	2479	0	0	0
18	1949	0	1392	827	397	2479	2186	0	0	0
19	1688	0	1227	730	332	2186	1849	0	0	0
20	1396	800	1747	1039	242	1849	1386	0	0	0
21	1113	949	1752	1042	94	1386	894	0	0	0
22	704	949	1477	878	0	894	427	0	0	0
23	245	949	1090	648	0	427	0	0	0	0

JANBU

0.715 [caso A2M2]



2.60	3.40	2.60	3.20	2.80	3.00	10.20	8.60	4.20	3.40	6.00	2.80	4.20	0.60	7.40	0.20	4.00	7.00	
(5.40)	(6.27)	7.60	6.00	8.60	(8.27)	11.80	14.60	17.60	27.80	36.40	40.60	44.00	50.00	57500.0	66500.0	69.20	76.20	
7.40	(7.40)	8.90	(8.27)	9.40	(9.33)	10.60	(10.27)	12.40	(11.26)	15.60	(14.63)	18.60	(17.48)	20.40	(18.87)	21.00	(20.14)	23.00
(5.40)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	
7.40	(7.40)	8.90	(8.27)	9.40	(9.33)	10.60	(10.27)	12.40	(11.26)	15.60	(14.63)	18.60	(17.48)	20.40	(18.87)	21.00	(20.14)	23.00
2.60	3.40	2.60	3.20	2.80	3.00	10.20	8.60	4.20	3.40	6.00	2.80	4.20	0.60	7.40	0.20	4.00	7.00	
(5.40)	(6.27)	7.60	6.00	8.60	(8.27)	11.80	14.60	17.60	27.80	36.40	40.60	44.00	50.00	57500.0	66500.0	69.20	76.20	
7.40	(7.40)	8.90	(8.27)	9.40	(9.33)	10.60	(10.27)	12.40	(11.26)	15.60	(14.63)	18.60	(17.48)	20.40	(18.87)	21.00	(20.14)	23.00

## Sez\_C\_STATO ATTUALE – CONDIZIONE SISMICA

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

<i>l</i>	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
<i>b</i>	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
<i>c</i>	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
<i>u</i>	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
<b>E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub></b>	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub></b>	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
<b>E<sub>a</sub>, E<sub>b</sub></b>	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan(\phi_i) ]}{\sum_i [ W_i \tan(\alpha_i) ]}$$

dove il termine **N<sub>i</sub>** è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin \alpha_i / \eta + u_i l_i \tan \phi \sin \alpha_i / F ] / m$$

dove il termine **m** è espresso da

$$m = \cos \alpha + (\sin \alpha \tan \phi) / F$$

In questa espressione **n** è il numero delle strisce considerate, **b<sub>i</sub>** e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia **i** rispetto all'orizzontale, **W<sub>i</sub>** è il peso della striscia **i**, **c<sub>i</sub>** e  $\phi_i$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed **u<sub>i</sub>** è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine **m** che è funzione di **F**. Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per **F** da inserire nell'espressione di **m** ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume satturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione 'efficace' del terreno espresso in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
$c_u$	Coesione 'totale' del terreno espresso in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kg/cmq]
1	Detrito sciolto	1800	1900	28.00	0.000
2	Detrito med. addensato	1900	2000	31.00	0.000
3	Substrato	2400	2400	25.00	2.000

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espresso in m
Y	Ordinata del punto del profilo espresso in m

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	7.00
2	2.60	7.60
3	6.00	8.00
4	8.60	8.80
5	11.80	9.40
6	14.60	10.60
7	17.60	12.40
8	27.80	15.60
9	36.40	18.60
10	40.60	20.40
11	44.00	21.00
12	50.00	23.00
13	52.80	24.00
14	57.00	26.20
15	57.60	27.20
16	65.00	27.20
17	65.20	27.60
18	69.20	29.40
19	76.20	32.60

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	3.00
2	0.00	0.00
3	76.20	0.00
4	76.20	26.89
5	55.40	21.20
6	45.80	18.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Detrito sciolto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	76.20	28.90
2	76.20	32.60
3	69.20	29.40
4	65.20	27.60
5	65.00	27.20
6	57.60	27.20
7	57.00	26.20

n°	X [m]	Y [m]
8	52.80	24.00
9	50.00	23.00
10	44.00	21.00
11	40.60	20.40
12	36.40	18.60
13	27.80	15.60
14	17.60	12.40
15	14.60	10.60
16	11.80	9.40
17	8.60	8.80
18	6.00	8.00
19	2.60	7.60
20	0.00	7.00
21	0.00	4.40
22	53.20	21.60
23	65.80	25.80

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Detrito med. addensato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	76.20	26.89
2	76.20	28.90
3	65.80	25.80
4	53.20	21.60
5	0.00	4.40
6	0.00	3.00
7	45.80	18.00
8	55.40	21.20

### Descrizione falda

#### *Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	5.40
2	14.40	10.20
3	41.00	19.00
4	59.40	26.00
5	76.20	29.60

### Carichi sul profilo

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.  
*N°* Identificativo del sovraccarico agente  
*Descrizione* Descrizione carico  
*Tipo* Tipo carico  
 $\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile  
 Carichi distribuiti  
 $P_i, P_f$  Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]  
 $Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

#### *Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$ [m]	$P_f$ [m]	$Vy$ [kg/m]	$Vx$ [kg/m]
1	Carico 1	Permanente	--	59.00 27.20	64.80 27.20	2000 2000	0 0

### Dati zona sismica

	Simbolo	U.M.	SLV	SLD
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.295	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.132	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.392	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.290	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T2	1.200	1.200
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

**Fronti di scavo**

	<b>Simbolo</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_0/g * \beta_s * S_t * S)$	7.22	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.61	0.00

**Dati normativa****Normativa :****Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018****Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

<b>Carichi</b>	<b>Effetto</b>	<b>Simbologia</b>	<b>A2 Statico</b>	<b>A2 Sismico</b>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:**

<b>Parametri</b>	<b>Simbologia</b>	<b>M2 Statico</b>	<b>M2 Sismico</b>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\alpha}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_y$	1.00	1.00

**Coefficiente di sicurezza richiesto**

<b>Tipo calcolo</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Statico</b>	<b>Sismico</b>
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

**Impostazioni delle superfici di rottura****Superfici di rottura circolari**

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 42.00$	$Y_0 = 15.60$
Passo maglia	[m]	$dX = 1.50$	$dY = 1.50$
Numero passi		$Nx = 26$	$$
Raggio	[m]	$R = 10.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=0.50$  [m] ed un numero di incrementi pari a 20**Opzioni di calcolo**

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

**Condizioni di esclusione**

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a 1.00 m

---

- freccia inferiore a	0.50	m
- ascissa di intersezione a valle minore di	50.00	m
- ascissa di intersezione a valle maggiore di	56.00	m
- ascissa di intersezione a monte minore di	59.00	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numeri di superfici analizzate	900
Coefficiente di sicurezza minimo	0.737
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	900	0.737	1	7.781	900

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: Gle)  
 Caso caso di calcolo  
 Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)  
 La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	52.50	33.60	10.50	50.71	60.82	14.46	0.737 (J)	[A2M2]	[SLV] H +V
2	C	52.50	33.60	10.50	50.71	60.82	14.46	0.762 (J)	[A2M2]	[SLV] H -V
3	C	51.00	35.10	12.00	50.33	60.03	10.29	0.766 (J)	[A2M2]	[SLV] H +V

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte  
 N° numero d'ordine della striscia  
 x<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espresso in m  
 x<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espresso in m  
 y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espresso in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 L sviluppo della base della striscia espresso in m(L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espresso in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

**Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto**

Numeri di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 52.50	Y[m]= 33.60
Raggio del cerchio	R[m]= 10.50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	Xv[m]= 50.71	Yv[m]= 23.25
Intersezione a monte con il profilo topografico	Xm[m]= 60.82	Ym[m]= 27.20

**Geometria e caratteristiche strisce**

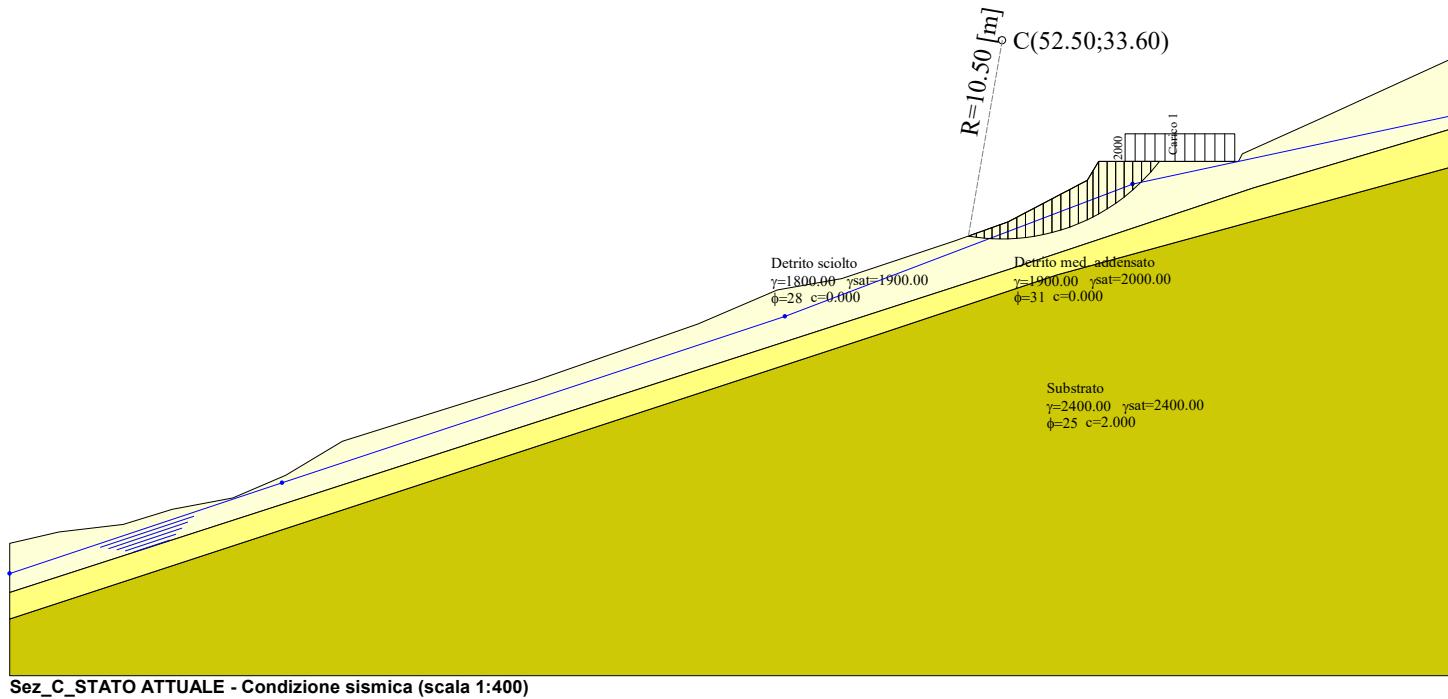
N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	50.71	23.25	23.25	51.13	23.40	23.19	50.99	23.28	0.42	-8.66	28.00	0.00
2	51.13	23.40	23.19	51.55	23.55	23.14	51.36	23.32	0.42	-6.36	28.00	0.00
3	51.55	23.55	23.14	51.96	23.70	23.11	51.77	23.38	0.42	-4.07	28.00	0.00
4	51.96	23.70	23.11	52.38	23.85	23.10	52.18	23.44	0.42	-1.78	28.00	0.00
5	52.38	23.85	23.10	52.80	24.00	23.10	52.60	23.52	0.42	0.50	28.00	0.00
6	52.80	24.00	23.10	53.27	24.24	23.13	53.04	23.62	0.47	2.91	28.00	0.00
7	53.27	24.24	23.13	53.73	24.49	23.17	53.51	23.76	0.47	5.47	28.00	0.00
8	53.73	24.49	23.17	54.20	24.73	23.24	53.97	23.91	0.47	8.03	28.00	0.00
9	54.20	24.73	23.24	54.67	24.98	23.33	54.44	24.07	0.47	10.61	28.00	0.00
10	54.67	24.98	23.33	55.13	25.22	23.44	54.90	24.24	0.48	13.22	28.00	0.00
11	55.13	25.22	23.44	55.60	25.47	23.57	55.37	24.42	0.49	15.85	28.00	0.00
12	55.60	25.47	23.57	56.07	25.71	23.72	55.84	24.62	0.49	18.51	28.00	0.00
13	56.07	25.71	23.72	56.53	25.96	23.91	56.30	24.82	0.50	21.22	28.00	0.00
14	56.53	25.96	23.91	57.00	26.20	24.11	56.77	25.04	0.51	23.98	28.00	0.00
15	57.00	26.20	24.11	57.30	26.70	24.26	57.15	25.32	0.33	26.29	28.00	0.00
16	57.30	26.70	24.26	57.60	27.20	24.42	57.45	25.65	0.34	28.13	28.00	0.00
17	57.60	27.20	24.42	58.05	27.20	24.69	57.82	25.88	0.52	30.48	28.00	0.00
18	58.05	27.20	24.69	58.50	27.20	24.98	58.27	26.02	0.54	33.38	28.00	0.00
19	58.50	27.20	24.98	58.95	27.20	25.31	58.72	26.17	0.56	36.37	28.00	0.00
20	58.95	27.20	25.31	59.40	27.20	25.69	59.17	26.35	0.58	39.49	28.00	0.00
21	59.40	27.20	25.69	59.87	27.20	26.13	59.62	26.55	0.65	42.85	28.00	0.00
22	59.87	27.20	26.13	60.35	27.20	26.63	60.09	26.78	0.69	46.50	28.00	0.00
23	60.35	27.20	26.63	60.82	27.20	27.20	60.51	27.01	0.74	50.41	28.00	0.00

**Metodo di JANBU**Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= **0.737****Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	80	0	88	63	0	0	70	0	0	0
2	234	0	247	178	0	70	257	0	0	0
3	375	0	382	276	0	257	532	0	0	0
4	509	0	441	318	60	532	829	0	0	0
5	632	0	478	345	128	829	1123	0	0	0
6	867	0	599	432	216	1123	1450	0	0	0
7	1050	0	686	495	284	1450	1774	0	0	0
8	1215	0	762	550	343	1774	2076	0	0	0
9	1360	0	829	598	393	2076	2340	0	0	0
10	1486	0	887	640	435	2340	2553	0	0	0
11	1593	0	937	676	468	2553	2704	0	0	0
12	1678	0	979	706	491	2704	2786	0	0	0
13	1742	0	1014	731	503	2786	2793	0	0	0
14	1784	0	1042	752	505	2793	2722	0	0	0
15	1251	0	755	545	320	2722	2643	0	0	0
16	1436	0	908	655	312	2643	2542	0	0	0
17	2181	0	1402	1011	442	2542	2320	0	0	0
18	1949	0	1256	906	397	2320	2026	0	0	0
19	1688	0	1103	795	332	2026	1694	0	0	0
20	1396	800	1568	1131	242	1694	1257	0	0	0
21	1113	949	1568	1131	94	1257	807	0	0	0
22	704	949	1316	949	0	807	386	0	0	0
23	245	949	965	696	0	386	0	0	0	0

JANBU

0.737 [caso A2M2]



2.60	3.40	2.60	3.20	2.80	3.00	10.20	8.60	4.20	3.40	6.00	2.80	4.20	0.60	7.40	0.20	4.00	7.00	
(5.40)	(6.27)	7.60	6.00	8.60	(8.27)	11.80	14.60	17.60	27.80	36.40	40.60	44.00	50.00	57500.0	66500.0	69.20	76.20	
7.40	(7.40)	8.90	(8.27)	9.40	(9.33)	10.60	(10.27)	12.40	(11.26)	15.60	(14.63)	18.60	(17.48)	20.40	(18.87)	21.00	(20.14)	23.00
(5.40)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	(6.27)	
7.40	(7.40)	8.90	(8.27)	9.40	(9.33)	10.60	(10.27)	12.40	(11.26)	15.60	(14.63)	18.60	(17.48)	20.40	(18.87)	21.00	(20.14)	23.00
7.40	(7.40)	8.90	(8.27)	9.40	(9.33)	10.60	(10.27)	12.40	(11.26)	15.60	(14.63)	18.60	(17.48)	20.40	(18.87)	21.00	(20.14)	23.00

## Sez. C – STATO DI PROGETTO – CONDIZIONE STATICÀ

### Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

<i>l</i>	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
<i>b</i>	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
<i>c</i>	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
<i>u</i>	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan(\phi) ]}{\sum_i [ W_i \tan(\alpha_i) ]}$$

dove il termine  $N_i$  è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin(\alpha_i) / \eta + u_i l_i \tan(\phi) \sin(\alpha_i) / F ] / m$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \cos(\alpha) + (\sin(\alpha) \tan(\phi)) / F$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$ esima rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ esima,  $c_i$  e  $\phi$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $F$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume satura del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espresso in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c <sub>u</sub>	Coesione 'totale' del terreno espresso in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cmq]
1	Detrito sciolto	1800	1900	28.00	0.000
2	Detrito med. addensato	1900	2000	31.00	0.000
3	Substrato	2400	2400	25.00	2.000

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espresso in m
Y	Ordinata del punto del profilo espresso in m

n°	x [m]	y [m]
1	0.00	7.00
2	2.60	7.60
3	6.00	8.00
4	8.60	8.80
5	11.80	9.40
6	14.60	10.60
7	17.60	12.40
8	27.80	15.60
9	36.40	18.60
10	40.60	20.40
11	44.00	21.00
12	50.00	23.00
13	52.80	24.00
14	57.60	27.20
15	65.00	27.20
16	65.20	27.60
17	69.20	29.40
18	76.20	32.60

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	x [m]	y [m]
1	0.00	3.00
2	0.00	0.00
3	76.20	0.00
4	76.20	26.89
5	55.40	21.20
6	45.80	18.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Detrito sciolto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	x [m]	y [m]
1	76.20	28.90
2	76.20	32.60
3	69.20	29.40
4	65.20	27.60
5	65.00	27.20
6	57.60	27.20
7	52.80	24.00
8	50.00	23.00

n°	X [m]	Y [m]
9	44.00	21.00
10	40.60	20.40
11	36.40	18.60
12	27.80	15.60
13	17.60	12.40
14	14.60	10.60
15	11.80	9.40
16	8.60	8.80
17	6.00	8.00
18	2.60	7.60
19	0.00	7.00
20	0.00	4.40
21	53.20	21.60
22	65.80	25.80

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Detrito med. addensato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	76.20	26.89
2	76.20	28.90
3	65.80	25.80
4	53.20	21.60
5	0.00	4.40
6	0.00	3.00
7	45.80	18.00
8	55.40	21.20

### Descrizione falda

#### *Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	5.40
2	14.40	10.20
3	41.00	19.00
4	57.40	25.00
5	57.80	25.60
6	76.20	29.60

### Carichi sul profilo

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile

Carichi distribuiti

$P_i, P_f$  Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]

$Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### *Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$ [m]	$P_f$ [m]	$Vy$ [kg/m]	$Vx$ [kg/m]
1	Carico 1	Permanente	--	58.00 27.20	64.80 27.20	2000 2000	0 0

### Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

#### *Paratia di micropali con 1 file di tiranti - Paratia di pali*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1.30
Ascissa sul profilo (quota testa paratia)	57.80 m
Altezza totale paratia	9.70 m
Altezza inefficace paratia (a partire dal piede)	0.00 m

Diametro pali	0.24	m
Interasse pali	0.60	m
Altezza cordolo	1.10	m
Larghezza cordolo	0.45	m
Diametro tubolare	168.30	mm
Spessore tubolare	10.00	mm
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq
Altezza di scavo	0.00	m

**Tiranti della paratia***Fila di tiranti n° 1 - Tiranti passivi*

Posizione rispetto alla testa (positiva verso il basso)	0.40	m
Lunghezza totale tiranti	16.00	m
Lunghezza fondazione tiranti	15.00	m
Inclinazione tiranti	30.00	
Interasse tiranti	3.00	m
Diametro tiranti	16.00	cm
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq
Resistenza trazione (per tirante)	26908	kg
Resistenza taglio (per tirante)	0	kg

**Dati zona sismica**

	<b>Simbolo</b>	<b>U.M.</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.295	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.132	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.392	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.290	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T2	1.200	1.200
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

**Fronti di scavo**

	<b>Simbolo</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S)$	7.22	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.61	0.00

**Dati normativa****Normativa :****Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018****Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

<b>Carichi</b>	<b>Effetto</b>	<b>Simbologia</b>	<b>A2 Statico</b>	<b>A2 Sismico</b>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:**

<b>Parametri</b>	<b>Simbologia</b>	<b>M2 Statico</b>	<b>M2 Sismico</b>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_i$	1.00	1.00

**Coefficiente di sicurezza richiesto**

<b>Tipo calcolo</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Statico</b>	<b>Sismico</b>
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

## Impostazioni delle superfici di rottura

### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	X <sub>0</sub> = 42.00	Y <sub>0</sub> = 15.60
Passo maglia	[m]	dX = 1.50	dY = 1.50
Numero passi		Nx = 26	
Raggio	[m]	R = 10.00	

Si utilizza un raggio variabile con passo dR=0.50 [m] ed un numero di incrementi pari a 20

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate in condizioni **statiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- ascissa di intersezione a valle minore di	50.00	m
- ascissa di intersezione a valle maggiore di	56.00	m
- ascissa di intersezione a monte minore di	59.00	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numeri di superficie analizzate	316
Coefficiente di sicurezza minimo	2.190
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	316	2.190	1	13.073	316

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: Gle)  
 Caso caso di calcolo  
 Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)  
 La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	58.50	42.60	19.50	52.73	74.86	63.07	2.190 (J)	[A2M2]	--
2	C	57.00	41.10	18.50	51.35	72.41	59.31	2.299 (J)	[A2M2]	--
3	C	60.00	42.60	19.00	53.77	76.14	62.29	2.337 (J)	[A2M2]	--

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte  
 N° numero d'ordine della striscia  
 x<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espresso in m  
 x<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espresso in m  
 y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espresso in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 L sviluppo della base della striscia espresso in m(L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espresso in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numeri di strisce	26	
Coordinate del centro	X[m]= 58.50	Y[m]= 42.60
Raggio del cerchio	R[m]= 19.50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 52.73	Y <sub>v</sub> [m]= 23.97
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 74.86	Y <sub>m</sub> [m]= 31.99

**Geometria e caratteristiche strisce**

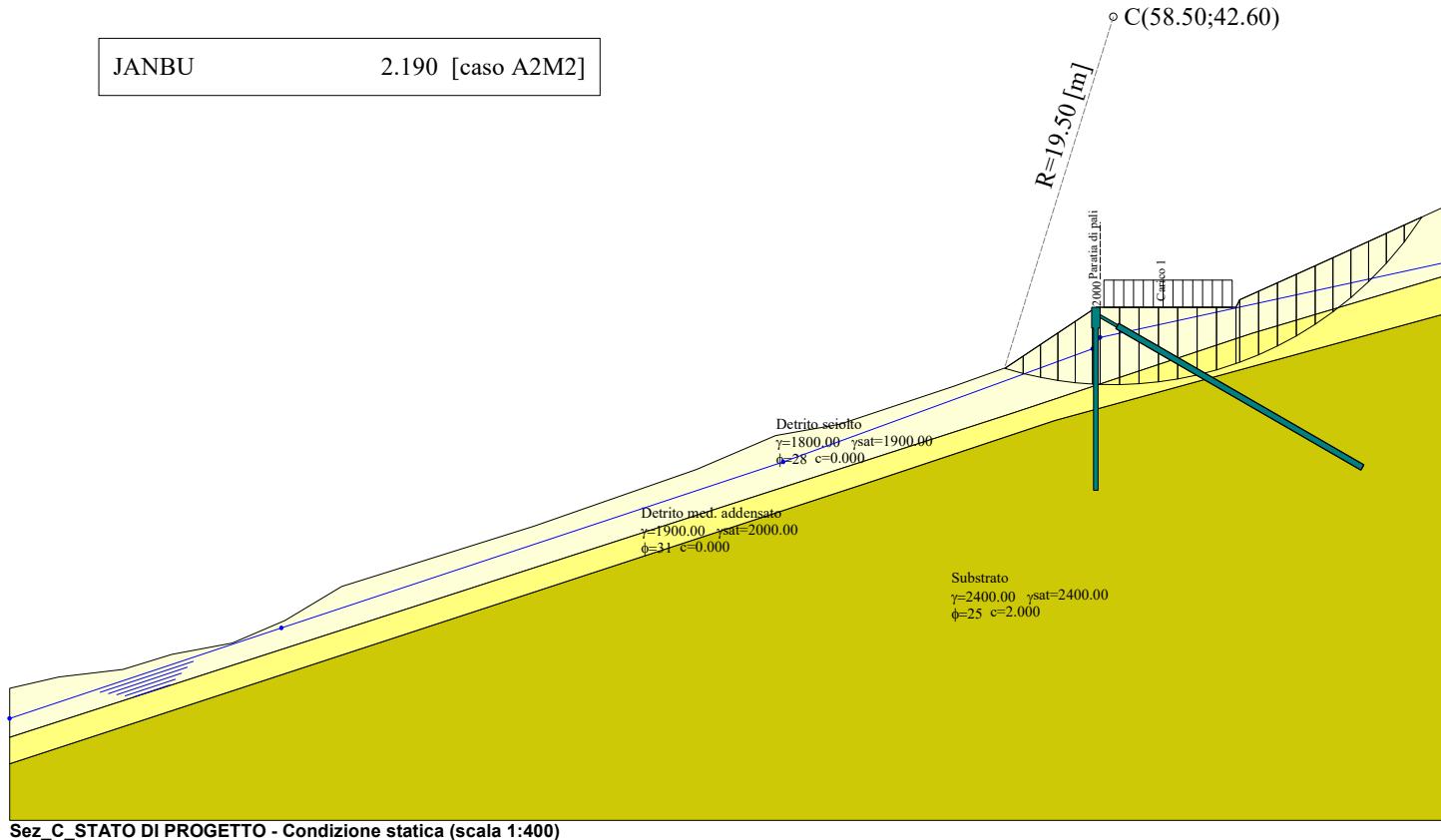
N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cmq]
1	52.73	23.97	23.97	52.80	24.00	23.95	52.78	23.98	0.08	-17.11	23.04	0.00
2	52.80	24.00	23.95	53.72	24.61	23.69	53.40	24.09	0.96	-15.59	23.04	0.00
3	53.72	24.61	23.69	54.64	25.23	23.49	54.23	24.27	0.94	-12.80	23.04	0.00
4	54.64	25.23	23.49	55.56	25.84	23.32	55.13	24.48	0.93	-10.04	23.04	0.00
5	55.56	25.84	23.32	56.48	26.45	23.20	56.04	24.71	0.93	-7.31	23.04	0.00
6	56.48	26.45	23.20	57.40	27.07	23.13	56.95	24.97	0.92	-4.59	23.04	0.00
7	57.40	27.07	23.13	57.60	27.20	23.12	57.50	25.13	0.20	-2.94	23.04	0.00
8	57.60	27.20	23.12	57.80	27.20	23.11	57.70	25.16	0.20	-2.35	23.77	0.00
9	57.80	27.20	23.11	58.83	27.20	23.10	58.31	25.15	1.03	-0.55	25.67	0.00
10	58.83	27.20	23.10	59.86	27.20	23.15	59.34	25.16	1.03	2.48	25.67	0.00
11	59.86	27.20	23.15	60.89	27.20	23.25	60.37	25.20	1.03	5.51	25.67	0.00
12	60.89	27.20	23.25	61.91	27.20	23.40	61.40	25.26	1.04	8.56	25.67	0.00
13	61.91	27.20	23.40	62.94	27.20	23.61	62.42	25.35	1.05	11.63	25.67	0.00
14	62.94	27.20	23.61	63.97	27.20	23.88	63.45	25.47	1.06	14.73	25.67	0.00
15	63.97	27.20	23.88	65.00	27.20	24.22	64.48	25.62	1.08	17.88	25.67	0.00
16	65.00	27.20	24.22	65.20	27.60	24.29	65.10	25.83	0.21	19.78	25.67	0.00
17	65.20	27.60	24.29	66.20	28.05	24.68	65.70	26.16	1.08	21.68	25.67	0.00
18	66.20	28.05	24.68	67.20	28.50	25.15	66.70	26.60	1.10	24.88	25.67	0.00
19	67.20	28.50	25.15	68.20	28.95	25.68	67.70	27.07	1.13	28.16	25.67	0.00
20	68.20	28.95	25.68	69.20	29.40	26.30	68.70	27.58	1.17	31.55	25.67	0.00
21	69.20	29.40	26.30	70.14	29.83	26.96	69.67	28.12	1.15	34.97	25.67	0.00
22	70.14	29.83	26.96	71.09	30.26	27.71	70.61	28.68	1.20	38.43	23.82	0.00
23	71.09	30.26	27.71	72.03	30.69	28.56	71.54	29.30	1.27	42.07	23.04	0.00
24	72.03	30.69	28.56	72.97	31.12	29.53	72.48	29.96	1.36	45.93	23.04	0.00
25	72.97	31.12	29.53	73.92	31.56	30.66	73.40	30.68	1.47	50.08	23.04	0.00
26	73.92	31.56	30.66	74.86	31.99	31.99	74.23	31.40	1.63	54.63	23.04	0.00

**Metodo di JANBU**Coefficiente di sicurezza F<sub>S</sub>= 2.190**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	3	0	4	1	0	0	2	0	0	0
2	800	0	879	171	0	2	402	0	0	0
3	2223	0	2157	419	218	402	1337	0	0	0
4	3595	0	3051	593	705	1337	2576	0	0	0
5	4887	0	3882	754	1142	2576	3963	0	0	0
6	6101	0	4658	905	1536	3963	5360	0	0	0
7	1483	0	1091	212	405	5360	5649	0	0	0
8	1517	0	1060	213	467	5649	5924	0	0	0
9	7865	1657	7006	1538	2679	5924	23052	0	0	0
10	7887	2057	6994	1535	2893	23052	24159	0	0	0
11	7798	2057	6698	1470	3061	24159	24685	0	0	0
12	7595	2057	6369	1398	3182	24685	24647	0	0	0
13	7276	2057	6003	1318	3254	24647	24072	0	0	0
14	6839	2057	5598	1229	3278	24072	23003	0	0	0
15	6277	1657	4754	1044	3247	23003	21540	0	0	0
16	1219	0	622	137	624	21540	21246	0	0	0
17	6421	0	3553	780	3047	21246	19533	0	0	0
18	6422	0	3806	835	2886	19533	17476	0	0	0
19	6285	0	4008	880	2650	17476	15109	0	0	0
20	5997	0	4155	912	2322	15109	12497	0	0	0
21	5250	0	4004	879	1788	12497	9898	0	0	0
22	4711	0	4090	825	1269	9898	7212	0	0	0
23	4027	0	4119	800	584	7212	4656	0	0	0
24	3167	0	3792	737	0	4656	2444	0	0	0
25	2114	0	2674	519	0	2444	726	0	0	0
26	762	0	1033	201	0	726	0	0	0	0

JANBU

2.190 [caso A2M2]



0.00	2.60	3.40	2.60	3.20	2.80	3.00	10.20	8.60	4.20	3.40	6.00	2.80	4.80	7.40	0.10	4.00	7.00	
7.00	(5.40)	2.60	6.00	8.60	11.80	14.60	17.60	27.80	36.40	40.60	44.00	50.00	52.80	57.60	665.00	69.20	76.20	
	7.69	(6.27)	8.00	(7.40)	8.80	(8.27)	9.40	(9.35)	10.60	(10.27)	12.40	(11.26)	15.60	(14.63)	18.60	(17.48)	20.40	(18.87)
															21.00	(20.16)	23.00	(22.29)
															24.00	(23.32)	27.20	(25.50)
															29.40	(28.08)	32.60	

## Sez. C – STATO DI PROGETTO – CONDIZIONE SISMICA

### Normative di riferimento

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).

- Circolare nr. 7 del 21/01/2019

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

### Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a  $\gamma_R$ .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

<i>l</i>	lunghezza della base della striscia
$\alpha$	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
<i>b</i>	larghezza della striscia $b=l \times \cos(\alpha)$
$\phi$	angolo di attrito lungo la base della striscia
<i>c</i>	coesione lungo la base della striscia
$\gamma$	peso di volume del terreno
<i>u</i>	pressione neutra
<b>W</b>	peso della striscia
<b>N</b>	sforzo normale alla base della striscia
<b>T</b>	sforzo di taglio alla base della striscia
$E_s, E_d$	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
$X_s, X_d$	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
$E_a, E_b$	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
$\Delta X$	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $\Delta X = X_d - X_s$
$\Delta E$	variazione delle forze normali sulla striscia $\Delta E = E_d - E_s$

### Metodo di Janbu (semplificato)

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di **Janbu semplificato** si esprime secondo la seguente formula:

$$F = \frac{\sum_i [ c_i b_i + (N_i / \cos(\alpha_i) - u_i b_i) \tan(\phi) ]}{\sum_i [ W_i \tan(\alpha_i) ]}$$

dove il termine  $N_i$  è espresso da

$$N_i = [ W_i - c_i l_i \sin(\alpha_i) / \eta + u_i l_i \tan(\phi) \sin(\alpha_i) / F ] / m$$

dove il termine  $m$  è espresso da

$$m = \cos(\alpha) + (\sin(\alpha) \tan(\phi)) / F$$

In questa espressione  $n$  è il numero delle strisce considerate,  $b_i$  e  $\alpha_i$  sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia  $i$  rispetto all'orizzontale,  $W_i$  è il peso della striscia  $i$ ,  $c_i$  e  $\phi$  sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed  $u_i$  è la pressione neutra lungo la base della striscia.

L'espressione del coefficiente di sicurezza di **Janbu semplificato** contiene al secondo membro il termine  $m$  che è funzione di  $F$ . Quindi essa viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per  $F$  da inserire nell'espressione di  $m$  ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

La semplificazione del metodo rispetto al procedimento completo consiste nel trascurare le forze tangenziali di interstriscia.

## Dati

### Descrizione terreno

#### *Simbologia adottata*

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
$\gamma_w$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
$\phi$	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
c	Coesione 'efficace' del terreno espresso in kg/cmq
$\phi_u$	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
c <sub>u</sub>	Coesione 'totale' del terreno espresso in kg/cmq

n°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi'$ [°]	c' [kg/cmq]
1	Detrito sciolto	1800	1900	28.00	0.000
2	Detrito med. addensato	1900	2000	31.00	0.000
3	Substrato	2400	2400	25.00	2.000

### Profilo del piano campagna

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra e l'ordinata positiva verso l'alto.

Nr.	Identificativo del punto
X	Ascissa del punto del profilo espresso in m
Y	Ordinata del punto del profilo espresso in m

n°	x [m]	y [m]
1	0.00	7.00
2	2.60	7.60
3	6.00	8.00
4	8.60	8.80
5	11.80	9.40
6	14.60	10.60
7	17.60	12.40
8	27.80	15.60
9	36.40	18.60
10	40.60	20.40
11	44.00	21.00
12	50.00	23.00
13	52.80	24.00
14	57.60	27.20
15	65.00	27.20
16	65.20	27.60
17	69.20	29.40
18	76.20	32.60

### Descrizione stratigrafia

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

Gli strati sono descritti mediante i punti di contorno (in senso antiorario) e l'indice del terreno di cui è costituito

Strato N° 1 costituito da terreno n° 3 (Substrato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	x [m]	y [m]
1	0.00	3.00
2	0.00	0.00
3	76.20	0.00
4	76.20	26.89
5	55.40	21.20
6	45.80	18.00

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Detrito sciolto)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	x [m]	y [m]
1	76.20	28.90
2	76.20	32.60
3	69.20	29.40
4	65.20	27.60
5	65.00	27.20
6	57.60	27.20
7	52.80	24.00
8	50.00	23.00

n°	X [m]	Y [m]
9	44.00	21.00
10	40.60	20.40
11	36.40	18.60
12	27.80	15.60
13	17.60	12.40
14	14.60	10.60
15	11.80	9.40
16	8.60	8.80
17	6.00	8.00
18	2.60	7.60
19	0.00	7.00
20	0.00	4.40
21	53.20	21.60
22	65.80	25.80

Strato N° 3 costituito da terreno n° 2 (Detrito med. addensato)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	76.20	26.89
2	76.20	28.90
3	65.80	25.80
4	53.20	21.60
5	0.00	4.40
6	0.00	3.00
7	45.80	18.00
8	55.40	21.20

### Descrizione falda

#### *Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0.00	5.40
2	14.40	10.20
3	41.00	19.00
4	57.40	25.00
5	57.80	25.60
6	76.20	29.60

### Carichi sul profilo

#### *Simbologia e convenzioni di segno adottate*

L'ascissa è intesa positiva da sinistra verso destra.

N° Identificativo del sovraccarico agente

Descrizione Descrizione carico

Tipo Tipo carico

$\Psi_2$  Coefficiente sismico carico variabile

Carichi distribuiti

$P_i, P_f$  Posizione iniziale e finale del carico espressa in [m]

$Vx_i, Vx_f, Vy_i, Vy_f$  Intensità del carico in direzione X e Y nei punti iniziale e finale, espresse in [kg/m]

### *Carichi distribuiti*

n°	Descrizione	Tipo	$\Psi_2$	$P_i$ [m]	$P_f$ [m]	$Vy$ [kg/m]	$Vx$ [kg/m]
1	Carico 1	Permanente	--	58.00 27.20	64.80 27.20	2000 2000	0 0

### Interventi inseriti

Numero interventi inseriti 1

#### *Paratia di micropali con 1 file di tiranti - Paratia di pali*

Grado di sicurezza desiderato a monte	1.30
Ascissa sul profilo (quota testa paratia)	57.80 m
Altezza totale paratia	9.70 m
Altezza inefficace paratia (a partire dal piede)	0.00 m

Diametro pali	0.24	m
Interasse pali	0.60	m
Altezza cordolo	1.10	m
Larghezza cordolo	0.45	m
Diametro tubolare	168.30	mm
Spessore tubolare	10.00	mm
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq
Altezza di scavo	0.00	m

**Tiranti della paratia***Fila di tiranti n° 1 - Tiranti passivi*

Posizione rispetto alla testa (positiva verso il basso)	0.40	m
Lunghezza totale tiranti	16.00	m
Lunghezza fondazione tiranti	15.00	m
Inclinazione tiranti	30.00	
Interasse tiranti	3.00	m
Diametro tiranti	16.00	cm
Resistenza caratteristica a compressione del cls (Rbk)	250	kg/cmq
Resistenza trazione (per tirante)	26908	kg
Resistenza taglio (per tirante)	0	kg

**Dati zona sismica**

	<b>Simbolo</b>	<b>U.M.</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	1.295	0.000
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.132	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.392	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.290	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss	B	1.200	1.200
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St	T2	1.200	1.200
Coefficiente riduzione fronti di scavo	$\beta_s$		0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale			0.50	0.50

**Fronti di scavo**

	<b>Simbolo</b>	<b>SLV</b>	<b>SLD</b>
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_s * St * S)$	7.22	0.00
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h$	3.61	0.00

**Dati normativa****Normativa :****Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018****Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

<b>Carichi</b>	<b>Effetto</b>	<b>Simbologia</b>	<b>A2 Statico</b>	<b>A2 Sismico</b>
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:**

<b>Parametri</b>	<b>Simbologia</b>	<b>M2 Statico</b>	<b>M2 Sismico</b>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c'$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_i$	1.00	1.00

**Coefficiente di sicurezza richiesto**

<b>Tipo calcolo</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Statico</b>	<b>Sismico</b>
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

## Impostazioni delle superfici di rottura

### *Superfici di rottura circolari*

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	X <sub>0</sub> = 42.00	Y <sub>0</sub> = 15.60
Passo maglia	[m]	dX = 1.50	dY = 1.50
Numero passi		Nx = 26	
Raggio	[m]	R = 10.00	

Si utilizza un raggio variabile con passo dR=0.50 [m] ed un numero di incrementi pari a 20

## Opzioni di calcolo

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- JANBU

Le superfici sono state analizzate solo in condizioni **sismiche**.

Le superfici sono state analizzate per i casi:

- Fronte di scavo [A2-M2] - Parametri di progetto
- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Presenza di carichi distribuiti

## Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corda inferiore a	1.00	m
- freccia inferiore a	0.50	m
- ascissa di intersezione a valle minore di	50.00	m
- ascissa di intersezione a valle maggiore di	56.00	m
- ascissa di intersezione a monte minore di	59.00	m
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

## Risultati analisi

Numeri di superficie analizzate	717
Coefficiente di sicurezza minimo	1.848
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

### Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>min</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
JANBU	717	1.848	1	11.918	717

### Caratteristiche delle superfici analizzate

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 N° numero d'ordine della superficie cerchio  
 F forma (C: circolare, S: spirale logaritmica, G: generica)  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio espresso in m  
 x<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresse in m  
 x<sub>m</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresse in m  
 V volume interessato dalla superficie espresso [mc]  
 FS coefficiente di sicurezza. Tra parentesi il metodo di calcolo usato (F: Fellenius, B: Bishop, J: Janbu, C: Janbu completo, L: Bell, M: Morgenstern-Price P: Spencer, S: Sarma, V: Maksimovic, G: Gle)  
 Caso caso di calcolo  
 Sisma H sisma orizzontale, V sisma verticale (+ verso l'alto, - verso il basso)  
 La colonna FS (fattore di sicurezza) potrebbe contenere più valori. Questo è dovuto alla presenza degli interventi quando considerati come incremento delle forze di interstriscia. In questo caso vengono analizzate più superfici di scorrimento ed ogni superficie è separata dalla successiva dall'intervento.

N°	F	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	x <sub>v</sub> [m]	x <sub>m</sub> [m]	V [mc]	FS	Caso	Sisma
1	C	58.50	42.60	19.50	52.73	74.86	63.07	1.848 (J)	[A2M2]	[SLV] H +V
2	C	58.50	42.60	19.50	52.73	74.86	63.07	1.879 (J)	[A2M2]	[SLV] H -V
3	C	57.00	41.10	18.50	51.35	72.41	59.31	1.887 (J)	[A2M2]	[SLV] H +V

### Analisi della superficie critica

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
 Le strisce sono numerate da valle verso monte  
 N° numero d'ordine della striscia  
 x<sub>s</sub> ascissa sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>ss</sub> ordinata superiore sinistra della striscia espresso in m  
 y<sub>si</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia espresso in m  
 x<sub>g</sub> ascissa del baricentro della striscia espresso in m  
 y<sub>g</sub> ordinata del baricentro della striscia espresso in m  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso °(positivo antiorario)  
 φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 L sviluppo della base della striscia espresso in m(L=b/cosα)  
 u pressione neutra lungo la base della striscia espresso in kg/cm<sup>2</sup>  
 W peso della striscia espresso in kg  
 Q carico applicato sulla striscia espresso in kg  
 N sforzo normale alla base della striscia espresso in kg  
 T sforzo tangenziale alla base della striscia espresso in kg  
 U pressione neutra alla base della striscia espresso in kg  
 E<sub>s</sub>, E<sub>d</sub> forze orizzontali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 X<sub>s</sub>, X<sub>d</sub> forze verticali sulla striscia a sinistra e a destra espresse in kg  
 ID Indice della superficie interessata dall'intervento

Superficie n° 1

### Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso l'alto

Numeri di strisce	26	
Coordinate del centro	X[m]= 58.50	Y[m]= 42.60
Raggio del cerchio	R[m]= 19.50	
Intersezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 52.73	Y <sub>v</sub> [m]= 23.97
Intersezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 74.86	Y <sub>m</sub> [m]= 31.99

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>s</sub> [m]	Y <sub>ss</sub> [m]	Y <sub>si</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	Y <sub>ds</sub> [m]	Y <sub>di</sub> [m]	X <sub>g</sub> [m]	Y <sub>g</sub> [m]	L [m]	α [°]	ϕ [°]	c [kg/cmq]
1	52.73	23.97	23.97	52.80	24.00	23.95	52.78	23.98	0.08	-17.11	28.00	0.00
2	52.80	24.00	23.95	53.72	24.61	23.69	53.40	24.09	0.96	-15.59	28.00	0.00
3	53.72	24.61	23.69	54.64	25.23	23.49	54.23	24.27	0.94	-12.80	28.00	0.00
4	54.64	25.23	23.49	55.56	25.84	23.32	55.13	24.48	0.93	-10.04	28.00	0.00
5	55.56	25.84	23.32	56.48	26.45	23.20	56.04	24.71	0.93	-7.31	28.00	0.00
6	56.48	26.45	23.20	57.40	27.07	23.13	56.95	24.97	0.92	-4.59	28.00	0.00
7	57.40	27.07	23.13	57.60	27.20	23.12	57.50	25.13	0.20	-2.94	28.00	0.00
8	57.60	27.20	23.12	57.80	27.20	23.11	57.70	25.16	0.20	-2.35	28.83	0.00
9	57.80	27.20	23.11	58.83	27.20	23.10	58.31	25.15	1.03	-0.55	31.00	0.00
10	58.83	27.20	23.10	59.86	27.20	23.15	59.34	25.16	1.03	2.48	31.00	0.00
11	59.86	27.20	23.15	60.89	27.20	23.25	60.37	25.20	1.03	5.51	31.00	0.00
12	60.89	27.20	23.25	61.91	27.20	23.40	61.40	25.26	1.04	8.56	31.00	0.00
13	61.91	27.20	23.40	62.94	27.20	23.61	62.42	25.35	1.05	11.63	31.00	0.00
14	62.94	27.20	23.61	63.97	27.20	23.88	63.45	25.47	1.06	14.73	31.00	0.00
15	63.97	27.20	23.88	65.00	27.20	24.22	64.48	25.62	1.08	17.88	31.00	0.00
16	65.00	27.20	24.22	65.20	27.60	24.29	65.10	25.83	0.21	19.78	31.00	0.00
17	65.20	27.60	24.29	66.20	28.05	24.68	65.70	26.16	1.08	21.68	31.00	0.00
18	66.20	28.05	24.68	67.20	28.50	25.15	66.70	26.60	1.10	24.88	31.00	0.00
19	67.20	28.50	25.15	68.20	28.95	25.68	67.70	27.07	1.13	28.16	31.00	0.00
20	68.20	28.95	25.68	69.20	29.40	26.30	68.70	27.58	1.17	31.55	31.00	0.00
21	69.20	29.40	26.30	70.14	29.83	26.96	69.67	28.12	1.15	34.97	31.00	0.00
22	70.14	29.83	26.96	71.09	30.26	27.71	70.61	28.68	1.20	38.43	28.89	0.00
23	71.09	30.26	27.71	72.03	30.69	28.56	71.54	29.30	1.27	42.07	28.00	0.00
24	72.03	30.69	28.56	72.97	31.12	29.53	72.48	29.96	1.36	45.93	28.00	0.00
25	72.97	31.12	29.53	73.92	31.56	30.66	73.40	30.68	1.47	50.08	28.00	0.00
26	73.92	31.56	30.66	74.86	31.99	31.99	74.23	31.40	1.63	54.63	28.00	0.00

**Metodo di JANBU**Coefficiente di sicurezza F<sub>S</sub>= 1.848**Forze applicate sulle strisce**

N°	W [kg]	Q [kg]	N [kg]	T [kg]	U [kg]	E <sub>s</sub> [kg]	E <sub>d</sub> [kg]	X <sub>s</sub> [kg]	X <sub>d</sub> [kg]	ID
1	3	0	3	1	0	0	2	0	0	0
2	800	0	871	251	0	2	419	0	0	0
3	2223	0	2118	609	218	419	1371	0	0	0
4	3595	0	2966	853	705	1371	2592	0	0	0
5	4887	0	3745	1078	1142	2592	3929	0	0	0
6	6101	0	4468	1286	1536	3929	5251	0	0	0
7	1483	0	1042	300	405	5251	5517	0	0	0
8	1517	0	1008	300	467	5517	5768	0	0	0
9	7865	1657	6668	2168	2679	5768	22836	0	0	0
10	7887	2057	6608	2149	2893	22836	23853	0	0	0
11	7798	2057	6285	2044	3061	23853	24279	0	0	0
12	7595	2057	5936	1930	3182	24279	24134	0	0	0
13	7276	2057	5558	1808	3254	24134	23454	0	0	0
14	6839	2057	5148	1674	3278	23454	22288	0	0	0
15	6277	1657	4335	1410	3247	22288	20728	0	0	0
16	1219	0	559	182	624	20728	20411	0	0	0
17	6421	0	3200	1041	3047	20411	18607	0	0	0
18	6422	0	3421	1113	2886	18607	16499	0	0	0
19	6285	0	3595	1169	2650	16499	14128	0	0	0
20	5997	0	3718	1209	2322	14128	11564	0	0	0
21	5250	0	3574	1162	1788	11564	9064	0	0	0
22	4711	0	3660	1093	1269	9064	6516	0	0	0
23	4027	0	3687	1061	584	6516	4151	0	0	0
24	3167	0	3383	974	0	4151	2169	0	0	0
25	2114	0	2363	680	0	2169	641	0	0	0
26	762	0	903	260	0	641	0	0	0	0

JANBU

1.848 [caso A2M2]

