



**COGEO STUDIO GEOLOGICO**

Dott. Cocetti Marcello - Dott. Cocetti Pier Luigi  
Via Giardini Sud n° 127 - 41026 Pavullo nel Frignano (MODENA)  
TEL: 0536/324537 - E-MAIL: cogeo.geologia@gmail.com



# Geologica Geotecnica Sismica

(CONFORME AI PUNTI 6.1, 6.2, 6.3 DELL'ALLEGATO B.2.1 DEL BURET N° 153)

**OGGETTO** : **AMBITO ANS 3.15 - PROGETTO DI NUOVO INSEDIAMENTO RESIDENZIALE**

**LOCALITÀ** : **VIALE MARCONI**

**COMUNE** : **PAVULLO NEL FRIGNANO**

**PROGETTO** : **FUNDO SRL**



UBICAZIONE DELL'INTERVENTO      SCALA 1:50'000      1 Km

TAV. 236.

COORD. UTM-ED50

Est: 645977

Nord: 911311



## INDICE

1. **RELAZIONE GEOLOGICA** (punto 6.1, allegato B.2.1 del BURERT n°153)
  - 1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO
  - 1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO
  - 1.3 IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA
  - 1.4 PROCESSI EROSIVI E GRADO DI STABILITA'
  - 1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI NOMINALI
2. **RELAZIONE SISMICA** (punto 6.3 allegato B.2.1 del BURERT n°153)
  - 2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA (DM 17/01/2018)
    - 2.1.1 Classificazione del Suolo in base alle Vs30
  - 2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (DM 17/01/2018)
  - 2.3 STUDI SISMICI PREGRESSI
  - 2.4 RISPOSTA SISMICA LOCALE
    - 2.4.1 Modello Sismo Stratigrafico
    - 2.4.2 Curve di degradazione dei Materiali
    - 2.4.3 Gli Input Sismici
    - 2.4.4 Dati di Disaggregazione
    - 2.4.5 Estrazione di accelerogrammi naturali
    - 2.4.6 Il Software per la RSL
    - 2.4.7 Amplificazioni sismiche (DGR 630/2019)
    - 2.4.8 Regolarizzazione degli Spettri in Accelerazione della RSL
3. **RELAZIONE GEOTECNICA** (punto 6.2, allegato B.2.1 del BURERT n°153)
  - 3.1 DATI DI PROGETTO
    - 3.1.1 Premessa
    - 3.1.2 Parametri Caratteristici e Modello Geotecnico
  - 3.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE
    - 3.2.1 Calcoli di Stabilità
    - 3.2.2 Considerazioni sui Calcoli di Stabilità
  - 3.3 QUADRO RIASSUNTIVO
4. **CONCLUSIONI**

## RIFERIMENTI NORMATIVI

DGR RER 630/2019 - (Aggiornamento Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica)  
DM 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni)  
DGR RER 2193/2015 - (Aggiornamento Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica)  
DM 10/10/2012 (Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo)  
Circ. 02/02/09 n°617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.  
DM 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni)  
DAL RER 112/2007 (Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica)  
O.P.C.M. n° 3274 del 20 Marzo 2003 (Normativa antisismica)  
D.M.LL.PP. 11/03/1988  
D.M. 21/01/1981  
Circ. LL.PP. n° 21597/81  
Circ. R.E.R n° 12831  
R.D. 03/12/23 n° 3267 e succ. mod. e integr.  
T.L. 27/06/1985 n° 312



## RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:25000.  
TAVOLA 236NO, 236NE

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:10000.  
SEZIONE 236060, 236070

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:5000.  
ELEMENTO 236061, 236074

ESTRATTO CATASTALE Scala 1:1000. COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO.  
FOGLIO 67; MAPPALI 515, 525.

CARTA GEOLOGICO-SCHEMATICA DELL'APPENNINO MODENESE E ZONE  
LIMITROFE. Scala 1:100000. Istituto di Geologia dell'Università di Modena

CARTA GEOLOGICA DELL'APPENNINO EMILIANO-ROMAGNOLO 1:10000.  
SEZIONE 236060, 236070

CARTA GEOLOGICA PROGETTO CARG a Scala 1:10000.  
SEZIONE 236060, 236070

CARTA DEL DISSESTO (PTCP).  
SEZIONE 236060, 236070

## TAVOLE ED ALLEGATI

- TAV. 1, 2 - Localizzazione del sito su cartografia CTR
  - TAV. 3 - Morfometria del Versante a scala 1:5000
  - TAV. 4 - Carta Geologica CARG a scala 1:10000
  - TAV. 5 - Carta del Dissesto a scala 1:10000
  - TAV. 6 - Carta del Rischio Sismico a scala 1:10000
  - TAV. 7 - Carta Forestale a scala 1:10000
  - TAV. 8 - Carta Microzonazione Sismica I° Livello - PSC
  - TAV. 9a - Carta Microzonazione sismica II Livello PGA/PGAo (Fx) - PSC
  - TAV. 9b - Carta Microzonazione sismica II Livello SI/SIo (Fy) - PSC
  - TAV. 9c - Carta Microzonazione sismica II Livello SI/SIo (Fz) - PSC
  - TAV. 10 - Estratto Catastale con prove geognostiche
  - TAV. 11 - Planimetria con prove geognostiche
  - TAV. 12 - Sezione Geotecnica per Calcolo Stabilità
- ALLEGATO A - Prove Penetrometriche Dinamiche
- ALLEGATO B - Registrazioni Sismiche, Parametri Sismici
- ALLEGATO C - Allegati Risposta Sismica Locale
- ALLEGATO D - Tabulati Calcoli di Stabilità



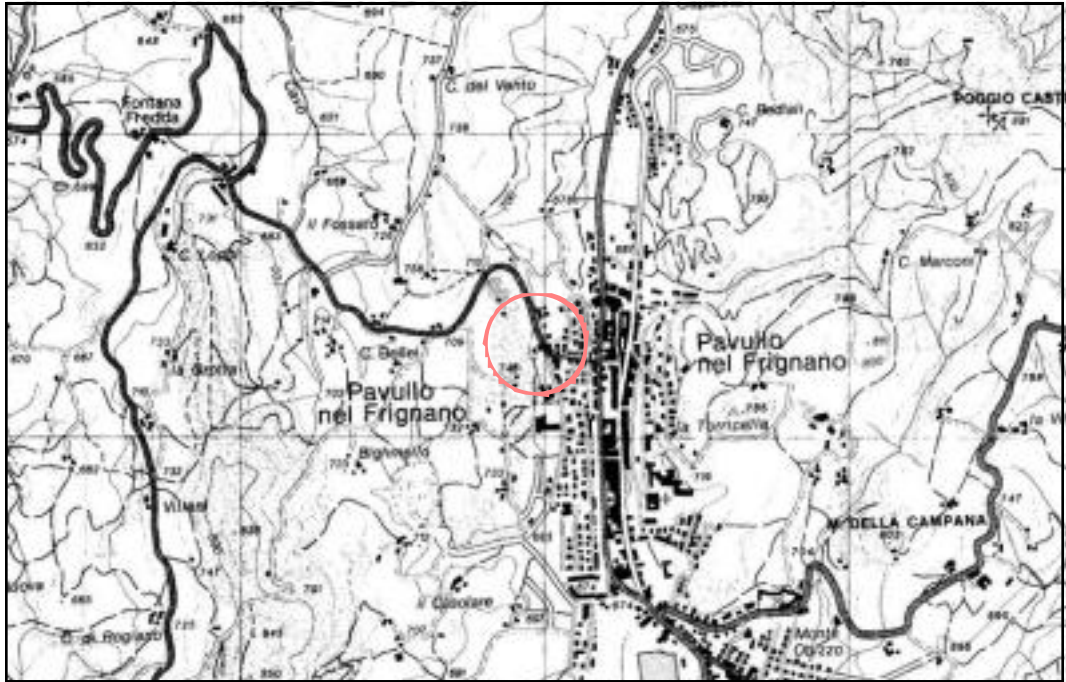


## CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:25'000

TAVOLA 236NO, 236NE

TAV. 1



## CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:10'000

SEZIONE 236060, 236070

TAV. 2



UBICAZIONE DEL SITO



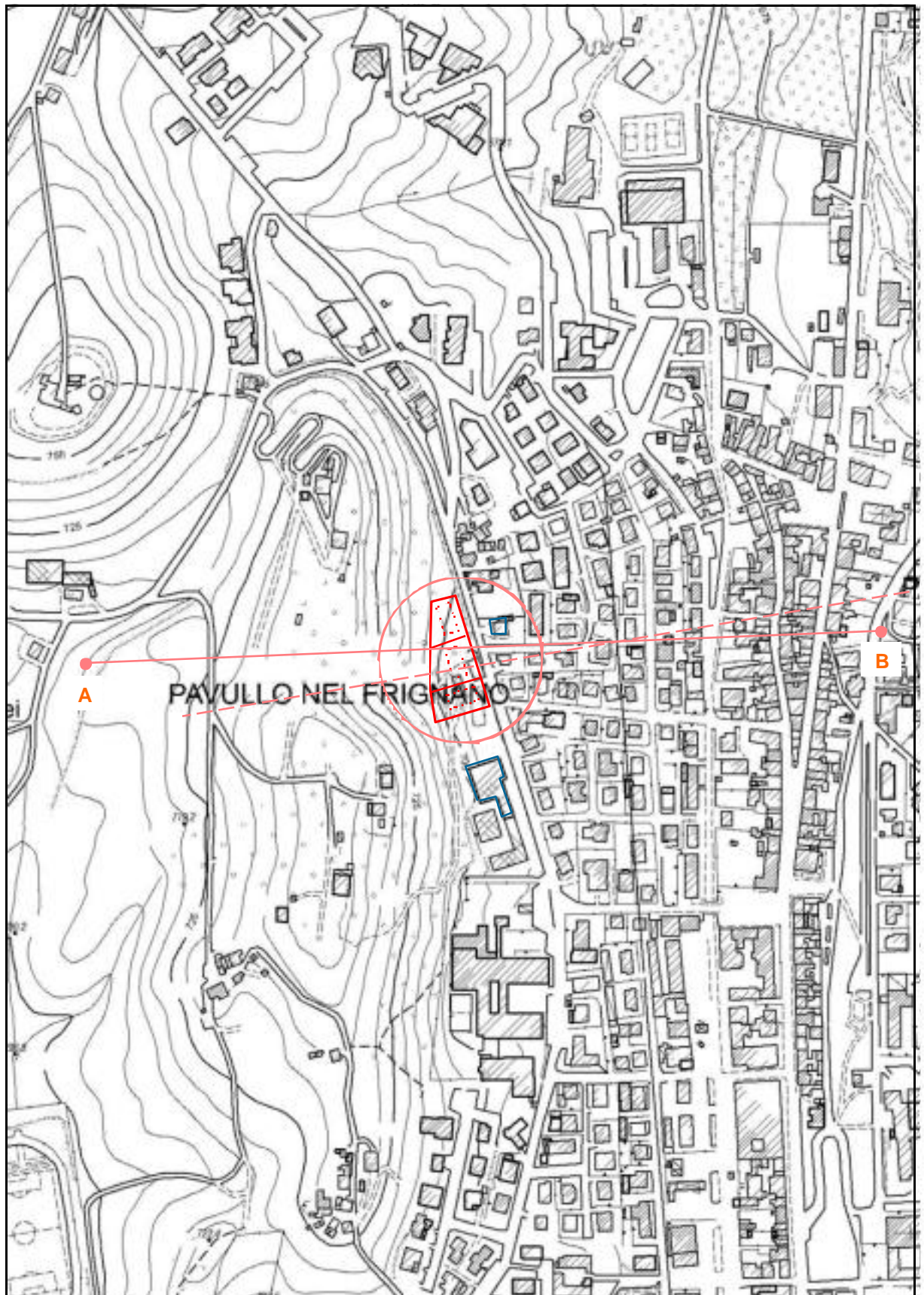


## CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:5'000

ELEMENTO 236061, 236074

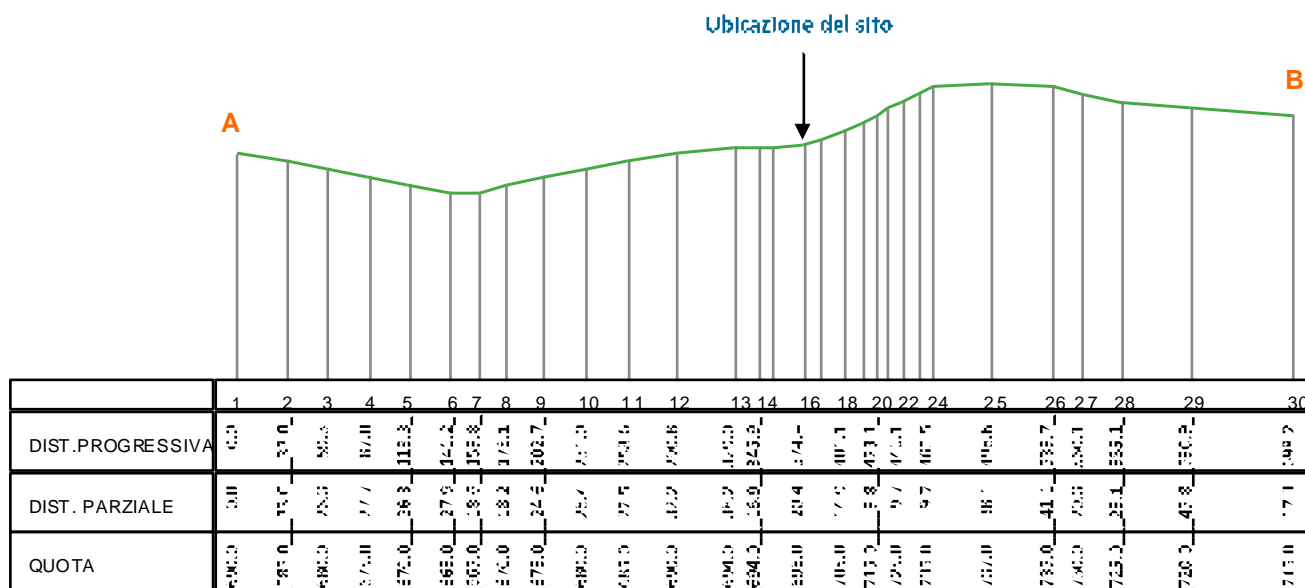
TAV. 3





## SEZIONE TOPOGRAFICA

(Scala X = 1:5000 Scala Q = 1:5000)



## MORFOMETRIA DEL VERSANTE

RILEVATO DALLA CARTA TECNICA REGIONALE

Scala 1:5000

Staz. n°	D. Prog.	D. Parz.	Quota	Acc. %	Acc. °
0002.0	0033.0	0033.0	0585.0	015.1	008.6
0003.0	0059.3	0026.3	0580.0	019.0	010.8
0004.0	0087.0	0027.7	0575.0	018.0	010.2
0005.0	0113.3	0026.3	0570.0	019.0	010.8
0006.0	0141.2	0027.9	0565.0	017.9	010.1
0007.0	0159.8	0018.6	0565.0	000.0	000.0
0008.0	0178.1	0018.2	0570.0	027.4	015.3
0009.0	0202.7	0027.6	0575.0	020.4	011.5
0010.0	0231.0	0028.4	0580.0	017.6	010.0
0011.0	0258.6	0027.5	0585.0	018.2	010.3
0012.0	0290.8	0032.2	0590.0	015.5	008.8
0013.0	0329.0	0038.2	0594.0	010.5	006.0
0014.0	0345.9	0016.9	0594.0	000.0	000.0
0015.0	0353.9	0008.0	0594.0	000.0	000.0
0016.0	0374.4	0020.4	0595.0	009.8	005.6
0017.0	0386.7	0011.9	0700.0	033.7	018.6
0018.0	0401.1	0014.9	0705.0	033.6	018.6
0019.0	0413.4	0012.3	0710.0	040.7	022.7
0020.0	0423.1	0009.8	0715.0	051.2	027.1
0021.0	0430.3	0007.7	0720.0	069.5	034.8
0022.0	0440.1	0009.7	0725.0	051.3	027.7
0023.0	0450.7	0010.7	0730.0	046.9	025.1
0024.0	0460.5	0009.7	0735.0	051.3	027.7
0025.0	0468.6	0038.1	0737.0	005.7	003.0
0026.0	0539.7	0041.1	0735.0	004.9	002.8
0027.0	0560.1	0020.3	0730.0	024.6	013.8
0028.0	0585.1	0025.1	0725.0	019.9	011.3
0029.0	0630.9	0045.8	0720.0	010.9	006.7
0030.0	0698.7	0067.3	0715.0	007.4	004.2

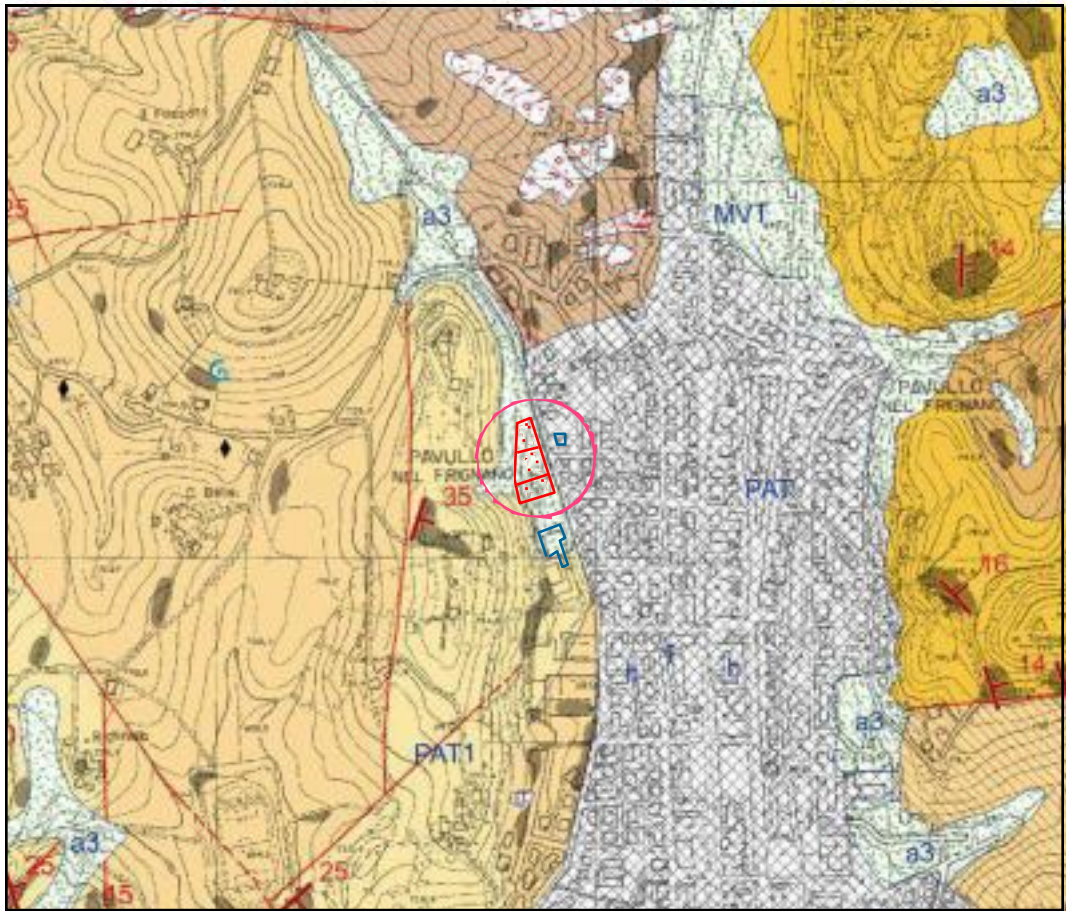




## CARTA GEOLOGICA CARG

Scala 1:10'000

TAV. 4



### DESCRIZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICHE PRESENTI IN CARTA

#### Depositi quaternari continentali

	a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato
	atb - Deposito di frana attiva per scioglimento
	atd - Deposito di frana attiva per colamento lento
	a1g - Deposito di frana attiva complessa
	a6 - Detrito di falda
	b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
	b1a - Deposito alluvionale in evoluzione fissato da vegetazione
	d1 - Deposito eolico
	f1 - Deposito palustre
	i5 - Conoide torrenziale in evoluzione
	a3 - Deposito di versante s.l.
	a4 - Deposito eluvio-colluviale
	d1 - Deposito eolico

#### Successione epiligure

	CIG - Formazione di Cigarello
	CIG2 - Formazione di Cigarello - membro di Monte Luminasio
	CIG1 - Formazione di Cigarello - membro di Montalto Nuovo
	PAT - Formazione di Pantano
	PAT2 - Formazione di Pantano - membro di Montecuccolo
	PAT1 - Formazione di Pantano - membro di Sassoguidano
	CTG - Formazione di Contignaco
	MVT - Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa
	ANT - Mare di Antegola

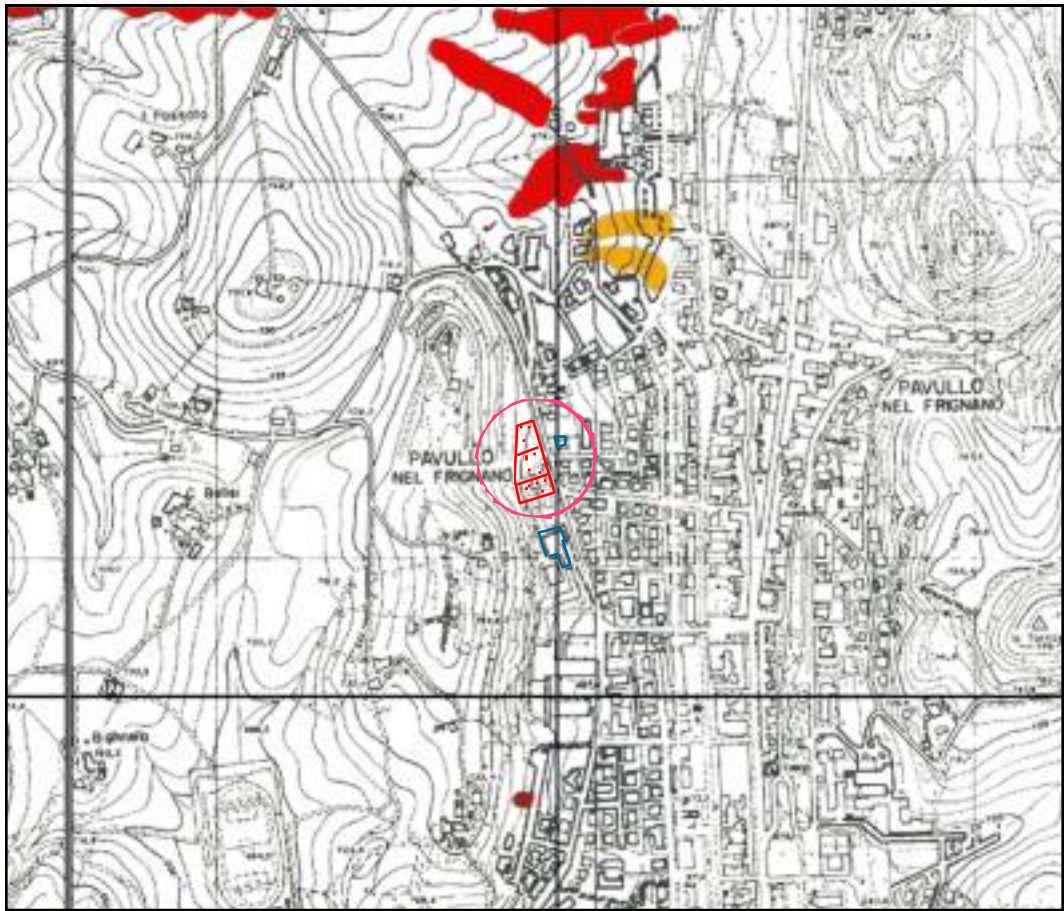




## CARTA DEL DISSESTO PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 5



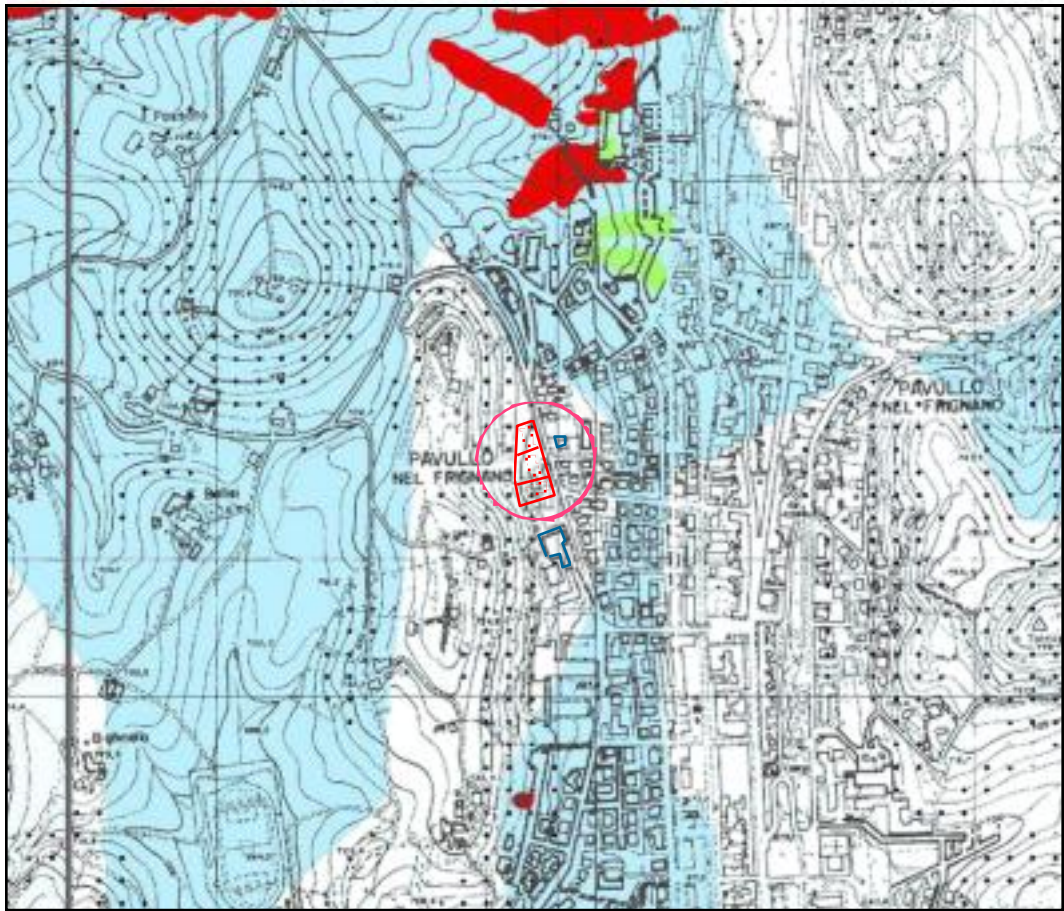
VOCI DI LEGENDA			
<b>Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità</b>			
			Aree interessate da frane attive
			Aree interessate da frane quiescenti
<b>Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità</b>			
			Aree potenzialmente instabili
<b>Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato</b>			
	Codice scheda 2.1.1 NR		Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR)
			Aree a rischio idrogeologico molto elevato
			Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)



## CARTA DEL RISCHIO SISMICO

Scala 1:10'000

TAV. 6




**PTCP Provincia di Modena**  
 Aree Suscettibili di effetti locali

**Scala 1:10000**  


**Effetti attesi**

<b>1</b>	<p><b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b></p> <p><i>stud</i>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudo statiche (nei casi in cui siano necessari interventi);  <i>microzonazione sismica</i>: approfondimenti di il livello.</p>
<b>2</b>	<p><b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b></p> <p><i>stud</i>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudo statiche (nei casi in cui siano necessari interventi);  <i>microzonazione sismica</i>: approfondimenti di il livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli arredi soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>
<b>3</b>	<p><b>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b></p> <p><i>stud</i>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudo statiche;  <i>microzonazione sismica</i>: approfondimenti di il livello.</p>
<b>4</b>	<p><b>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b></p> <p><i>stud</i>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudo statiche;  <i>microzonazione sismica</i>: approfondimenti di il livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli arredi soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>
<b>5</b>	<p><b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b></p> <p><i>stud</i>: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;  <i>microzonazione sismica</i>: approfondimenti di il livello.</p>

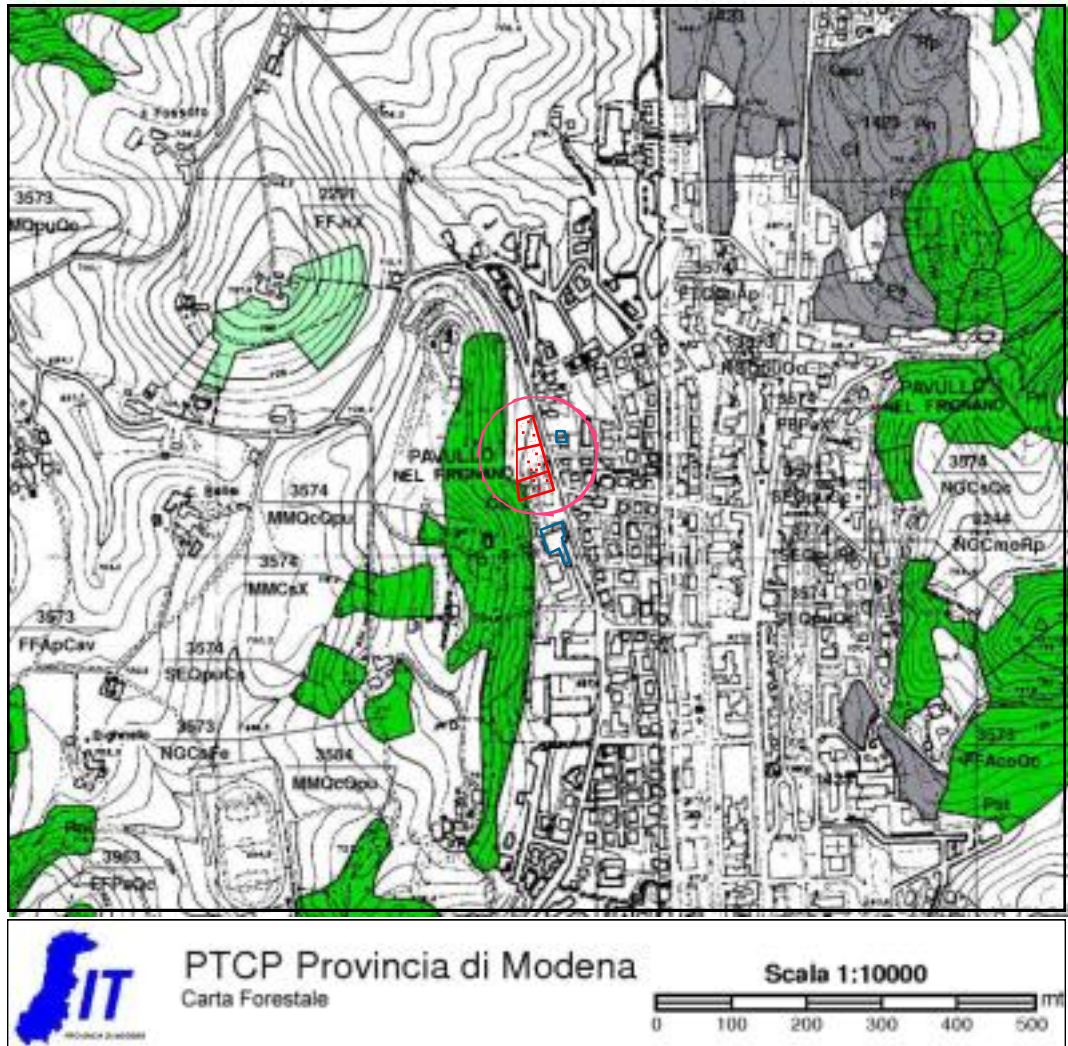




## CARTA FORESTALE PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 7



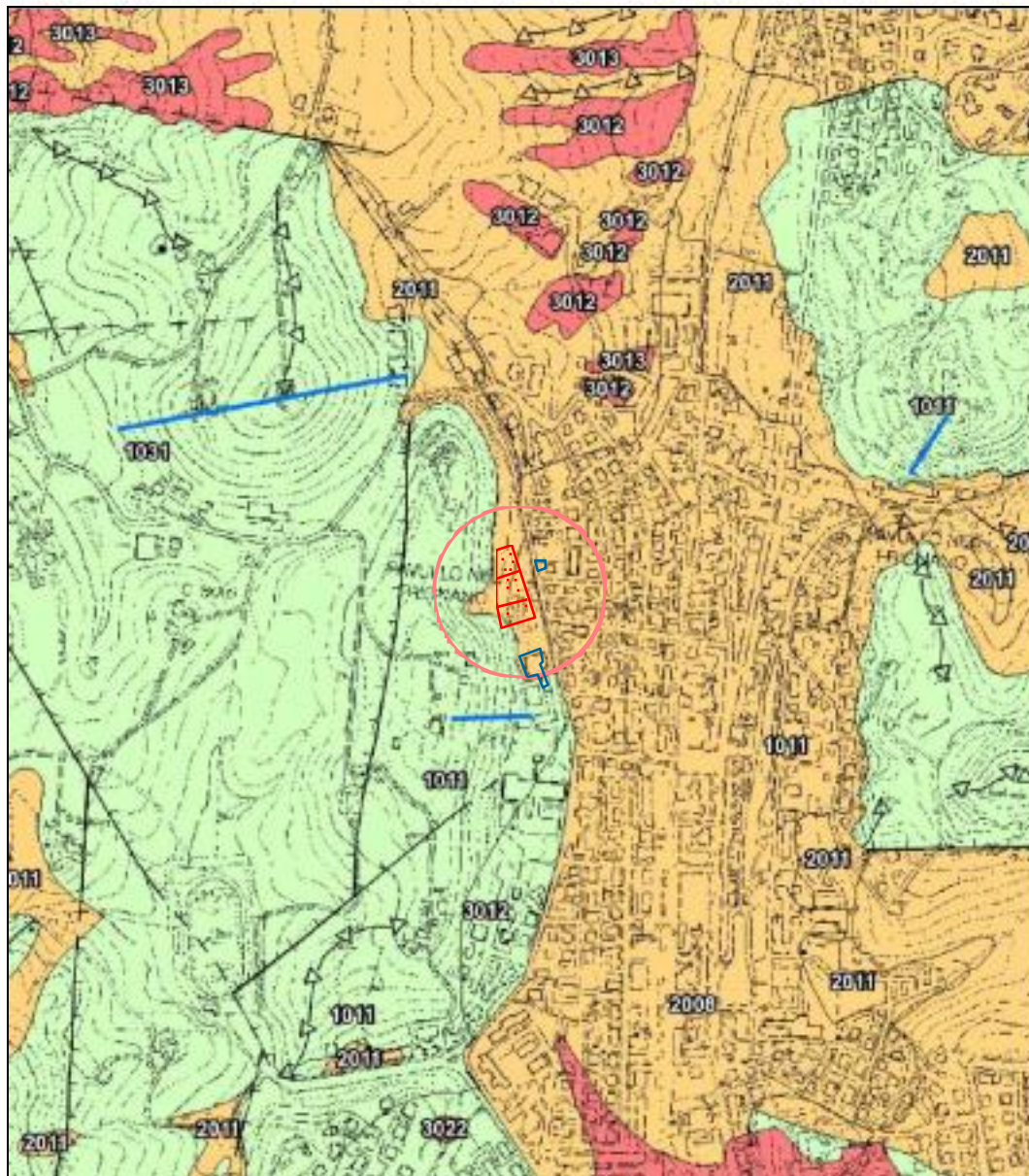




# CARTA MICROZONAZIONE SISMICA 1° LIVELLO - PSC

Scala 1:10'000

TAV. 8a1



## Legenda

Zone stabili



Zone stabili suscettibili di  
amplificazioni locali



Zone suscettibili di instabilità



Forme di superficie e sepolte



Fan da detritica



Conoide alluvionale



Orlo di scarpata morfologica >20m



creste



Valle sepolta larga



Valle sepolta stretta

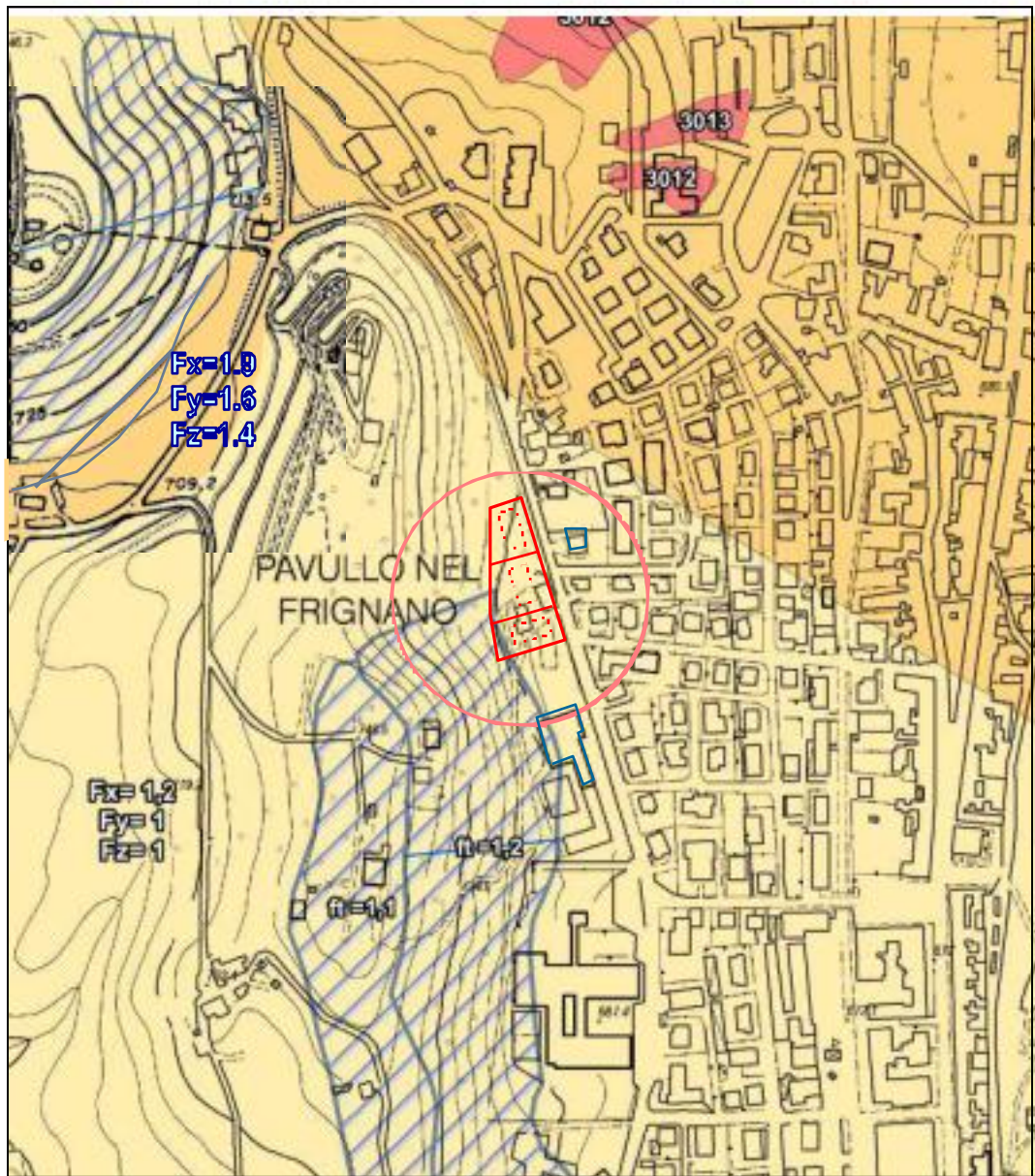




# CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO PGA/PGA<sub>0</sub> - PSC

Scala 1:5000

TAV. 9a1





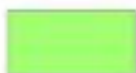
## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO PGA/PGA<sub>0</sub> - PSC

LEGENDA

TAV. 9a2

### Legenda

#### Zone stabili



Zone stabili

#### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ( $F_x = \text{PGA}/\text{PGA}_0$ )



$1 < F_x \leq 1,5$



$1,5 < F_x \leq 2$



$F_x > 2$

#### Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante. Cedimenti differenziali



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche



Area di amplificazione topografica

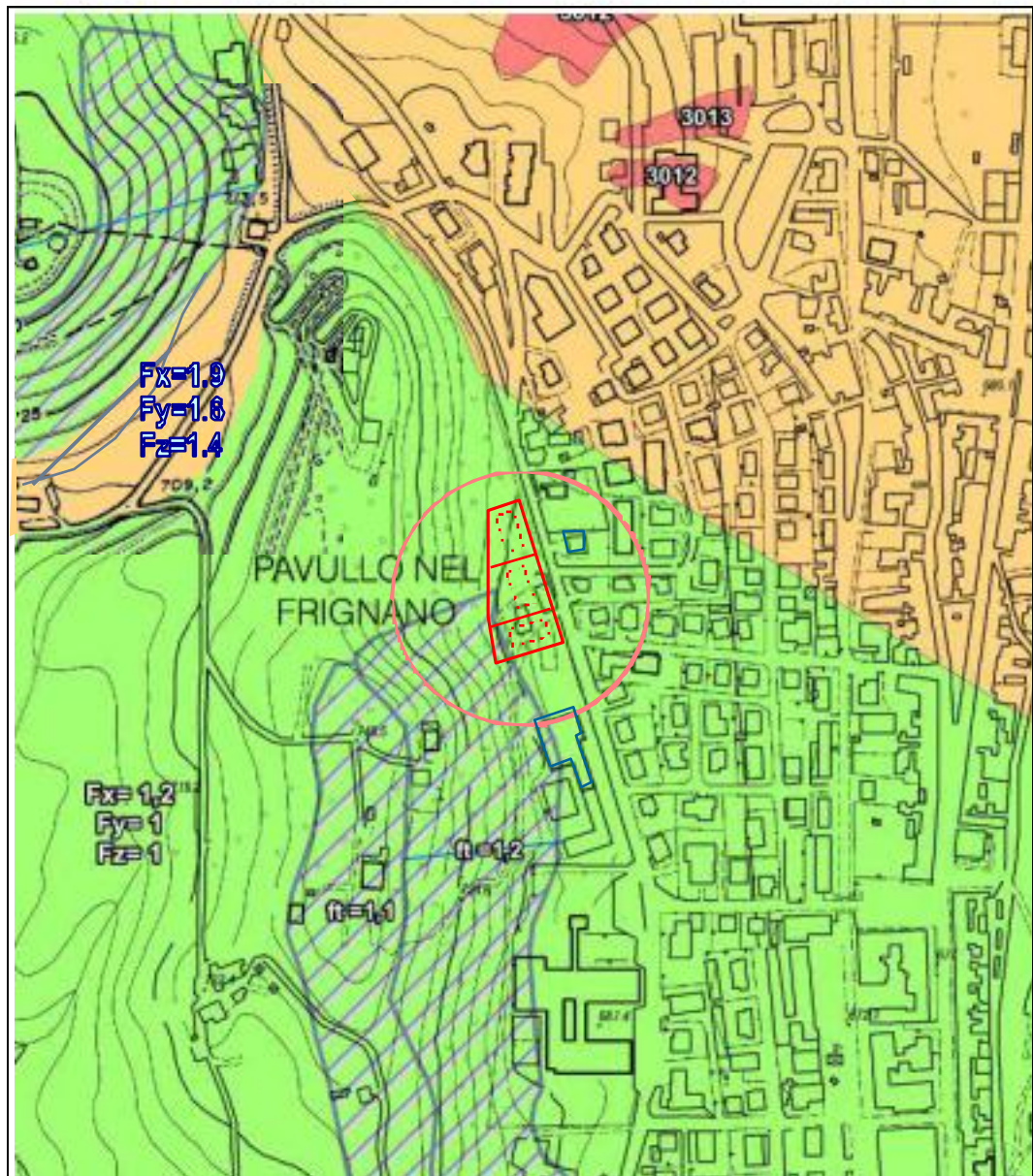




## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI<sub>0</sub> - PSC

Scala 1:5000

TAV. 9b1





## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI<sub>0</sub> - PSC

LEGENDA

TAV. 9b2

### Legenda

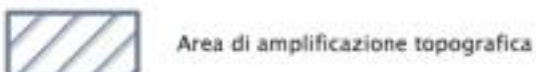
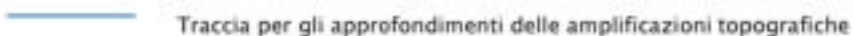
#### Zone stabili



#### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ( $F_y = S_{I(0.1-0.5)} / S_{I_0}$ )



#### Zone suscettibili di instabilità



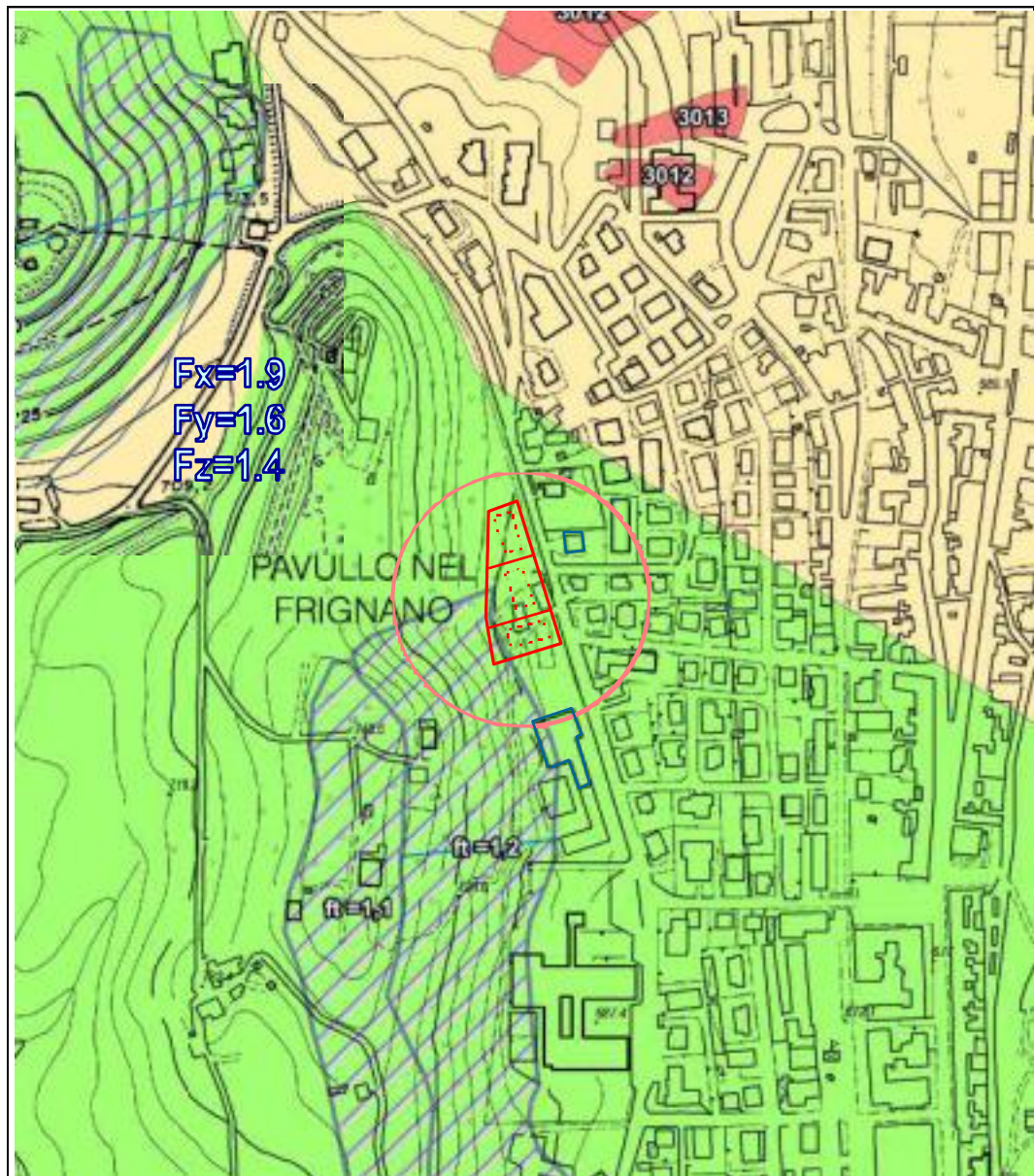




## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI<sub>0</sub> - PSC

Scala 1:5000

TAV. 9c1





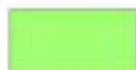
## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI<sub>0</sub> - PSC

LEGENDA

TAV. 9b2

### Legenda

#### Zone stabili



Zone stabili

#### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ( $F_z = S_{I(0.5-1.0)} / S_{I_0}$ )



$1 < F_z \leq 1,5$



$1,5 < F_z \leq 2$



$F_z > 2$

#### Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante: Cedimenti differenziali



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche



Area di amplificazione topografica







## ESTRATTO CATASTALE CON PROVE GEOGNOSTICHE

Scala 1:1000

TAV. 10



COMUNE:	PAVULLO n/F
FOGLIO	67
MAPPALE	515, 525
	PROVA PENETROMETRICA DPSH
	REGISTRAZIONE SISMICA HVSR



## PLANIMETRIA CON PROVE GEOGNOSTICHE

Scala 1:500

TAV. 11



### LEGENDA

-  PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTE DPSH
-  REGISTRAZIONE SISMICA A STAZIONE SINGOLA HVSR







# 1. RELAZIONE GEOLOGICA

## 1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il sito in oggetto è ubicato in fregio a *Viale Marconi*, poco distante dalla *Scuola Media Montecuccoli a Pavullo nel Frignano*.

Il capoluogo di *Pavullo* è posto su di una "zolla" calcareo-arenacea di dimensioni chilometriche costituita dalle *Formazioni di Bismantova-Antognola* poggianti sui complessi di base.

L'area di indagine si colloca al margine settentrionale di una vasta "conca" di origine carsica (*polije*) comprendente l'abitato di *Pavullo* a nord, sino all'abitato di *Querciagrossa* a Sud. Questa forma deriverebbe dalla soluzione chimica delle rocce più calcaree, mentre gli abbondanti depositi lacustri (f1, f1<sub>a</sub>) deriverebbero da una successiva occlusione delle strutture carsiche che permettevano l'evacuazione delle acque di inondazione. I *Polije*, con fondo pianeggiante e versanti relativamente ripidi, presentano acclività con angoli corrispondenti a quelli dei versanti regolarizzati. Il fondo può presentare una serie di inghiottitoi che permettono il drenaggio delle acque di inondazione; nel caso di occlusione di queste aperture si possono formare dei bacini lacustri (Panizza, 1968). Vicende successive hanno prodotto l'estinzione del lago ed ora le depressioni presentano il fondo tappezzato di sedimenti.

Tali sedimenti vengono descritti nella "carta geomorfologica del territorio di *Pavullo nel Frignano*" (M. PANIZZA, 1971) come: "depositi lacustri (tessitura dalle sabbie alle peliti) con coni detritici ad essi raccordantisi". I depositi lacustri non presentano tuttavia una distribuzione uniforme in senso areale ed anche il loro spessore è strettamente dipendente dalla morfologia locale.

Il versante in oggetto è posto su di una dorsale arenacea che rimane più sopraelevata rispetto alle aree circostanti.

Il sito è già fortemente urbanizzato e quindi risulta ricoperto da depositi di origine antropica e quindi dalle arenarie in posto.

La zona non è più soggetta ad evoluzione geomorfologica.

Non vi sono processi erosivi all'intorno del sito e l'area presenta buone condizioni di stabilità.





## 1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico nell'area, posta poco a Ovest, affiora il *Membro di Sassoguidano della Formazione di Pantano* (PAT2), appartenente al *Gruppo di Bismantova*.

Tuttavia l'area è stata fortemente antropizzata e la porzione subito a monte dell'intervento ha una forma morfologica particolare, quasi di ripiano, per cui l'unità sopra descritta (vedi *Carta Geologica CARG* di TAV.4), viene ricoperta da alcuni metri di depositi di varia natura, sia di versante (a3) che antropici.

Seguendo la recente classificazione introdotta nella *Carta Geologica del CARG*, nell'area affiorano le seguenti unità:

### Deposito di versante s.l. (a3)

Accumulo di detrito su versante sulla cui attribuzione genetica permane un grado di incertezza, non escludendo che sia dovuto a fenomeni franosi, mancando spesso i caratteri di forma tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita del semplice rilevamento sul terreno potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato il deposito. Generalmente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), solo localmente stratificato e/o cementato. Come indicato sopra la genesi può essere gravitativa, da ruscellamento superficiale, da soliflusso

### Successione Epiligure

#### PAT - Formazione di Pantano

Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare; stratificazione generalmente poco marcata o addirittura impercettibile a causa dell'intensa bioturbazione; sono presenti resti di Echinidi, Gasteropodi e Lamellibranchi. Alla base talora affiorano delle areniti glauconitiche. Localmente si intercalano strati arenacei risedimentati medi, mal strutturati, di colore nocciola. Verso l'alto affiorano livelli di marne siltose grigio-azzurre laminate. Il limite inferiore è netto, discordante, su CTG e su ANT. Sedimentazione in ambiente da litorale a piattaforma esterna. La potenza è fino a circa 500 m. *Burdigaliano sup.* - *Langhiano inf.*

#### PAT2 - Formazione di Pantano - membro di Montecuccolo

Biocalcareni ed areniti ibride giallastre da fini a grossolane, localmente microconglomeratiche, con stratificazione prevalentemente obliqua a grande scala; verso l'alto e verso nord areniti più fini e più bioturbate. Alla base può essere talora presente una lente di spessore massimo di circa 10m costituita da breccie in prevalenza calcaree (bc1) a stratificazione mal visibile. Contatto inferiore su PAT1, localmente su CTG. Ambiente di piattaforma interna con influssi di marea. Potenza da 0 a 150 m.

#### PAT1 - Formazione di Pantano - membro di Sassoguidano

Areniti e calcareniti ibride prevalentemente finissime e fini, a luoghi bioturbate, con stratificazione da media a molto spessa, tabulare ed obliqua a piccola scala, a luoghi poco evidente. Verso l'alto areniti più grossolane e strutture sedimentari più evidenti. Contatto inferiore discontinuo su CTG. Ambiente di piattaforma interna e di battigia. Potenza variabile da pochissimi metri, fino a 300 metri circa.



### 1.3 IDROGEOLOGIA

L'area di intervento si colloca entro l'abitato, in area fortemente urbanizzata e che presenta di conseguenza vaste porzioni di terreno impermeabilizzate: in particolare nel sito in oggetto la permeabilità dei terreni affioranti è limitata dagli interventi antropici.

Tutta la "conca" di Pavullo è tendenzialmente alimentata dalle acque che defluiscono sui rilievi circostanti, i cui strati rocciosi mostrano una giacitura favorevole anche ad un apporto ipogeo.

Tale area risulta ad incerto drenaggio per il difficoltoso collegamento con il reticolo idrografico esterno alla "conca".

Le sorgenti presenti nell'area hanno le loro emergenze sui versanti che contornano il paese sia a Est che a Ovest e sono classificabili come sorgenti di contatto fra formazioni a diverso grado di permeabilità; tali sorgenti devono la loro alimentazione alle acque prevalentemente circolanti nel membro calcareo arenaceo.

La permeabilità dei terreni in sito è secondaria per fessurazione in corrispondenza degli affioramenti presenti nelle zone più elevate che contornano il paese, primaria per porosità in corrispondenza dei depositi fluvio lacustri al centro della conca.

### 1.4 PROCESSI EROSIIVI E GRADO DI STABILITA'

L'area risulta protetta riguardo ai processi erosivi per effetto delle opere di urbanizzazione e per la collocazione in area non direttamente influenzata dal reticolo idrografico.

Processi chimici (fenomeni di dissoluzione) possono operare nel sottostante litotipo calcareo producendo abbondanti depositi residui: in ogni caso, prossimità del sito, non si hanno evidenti fenomeni di degradazione e neppure di erosione concentrata.

Nella *Carta delle frane e della stabilità dei terreni del bacino del Fiume Panaro* l'area esaminata e le zone circostanti sono classificate come: "Terreni molto stabili".

Nella *Carta del Dissesto* del PTCP (vedi pag.5) non vengono segnalati fenomeni di dissesto e/o instabilità.

Dalle conoscenze acquisite l'area, per la morfologia e per le ca-





ratteristiche meccaniche delle rocce del substrato, risulta stabile e non soggetta ad essere interessata da fenomeni gravitativi.

Generalmente i terreni in posto presentano buoni parametri geotecnici sia in termini di coesione che di angolo di attrito.

L'edificio a perimetro dell'area, le strade al contorno e l'edificio stesso oggetto di intervento non presentano lesioni attribuibili a fenomeni di instabilità dei terreni.

## 1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE

È stato eseguito un sopralluogo per caratterizzare dal punto di vista geologico, geomorfologico e geotecnico l'area.

Si sottolinea che non vi sono fenomeni morfogenetici in atto e che i fabbricati al contorno non mostrano lesioni attribuibili a fenomeni di cedimento attribuibili a spinte tangenziali.

Per la ricostruzione stratigrafica e la caratterizzazione meccanica del sito sono state eseguite 4 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH, mentre per la classificazione sismica, secondo il metodo semplificato descritto nel DM 17/01/2018, e per i successivi approfondimenti sismici (RSL) sono state effettuate 3 registrazioni sismiche a stazione singola HVSR.

I diagrammi relativi alle prove penetrometriche dinamiche con numero dei colpi per singolo avanzamento, resistenza alla punta, tabelle di correlazioni, sono riportati nell'allegato A.

I tabulati ed i grafici delle registrazioni sismiche a sismica passiva HVSR, sono forniti nell'allegato B.

### 1.5.1 Prove Penetrometriche Dinamiche

Possiamo calcolare le caratteristiche meccaniche del substrato di fondazione dalle note relazioni esistenti in letteratura fra il numero dei colpi del penetrometro dinamico e il numero dei colpi dello Standard Penetration Test (N<sub>sp</sub>). Nell'ipotesi di un terreno prevalentemente coesivo (almeno per quanto riguarda i depositi più superficiali) dobbiamo utilizzare i dati sotto la dicitura "Natura Coesiva", altrimenti i parametri sotto la dicitura "Natura granulare".

Si riporta di seguito la tabella di correlazione fra il numero dei



colpi della prova N<sub>spt</sub> e le principali caratteristiche meccaniche nominali del terreno. Il deposito superficiale si può considerare come deposito di alterazione della roccia, con una coesione ed un angolo di attrito interno del materiale modesti:

TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH-02  
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: BRUSIANI						LOCALITA': SCUOLE MEDIE					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/11/2020					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N	N <sub>spt</sub>	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
			c [t]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa2 [kN/m <sup>2</sup> ]	σ <sub>v</sub> ' [kN/m <sup>2</sup> ]	R <sub>pd</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa3 [kN/m <sup>2</sup> ]
0.6	2.7	7.7	25.4	5499	23	52	4647	91	5.2	1986	99
1.6	7.8	22.1	33.1	15667	180	148	13240	260	20.2	5462	273
4.0	4.8	12.0	28.4	8507	260	80	7189	155	51.8	3019	151
5.6	3.1	6.6	24.9	4694	311	44	3966	105	88.5	1726	86
6.0	8.0	15.6	30.0	11057	698	104	9344	214	106.6	4117	206
6.4	31.0	57.2	43.7	40606	4330	383	34315	695	114.5	15677	784

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N <sub>spt</sub> = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^c = (15 \cdot N_{spt})^{.5} + 15$	(Road Bridge Specification)
Mo = 710 · N <sub>spt</sub> [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
$Qa1 = [(h \cdot \gamma' \cdot Nq) + (4 \cdot b \cdot \gamma \cdot N^2)] / 3$	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, N <sub>r</sub> Meyerhof)
Cu = 6.7 · N <sub>spt</sub>	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Ed = 600 · N <sub>spt</sub> [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
$Qa2 = [(h \cdot \gamma') + (Cu \cdot Nc)] / 3$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
R <sub>pd</sub> = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
$Qa_3 = (R_{pd} / 15)^{.75}$ ; $Qa = (R_{pd} / 20)$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

Dalla elaborazione della prova risulta che si ha uno strato di depositi poco addensati (naturali e/o antropici) fino a circa -5.6 m dal p.c. con N<sub>spt</sub> compreso fra 7 e 22 colpi; quindi, più in profondità, da -5.6 a -6.4 m dal p.c. circa, si ha uno strato più addensato o compatto con N<sub>spt</sub>~16/57, che corrisponde alla roccia alterata o a detrito molto addensato. Da -6.5 dal p.c. abbiamo infine la roccia alterata che porta al rifiuto strumentale.

### 1.5.2 Registrazione Sismica HVSR

Le misure delle V<sub>s30</sub> sono state ottenute dalla frequenza di oscillazione del sito misurata con tromografo Micromed.

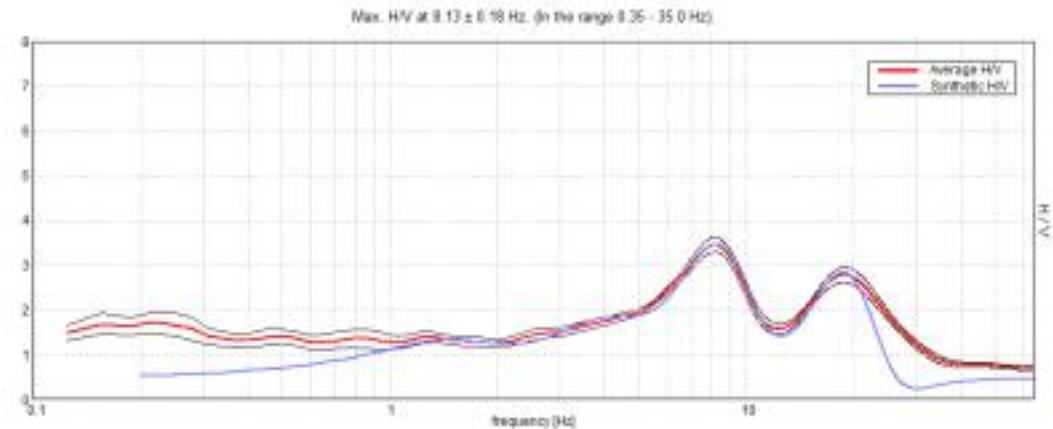
La misura si basa sulla registrazione dei microtremori tramite i rapporti spettrali (H/V) fra le componenti orizzontali e verticali del moto (Noghooshi e Igarashi 1970). La frequenza fondamentale



di risonanza (Fr) dello strato relativa alle onde S è pari a:

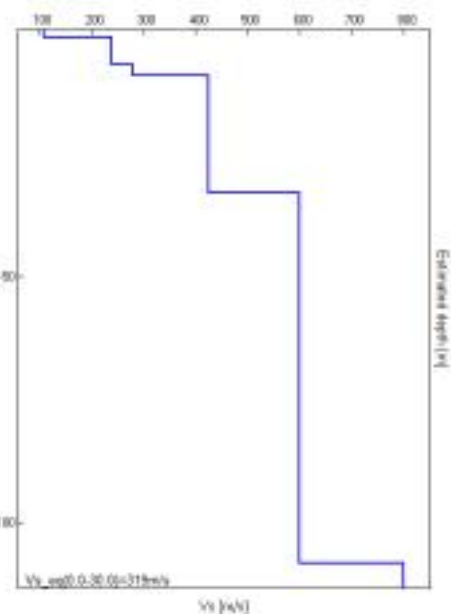
$$Fr = V_s / (4 \cdot h)$$

Di seguito si riporta il grafico H/V-Hz della registrazione sismica TR-1 effettuata presso la prova DPSH-1: si noti il confronto fra la curva H/V teorica (blu) e quella sperimentale (rosso):



Estendendo il ragionamento a tutti gli strati ed eseguendo l'inversione della velocità con ricostruzione teorica del grafico delle frequenze si ottiene la seguente interpretazione stratigrafica:

Thickness [m]	Vs [m/s]
1.60	110
5.50	240
2.10	280
24.00	425
75.00	600
inf.	800



La registrazione sismica concorda con la stratigrafia ricavata dalle prove penetrometriche, infatti, solo a partire -9 m dal p.c. circa, si ha una litologia sufficientemente compatta ed addensata da poter mandare a rifiuto il penetrometro ( $V_s \geq 400$  m/s).





## 2. RELAZIONE SISMICA (6.3)

### 2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA (DM 17/01/2018)

In base alla classificazione contenuta nell'ordinanza del PCM, n° 3274 del 20 Marzo 2003, il comune di *Pavullo nel Frignano* ricade nella Zona Sismica n°3 con  $a_g = 0.15 g$ .

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni $[a_g/g]$	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) $[a_g/g]$
1	$> 0,25$	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	$< 0,05$	0,05

Nelle recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/2008 e DM 17/01/2018) l'accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale, non viene più riferita ai territori comunali ma ad una griglia di riferimento specifica.

Quindi per ottenere i parametri di riferimento bisogna introdurre la latitudine e la longitudine del luogo e il tempo di ritorno: ad esempio, per il sito in questione, con un  $T_r=475$  anni si ottiene una accelerazione massima  $a_g=0.159g$ .

Anche nel DM 17/01/2018, per l'approccio semplificato, il suolo viene suddiviso nelle classiche cinque classi:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>



La classificazione avviene in base alla velocità delle onde S nel terreno, entro i primi 30 m di profondità dal p.c.

Se non si è in possesso della velocità delle onde S la normativa più recente (DM 17/01/2018) non prevede più le correlazioni fra la velocità delle onde S e il numero dei colpi dello Standard Penetration Test ( $N_{spt}$ ) oppure fra le Vs e le Cu.

### 2.1.1 Classificazione del suolo in base alle $V_{s30}$

Per il calcolo della  $V_{s30}$  equivalente, rappresentativa dell'intero pacco di strati di 30 m di spessore, si ricorre alla relazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{s30i})$$

Le misure delle  $V_{s30}$  sono state ottenute dalla frequenza di oscillazione del sito misurata con Tromografo Micromed.

Si riporta qui sotto, come esempio, la tabella delle velocità della registrazione sismica TR-01 eseguita in sito:

bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.60	1.60	110	0.45
7.10	5.50	240	0.40
9.20	2.10	280	0.40
33.20	24.00	425	0.40
108.20	75.00	600	0.40
inf.	inf.	800	0.40

Elaborando le varie velocità secondo la formula precedente si ottiene, per una profondità  $h = 0$  m dal p.c. la seguente velocità delle onde S nei primi 30 metri di terreno:

$$V_{s30} = \mathbf{319} \text{ m/s}$$

Dopo aver calcolato le  $V_{s30}$  (velocità delle onde S equivalenti), si individua il tipo di suolo corrispondente: nel nostro caso (vedi anche tab.3.2.II nella pagina precedente), si hanno valori delle onde S con:  $180 < V_{s30} < 360$  m/s e quindi un **suolo di tipo C**.

Anche le altre 2 registrazioni sismiche hanno fornito risultati simili (TR-2  $\rightarrow V_{s30}=359$  m/s e TR-3  $\rightarrow V_{s30}=314$  m/s).



## 2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (DM 17/01/2018)

Ai fini del DM 14/09/2005 e successive modifiche e dell'OPCM 3274 va definito lo spettro di risposta elastico, in accelerazione, per il sito in esame. Tale spettro indica, per ciascuna frequenza, la risposta allo scuotimento massimo (da terremoto) di un oscillatore elastico smorzato semplice (che rappresenta un edificio teorico 'tipo') con frequenza propria pari alla frequenza considerata.

Secondo l'ultima versione del DM 17/01/2018 (§ 3.2.3.2.1) tale spettro va calcolato secondo le formule sottostanti che valgono per le componenti orizzontali del moto del suolo.

Forma dello spettro elastico di riferimento	
Accelerazione. Componenti orizzontali. §.3.2.3.2.1	
$0 \leq T < T_B$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
$T_B \leq T < T_C$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$
$T_C \leq T < T_D$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$
$T_D \leq T$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$

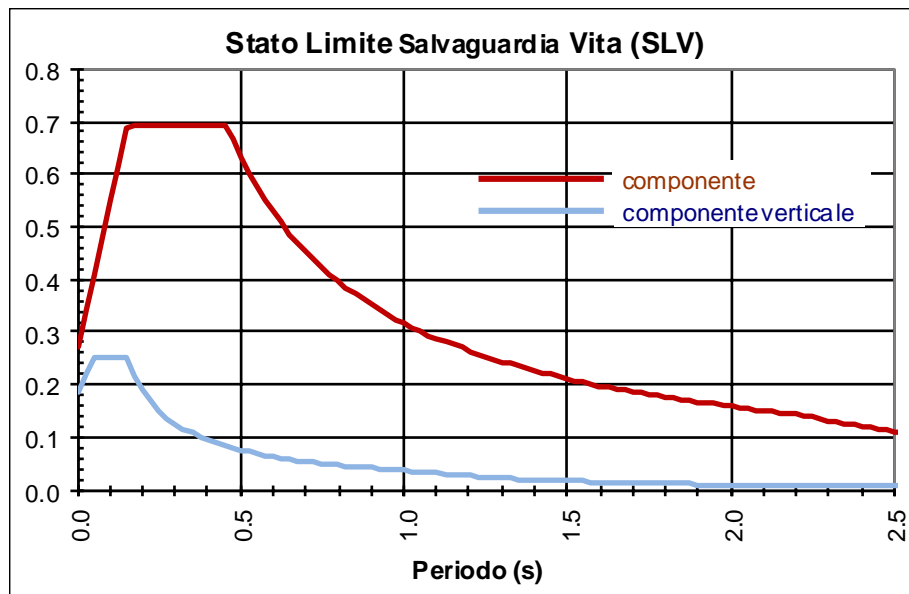
  

$S = S_s \times S_T$	coeff. ampl. stratigrafica x coeff. ampl. topografica tab.3.2V-VI
$\eta = (10 / (5 + \xi))^{1/2}$	$\xi$ è lo smorzam. in % (normalmente 5%, diversamente si valuta in base alle caratteristiche dell'edificio)
$F_o$	fatt. amplif. spettrale max orizz. (> 2.2, allegato alla norma)
$T_C = C_c \times T_c^*$	( $C_c$ in tab.3.2V e $T_c^*$ in allegato alla norma)
$T_B = T_c / 3$	
$T_D = 4 a_g / g + 1.6$	

Con  $T$  si intende il periodo fondamentale di risonanza dell'edificio (espresso in secondi) e con  $a_g$  l'accelerazione massima di picco del sottosuolo (PGA) in caso di terremoto ( $m/s^2$ ).

Elaborando i dati ottenuti dalla sismica si ottiene per un **suolo tipo C**, un tempo di ritorno  $T_r=475$  anni (opere ordinarie,  $V_n=50$  anni e classe d'uso II), una amplificazione topografica  **$S_t=1.2$**  e un coefficiente di smorzamento pari al 5% le seguenti forme spettrali:





Quindi dalla sintesi dei dati è possibile fornire per il sito in oggetto il seguente quadro:

- 1) La categoria del suolo di fondazione è la **C**.
- 2) L'accelerazione orizzontale di picco PGA (Peak Ground Acceleration), riferita ad un suolo C, è di **0.70 g**, con  $T_r=475$  anni (dove  $g$  = accelerazione di gravità =  $9.81 \text{ m/s}^2$ ).
- 3) Il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  e il coefficiente  $C_c$  sono quelli relativi alla categoria di suolo di fondazione **C** descritti nella tabella 3.2.IV. del DM 17/01/2018.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_a \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per i dettagli si veda l' **ALLEGATO B** e il DM 17/01/2018.



## 2.3 STUDI SISMICI PREGRESSI

Il comune di Pavullo, attuando gli indirizzi previsti dal PTCP, ha realizzato a corredo del PSC una cartografia della pericolosità sismica locale ad una scala di maggior dettaglio rispetto al PTCP, individuando le parti del territorio caratterizzate dai differenti scenari di pericolosità sismica locale.

Le analisi svolte hanno individuato le seguenti parti del territorio:

- aree che non necessitano di approfondimento, in quanto si ritiene il pericolo sismico assente o trascurabile: si tratta di parti di territorio per le quali gli studi di I livello non hanno individuato specifiche controindicazioni all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso;

- aree che necessitano di una seconda fase di approfondimento, al fine di valutare la pericolosità sismica:

- aree oggetto di approfondimenti semplificati di II livello (le amplificazione vengono calcolate tramite le tabelle regionali fornite dalle delibere della RER);

- aree oggetto di analisi approfondita di III livello (in genere aree interessate da fenomeni franosi, spessori importanti di ricoprimenti, aree dove sono possibili ingenti fenomeni di cedimento).

Dagli studi eseguiti a carico dell'amministrazione comunale l'area, oggetto di intervento, ricadrebbe negli approfondimenti di II livello per cui non vengono segnalati particolari criticità. Se si vuole approfondire tali studi, si rimanda alle verifiche (analisi semplificata tramite le tabelle regionali) che sono state sviluppate a carico dell'amministrazione comunale e riportate all'interno del PSC stesso ed alle cartine riportate nelle tavole da pagina 11 a pagina 17 della presente relazione. Tuttavia, visto che gli studi fanno riferimento alla normativa regionale DAL RER 112/2007 e visto che dovrebbero essere aggiornati all'ultima normativa DGR RER 630/2019 e visto soprattutto che dai dati ricavati dalle indagini geognostiche sono emersi depositi di versante di spessore non trascurabile ( $H > 5$  m), si è pensato di approfondire gli studi tramite approfondimenti di III livello e quindi calcolare le amplificazioni sismiche non tramite le tabelle regionali, ma tramite una RSL.

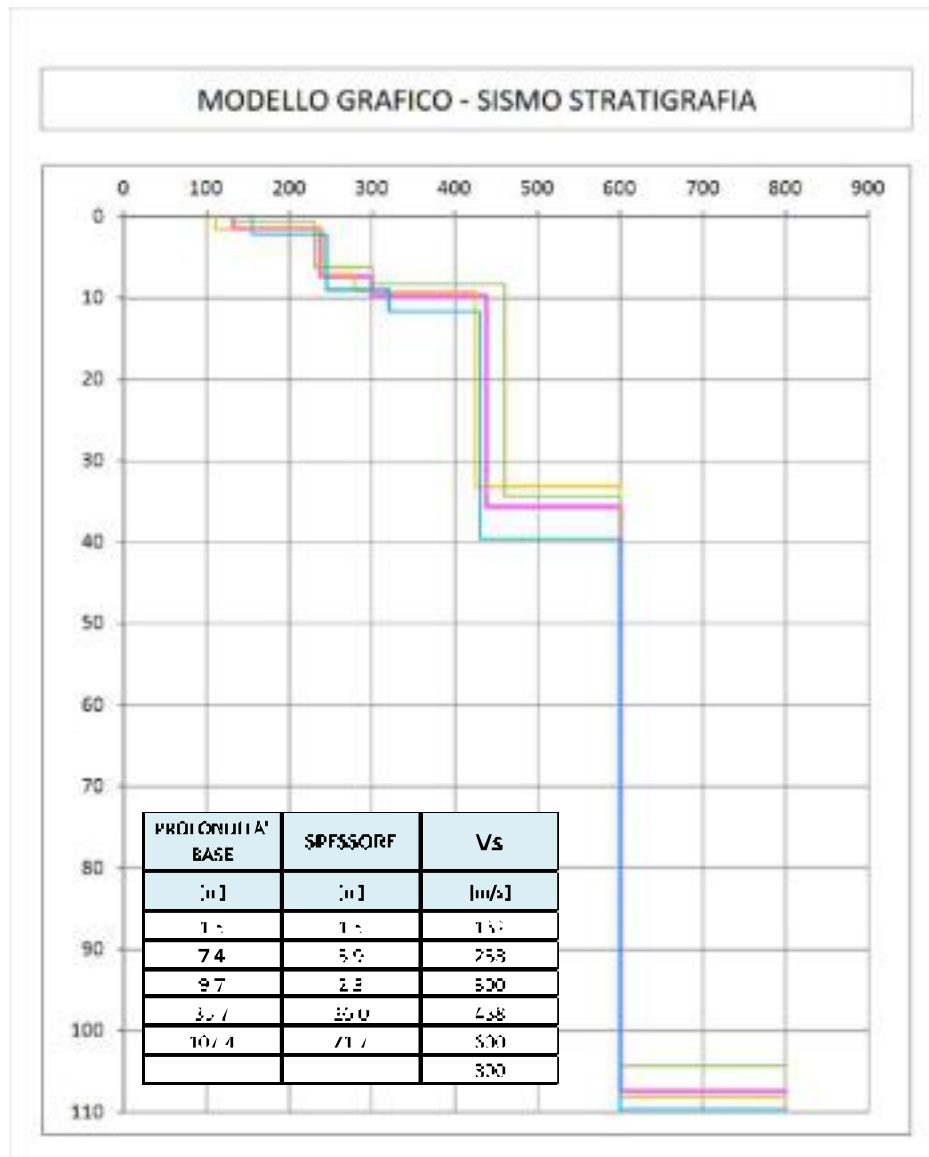


## 2.4 RISPOSTA SISMICA LOCALE

### 2.4.1 Modello Sismo Stratigrafico del Terreno

Per la risposta sismica locale si sono utilizzate 3 registrazioni sismiche HVSR tarate sulle prove penetrometriche dinamiche in modo da vincolare il passaggio fra il primo strato (depositi di versante, con il secondo strato (roccia alterata), così che la curva sintetica ottenuta dalla tecnica HVSR sia compatibile con la stratigrafia presente in sito.

Per la ricostruzione sismo-stratigrafica e per ottenere un modello unico dalle 3 registrazioni, si è proceduto in questo modo: dopo aver individuato nelle 3 registrazioni sismiche HVSR gli strati principali, si sono mediati gli spessori e le velocità delle onde S, ottenendo il seguente modello sismo-stratigrafico:







	PROFONDITA' (m dalla base dello strato)							SPESSORE [m]							VELOCITA' ONDE VS [m/s]						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
1	1.5	0.7	1.2					1.6	0.7	2.2					110	150	153				
2	7.1	7.7	8.8					2.9	2.9	3.8					270	230	270				
3	11.2	11.4	11.6					2.7	2.7	2.6					280	300	320				
4	14.9	14.8	14.6					24.0	25.0	25.0					423	400	450				
5	19.0	19.1	19.1					7.0	7.0	7.0					600	600	600				
6															800	800	800				

Dalla sintesi dello studio si è ottenuta la seguente stratigrafia sismica che è stata introdotta nel codice di calcolo EERA per la verifica del modello e per il calcolo dell'amplificazioni di sito e delle accelerazioni sismiche attese al sito:

	Depth Down (m)	Thickness (m)	Soil Type	$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]	Vs (m/s)
1	1.5	1.5	Suolo	18	132
2	7.4	3.9	Detrito	19	238
3	9.7	2.3	Detriti e Roccia	20	300
4	14.9	5.2	Roccia alterata	21	438
5	20.1	5.2	Roccia alterata	21	438
6	25.3	5.2	Roccia alterata	21	438
7	30.5	5.2	Roccia alterata	21	438
8	35.7	5.2	Roccia alterata	21	438
9	49.7	14.0	Roccia compatta	22	500
10	63.7	14.0	Roccia compatta	22	500
11	77.7	14.0	Roccia compatta	22	500
12	91.7	14.0	Roccia compatta	22	500
13	107.4	15.7	Roccia compatta	22	500
		Half-Space	Bedrock	22	800

### 2.4.2 Curve di Degradazione dei Materiali

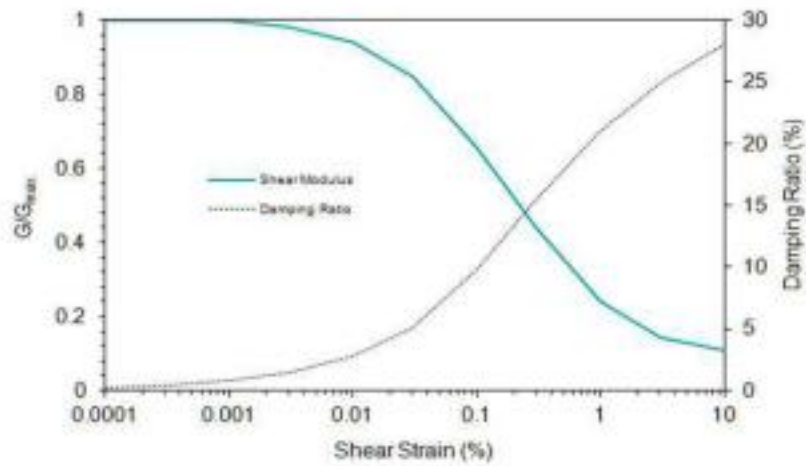
Per le curve di degradazione dei materiali si sono utilizzate le classiche curve più note in letteratura: per le argille si usano generalmente quelle di Seed & Sun (1989); per le sabbie quelle di Seed & Idriss (1970); infine per le rocce e terreni a comportamento rigido si usano le curve riportate nella pagina seguente.

Queste sono le curve di degradazione più usate in letteratura e sono presenti di default nei codici di calcolo utilizzati per la Risposta Sismica Locale come EERA.



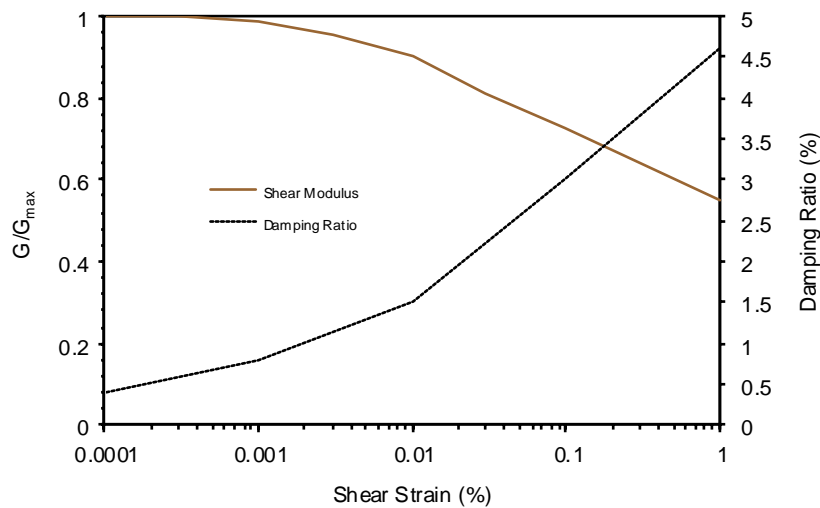
Modulus for clay (Seed and Sun, 1989) upper range and damping for clay (Idriss 1990)

Strain (%)	$G/G_{max}$	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	0.24
0.0003	1	0.0003	0.42
0.001	1	0.001	0.8
0.003	0.981	0.003	1.4
0.01	0.941	0.01	2.8
0.03	0.847	0.03	5.1
0.1	0.656	0.1	8.8
0.3	0.438	0.3	15.5
1	0.238	1	21
3	0.144	3.16	25
10	0.11	10	28



Attenuation of rock average and damping in rock

Strain (%)	$G/G_{max}$	Strain (%)	Damping (%)
0.0001	1	0.0001	0.4
0.0003	1	0.001	0.8
0.001	0.9875	0.01	1.5
0.003	0.9525	0.1	3
0.01	0.9	1	4.6
0.03	0.81		
0.1	0.725		
1	0.55		





### 2.4.3 Gli input Sismici

Per poter confrontare i risultati, ridurre al minimo gli errori ed avere un quadro più completo sulle scelte operate, vengono qui utilizzati 2 tipi di input sismici che vengono applicati al medesimo modello sismo-stratigrafico visto in precedenza:

1) 3 input forniti dalla RER per una stima della amplificazione sismica di III livello, ma solitamente non utilizzati ad uso ingegneristico per via del loro tempo di ritorno ( $T_r=475$  anni);

2) 7 input sismici (come prevede la normativa) prelevati dai database nazionali ed europei tramite appositi software e scalati in base al tempo di ritorno che interessa (7 INPUT REXEL);

I segnali di riferimento forniti dalla RER (disponibili nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale), sono stati selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion Database" attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 5% di probabilità di eccedenza in 50 anni) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati "Italian Accelerometric Archive". Quindi se dobbiamo produrre materiale allo scopo della pianificazione territoriale (mappe di amplificazione, ecc.) o se al limite siamo in presenza di un'opera la cui vita di riferimento e lo stato limite conducono ad un periodo di ritorno di 475 anni, possiamo utilizzare gli input sismici forniti dalla regione, altrimenti bisogna ricorrere ad una procedura un po' più complessa ed a software specifici (REXEL) per la ricerca di input sismici più appropriati (la normativa nazionale impone l'utilizzo di 7 input). In ogni caso è sempre utile confrontare gli input regionali (RER) con quelli ricavati ad hoc tramite programmi come REXEL.

### 2.4.4 Dati di Disaggregazione

L'estrazione degli accelerogrammi di input (tramite software specifici) prevede la determinazione di altri parametri oltre il valore di  $a_g$ : in particolare, bisognerà conoscere per il sito in esame i dati di disaggregazione (come ad esempio la variabilità in termini di magnitudo e distanza), reperibili nel sito dell'Istituto di Geofisica

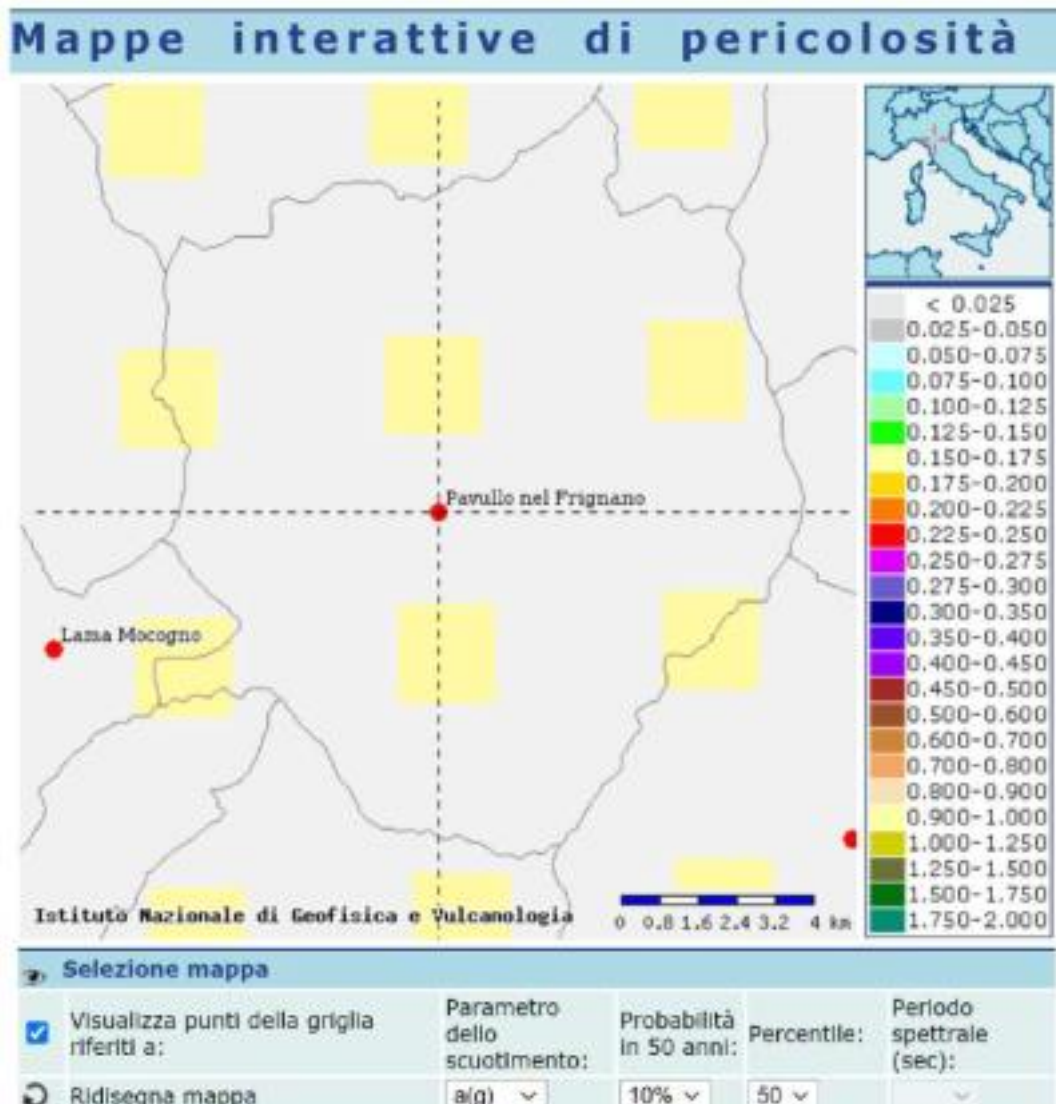


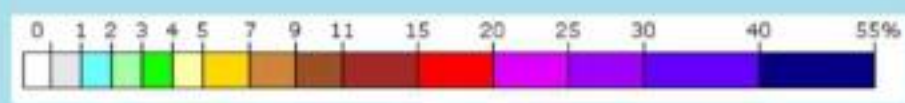
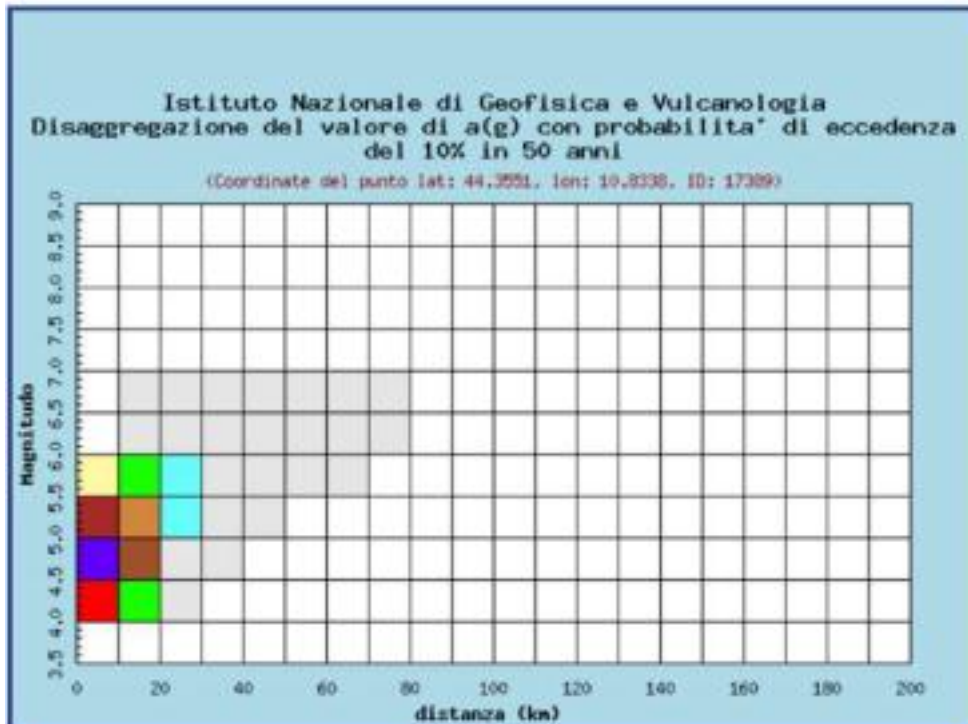


e Vulcanologia di Milano (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale.

Si accede ad una pagina web in cui va indicato il comune oggetto d'indagine (o le coordinate del sito), la probabilità di accadimento in 50 anni ed il percentile. Si seleziona una probabilità la più vicina al periodo di ritorno relativo al progetto di cui ci dobbiamo occupare. Si ricordi che ai sensi dell'Allegato B delle norme tecniche per le costruzioni, il periodo di ritorno ( $T_r$ ) è legato alla vita di riferimento ( $V_r$ ) ed alla probabilità di superamento della vita di riferimento ( $P_{vr}$ ) dalla seguente relazione:  $T_r = -V_r / \ln(1 - P_{vr})$ .

Pertanto, verificato il periodo di ritorno relativo alla scelta di progettazione effettuata, si cerca nel sopraccitato sito INGV qual è il valore di  $P_{vr}$  ( $V_r$  è fissa a 50anni) corrispondente al valore di  $T_r$  (secondo la predetta formula) corrispondente o più simile al periodo di ritorno di progetto. Per tempi di ritorno di 475 anni si trova una corrispondenza esatta nella suddetta mappa.





**Contributo percentuale alla pericolosita'**

Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.3551, lon: 10.8338, ID: 17389)											
Distanza in km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	19.800	31.300	14.000	4.260	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.710	9.430	7.410	3.510	0.089	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.036	0.783	1.760	1.350	0.592	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.008	0.257	0.586	0.384	0.071	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.017	0.160	0.156	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.039	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.890	8.710	0.911



Pertanto, per il presente uso di pianificazione territoriale, si è selezionata la probabilità di superamento del 10% in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno pari a 475 anni.

Si può osservare come il *range* di  $a_g$  indicato nella mappa INGV è confrontabile con quello calcolato con il foglio di calcolo del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ( $a_g=0.159$ ).

Nella tabella seguente si riporta un riepilogo dei dati necessari alla risposta sismica locale ad uso PSC:

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI PER EDILIZIA COMUNALE (RER)		
Coordinate del sito (ED5C)	LAT	41.339188
	LONG	10.831136
Parametri Progettazione	Vita Normale = 50 anni	
	Coefficiente d'uso = 1	
	Stato limite di riferimento = S.V	
	Tempo di ritorno = 475 anni	
Acc. Orizzontale max al sito ( $a_g$ )		$a_g = 0.159$
Dati di disaggregazione		Magnitudo: $4.3 < M < 5.3$
		Distanza: $0 < R < 20$

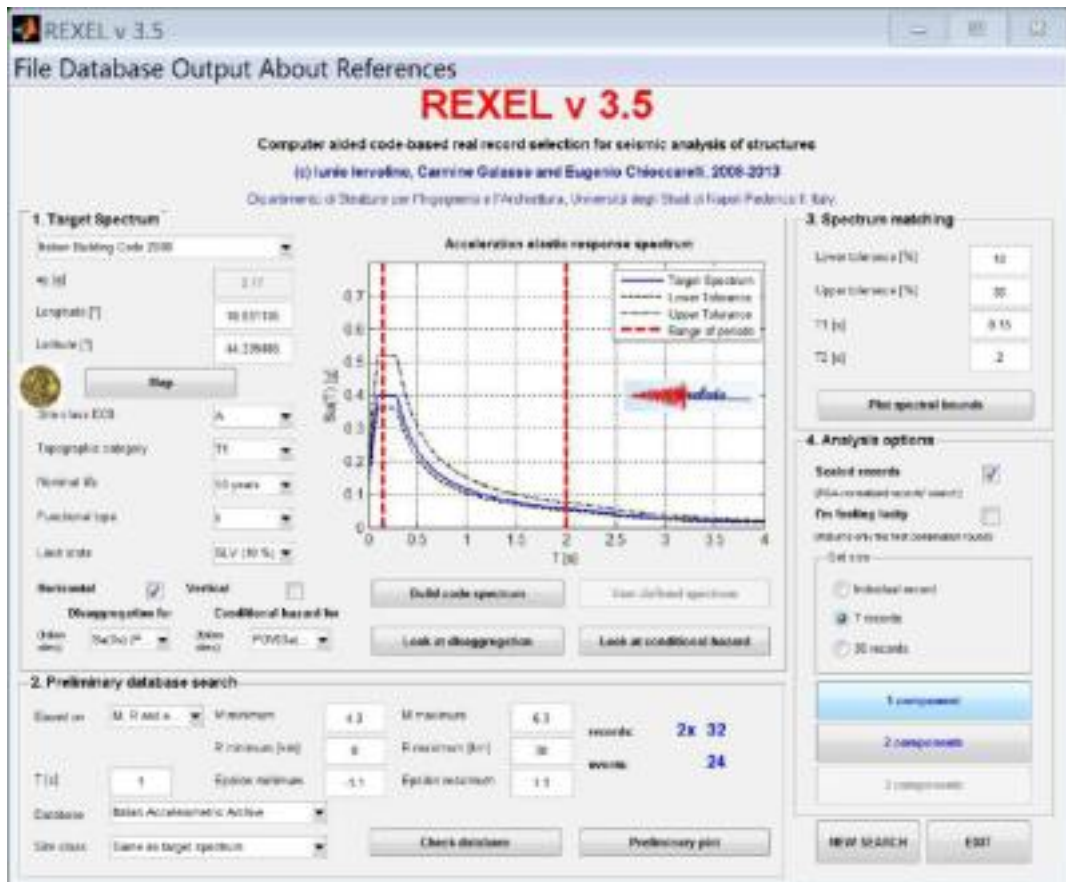
Naturalmente, nel caso di un uso ingegneristico della RSL, il medesimo procedimento va ripetuto anche per tempi di ritorno più bassi, corrispondenti allo SLD e allo SLO.

#### 2.4.5 Estrazione di Accelerogrammi naturali

Il software Rexel (in questo caso si è utilizzata la versione 3.5 beta) permette l'estrazione di accelerogrammi di input naturali per applicazioni ingegneristiche, ma anche di pianificazione territoriale, da più banche dati, quali la banca dati europea ESD (Ambroseys et al., 2004; [http://www.isesd.hi.is/ESD\\_Local/frameset.htm](http://www.isesd.hi.is/ESD_Local/frameset.htm)), la banca dati italiana ITACA (Working Group ITACA 2010; <http://itaca.mi.ingv.it/ItacaNet/>) e la banca dati Simbad (Smerzini e Paolucci, 2011; [http://wpage.unina.it/iuniervo/SIMBAD\\_Database\\_Polimi.pdf](http://wpage.unina.it/iuniervo/SIMBAD_Database_Polimi.pdf)), mediante una finestra windows abbastanza semplice che si interfaccia all'ambiente MATLAB.

Senza entrare nei dettagli d'uso del programma REXEL è stato possibile, dopo aver immesso le coordinate del sito, la vita nominale e la classe d'uso, i dati di disaggregazione, la banca dati (nazionale od europea) ed altri parametri per lo più di tolleranze e



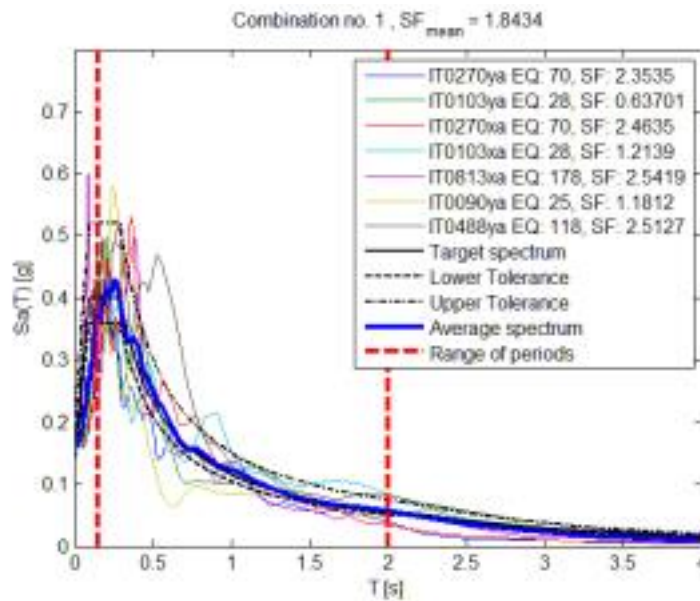


di analisi, l'estrazione di 7 accelerogrammi naturali (nella immagine sopra riportata si sono estratti gli input per lo SLV).

Si riportano uno dei set selezionati per l'area studiata e con tempi di ritorno di  $T_r=475$  anni, dall'Italian Accelerometric Archive. Questo è il set che è stato selezionato ed introdotto in EERA.

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	M <sub>w</sub>
273	73	FNT	VAL COMINO EARTHQUAKE	01/05/1984	5.9
103	28	S3CO	TRIULI EARTHQUAKE / TH SHOCK	15/09/1976	5.9
273	73	FNT	VAL COMINO EARTHQUAKE	01/05/1984	5.9
103	28	S3CO	TRIULI EARTHQUAKE / TH SHOCK	15/09/1976	5.9
813	178	MTR	L'Acciaia Merced		6.3
90	25	S3CO	TRIULI EARTHQUAKE / TH SHOCK	15/09/1976	5.9
488	118	CSC	UMBRIA-MARCHE EARTHQUAKE	11/10/1997	5.6
mean:					5.91

Infine si riporta un grafico allegato ai dati scaricati in REXEL che mostra i set di record trovati.



#### 2.4.6 Il Software per la RSL (EERA)

La modellazione numerica dei dati ottenuti dalle diverse prove dirette ed indirette, è stata realizzata tramite l'ausilio del software **EERA**, che è un software di calcolo realizzato per verifiche monodimensionali che, eseguendo una sequenza di analisi lineari complete, è in grado raggiungere valori di rigidezza  $G$  e di smorzamento  $D$  compatibili con le caratteristiche delle colonne litologiche oggetto di studio.

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, si compone di due fasi principali:

- 1) Introduzione nel software ed elaborazione del modello;
- 2) Simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

- La prima fase consiste nell'inserire gli input sismici (accelerazioni, intervalli di tempo), relativi ai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database" forniti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (oppure in alternativa possono essere scaricati altri input tramite appositi software come REXEL).

La regione fornisce solo 3 input sismici, ma sono stati opportunamente calibrati: sulla base di questi dati è possibile calcolare, gli accelerogrammi e lo spettri di risposta riferiti ad un periodo di ritorno di 475 anni e ad uno smorzamento  $\zeta = 5\%$ .



I segnali regionali o input sismici devono essere “scalati” rispetto ad una griglia di riferimento (coordinate lat e long) e sono rappresentati da tre differenti accelerogrammi di progetto:

- 1) impulsivo (codice 46);
- 2) con ampio contenuto in frequenze (codice 126);
- 3) con componente predominante alle alte frequenze (codice 354).

Il procedimento migliore, che è stato usato nel presente studio, consiste nell'utilizzare sia gli input sismici regionali, ma anche quelli scaricati con altri software, in modo da confrontare gli spettri ottenuti dai 2 modelli in modo da evitare errori di procedura.

Dopo aver determinato gli input sismici, è necessaria la costruzione del modello del sottosuolo, rappresentato da strati (layer) a differente tessitura e diversi valori delle onde di taglio S (Vs).

La stratigrafia che caratterizza il modello deriva dalla sintesi delle indagini eseguite in sito (3 registrazioni sismiche HVSR e 4 prove penetrometriche dinamiche).

Per quanto riguarda l'attribuzione delle velocità delle onde di taglio (Vs) ai differenti layer costituenti la colonna litologica schematica, vengono utilizzati i risultati derivanti dalla tomografia.

- La seconda fase (elaborazione degli effetti indotti dai sisma di progetto), consente di ottenere gli "spettri di risposta".

Nel foglio di calcolo EERA vengono riprodotti gli spettri di accelerazione (PGA), di velocità (PGV) e di spostamento per ognuno dei singoli segnali scaricati dal sito della regione (o da REXEL).

Con il programma EERA sono stati ricostruiti sia gli spettri riferiti al modello locale del terreno che gli spettri riferiti al bedrock sismico di riferimento (SUOLO A+T1 del DM 01/17/2018).

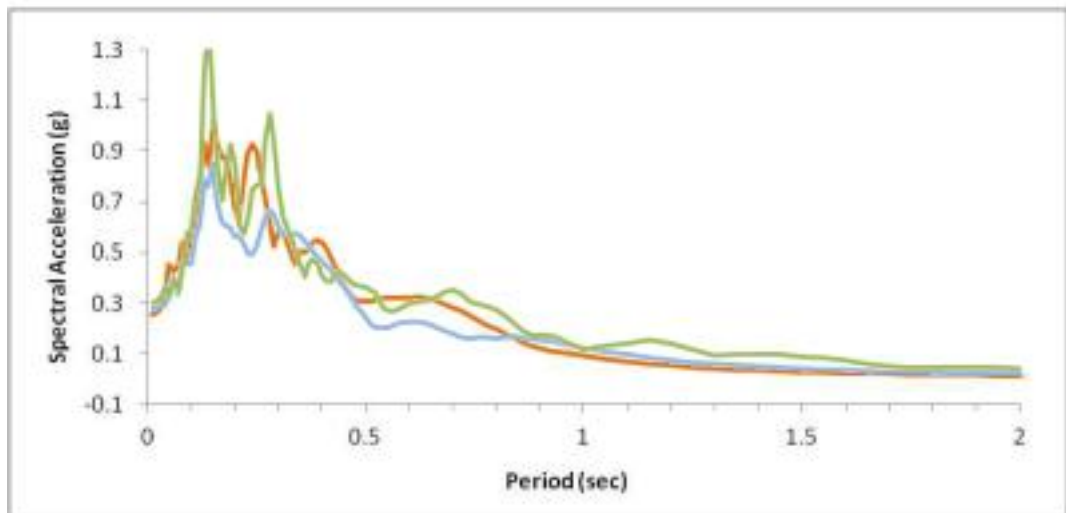
Lo spettro calcolato al suolo di riferimento somma dei 3 spettri in output ricavati dai segnali regionali (46, 125, 354), oppure somma dei 7 spettri di output ricavati dai segnali trovati da REXEL, è stato quindi confrontato con lo spettro di risposta normalizzato al suolo di riferimento fornito dalla regione.

Dal confronto è emerso che lo spettro calcolato con EERA è praticamente sovrapponibile allo spettro di risposta in accelerazione ricavato utilizzando l'apposita griglia fornita nell'Allegato A4 del DGR 630/2019 ( $a_{ref} = 0.159$ ).



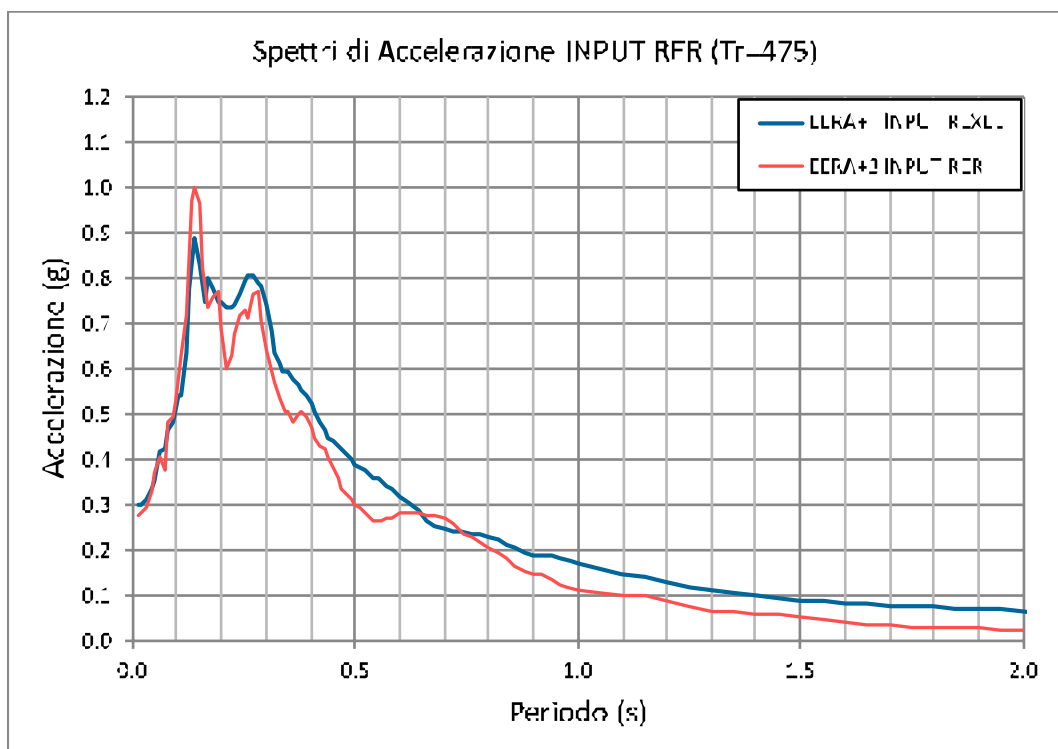


Nel grafico sotto riportato si noti la sovrapposizione fra i tre spettri di accelerazione ricavati dai tre segnali di riferimento forniti dal database della regione e riferiti al modello locale.



In rosso il segnale Impulsivo (76), in blu il segnale con alto contenuto in frequenze (126), in verde, infine, il segnale con componente preponderante alle alte frequenze (357).

Nel grafico sotto riportato si distingue in rosso l'accelerazione spettrale ottenuta con EERA+3 INPUT RFR ed in blu l'accelerazione spettrale ricavata con EERA+7 INPUT REXEL:





#### 2.4.7 Amplificazioni Sismiche (DGR 630/2019)

È stata eseguita l'analisi di risposta sismica locale (RSL) per l'area studiata (analisi di III livello) così come indicato nella DAI, RER 112/2007, nel DGR 2193/2015, ed infine nel DGR 630/2019.

Sono stati sviluppati 2 modelli separati utilizzando la medesima stratigrafia sismica: nel 1° introducendo i 3 input sismici regionali (46, 126, 354), nel 2° i 7 input ricavati da REXEL.

I dati in output derivanti dai singoli input sismici (dati in accelerazione, spostamento, velocità, frequenze di amplificazione, ecc) sono stati quindi rielaborati e mediati per ottenere un unico output.

I risultati così ottenuti dai 2 modelli sia in termini di spettri di accelerazioni, velocità, spostamenti, ma anche di integrali delle velocità e delle accelerazioni, sono risultati confrontabili fra loro.

Nelle pagine seguenti si è quindi scelto di riportare i risultati ottenuti con il modello ottenuto da EERA + 7 INPUT REXEL.

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti da EERA+REXEL:

1) Andamento della massima deformazione di taglio e della massima accelerazione in funzione della profondità. (In particolare, il "profilo di variazione della massima deformazione di taglio" è un'utile indicazione da riportare in output: tale elaborato rende evidente il non superamento della soglia volumetrica ( $\gamma_P$ ), che in assenza di valutazioni più accurate, può essere posta pari a 0,1%);

2) La funzione di amplificazione spettrale FAS (o funzione di trasferimento) come rapporto tra l'ampiezza dello spettro al suolo e quello in corrispondenza del bedrock per un valore di smorzamento critico pari al 5%. La FAS è indice di come le puntuali condizioni sismo-stratigrafiche del sito hanno agito sulla modifica dell'input sismologico. Tale funzione fornisce quindi non solo informazioni sulla massima amplificazione attendibile e sulla frequenza corrispondente, ma anche sui valori di amplificazione o di attenuazione relativi ai campi di frequenza di interesse;

3) Le forme spettrali in accelerazione (al suolo e al bedrock) ottenute dalla media dei 7 output separati ottenuti dalla singola elaborazione di ogni input sismico scaricato con REXEL;

4) Il grafico dello spettro di pseudo velocità relativa ricavato sempre dalla media delle singole velocità ottenute dalle 7 elabora-



zioni separate eseguite in EERA;

5) Il grafico dello spettro di spostamento relativo, mediato sempre dai 7 spettri in output.

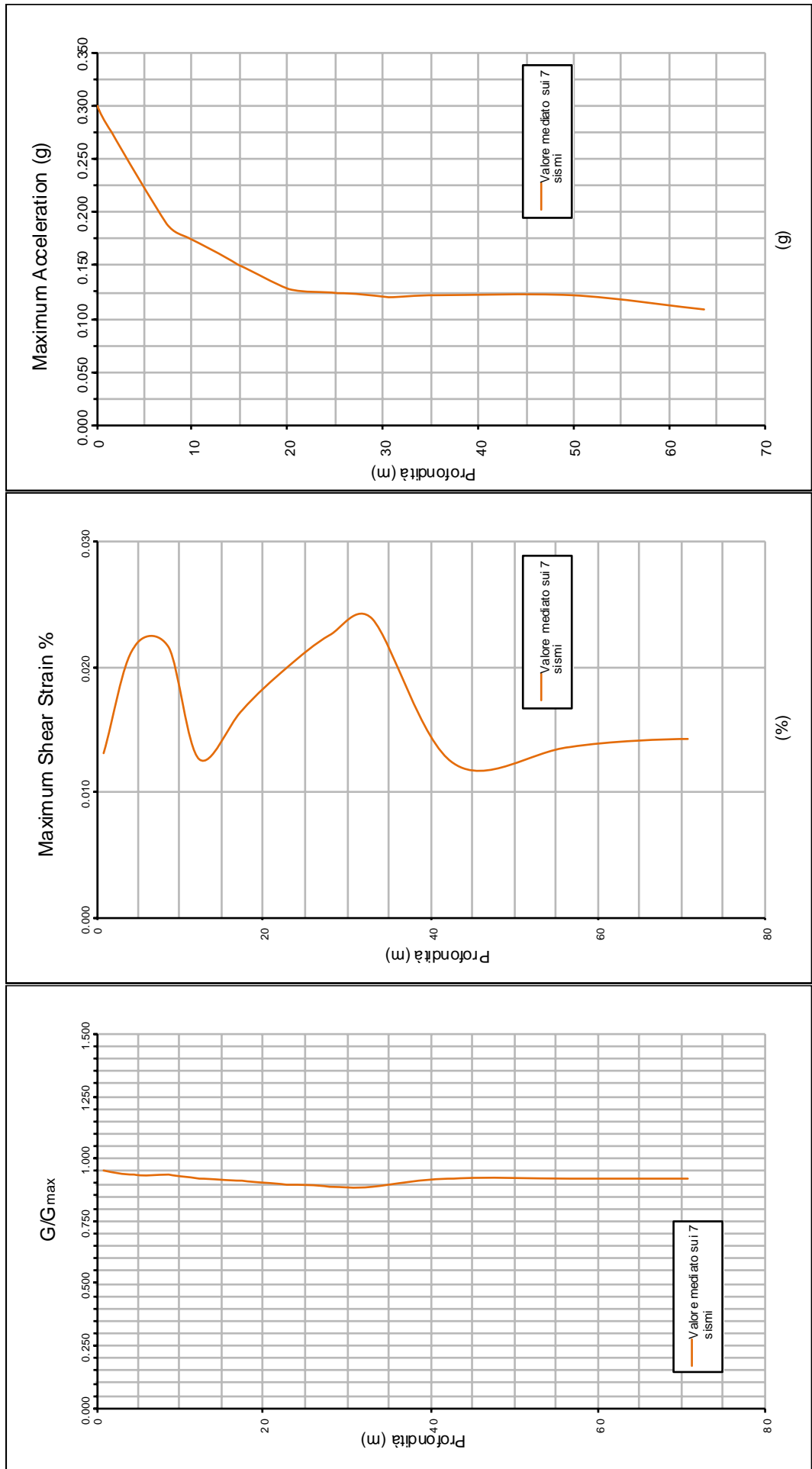
6) i coefficienti di amplificazione sismica espressi sia come rapporti degli integrali delle accelerazioni ( $SA/SA_0$ ), ma anche come rapporti degli integrali delle velocità relative (rapporto di Intensità di Housner,  $SI/SI_0$ ), per prefissati intervalli di tempo.

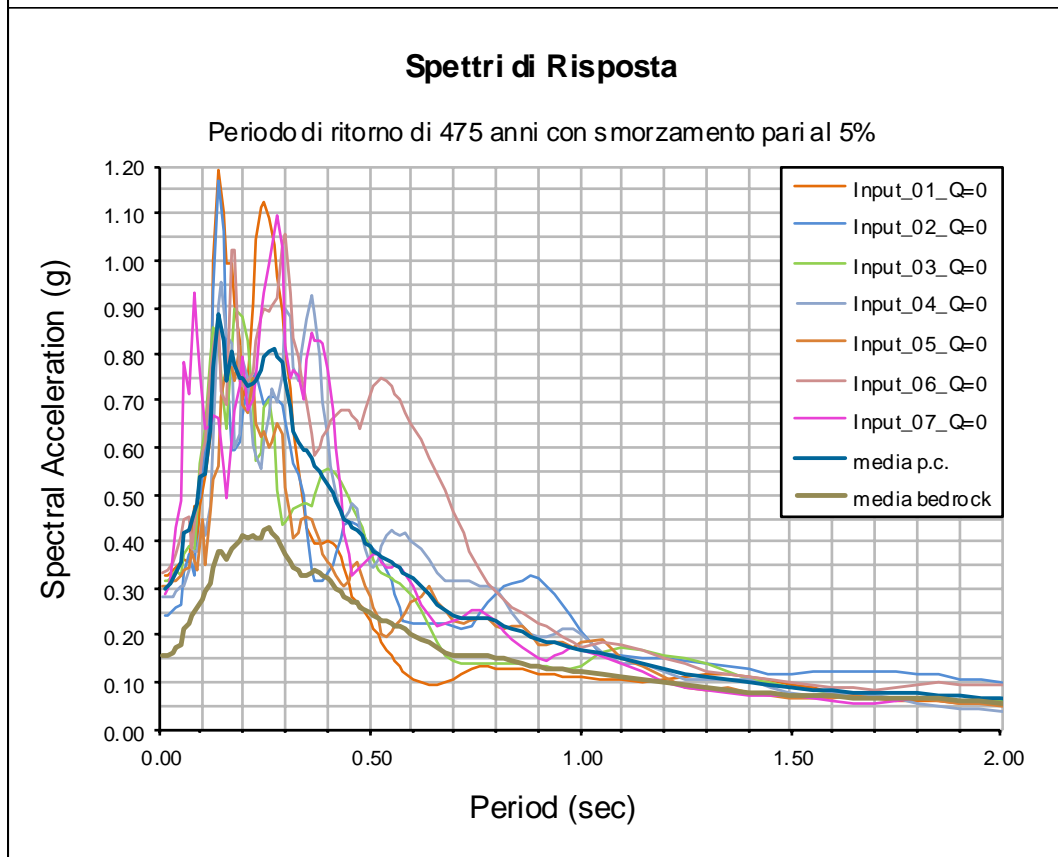
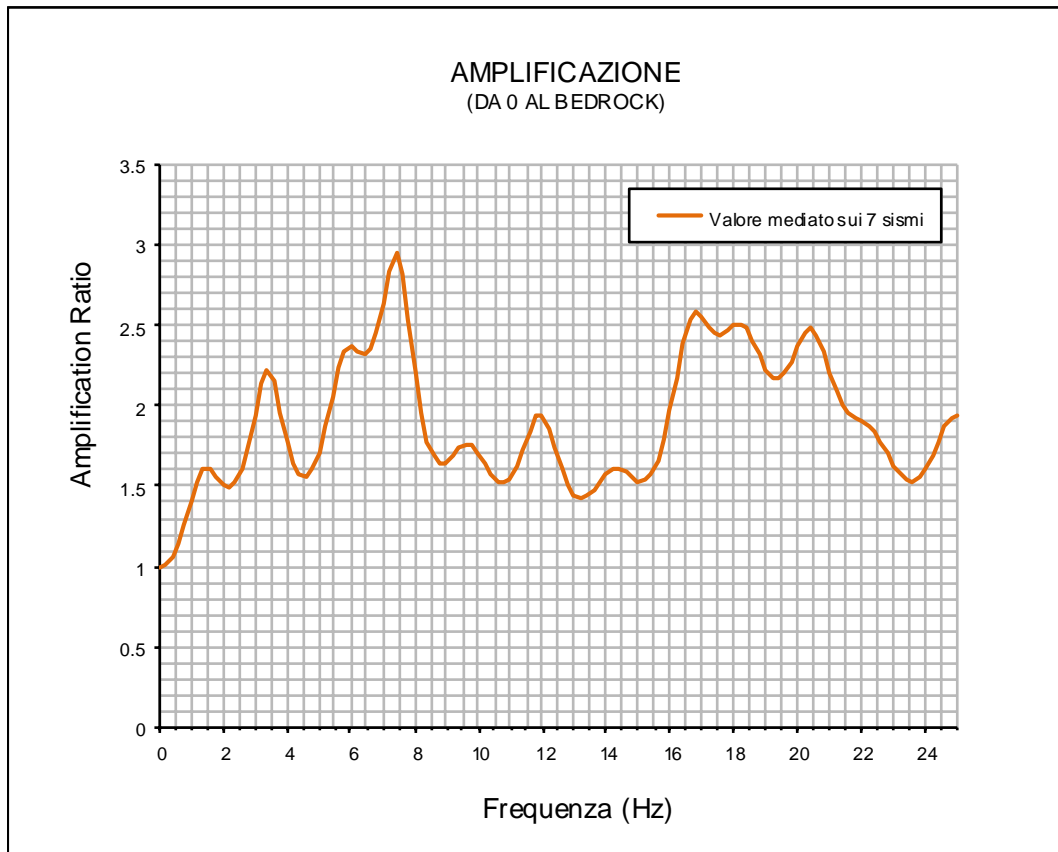
Nell'analisi di II livello è sufficiente la conoscenza delle  $V_s 30$  o  $V_{sh}$  e della profondità del bedrock sismico, per calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento (vedi tabelle A2 e formule degli allegati delle direttive regionali).

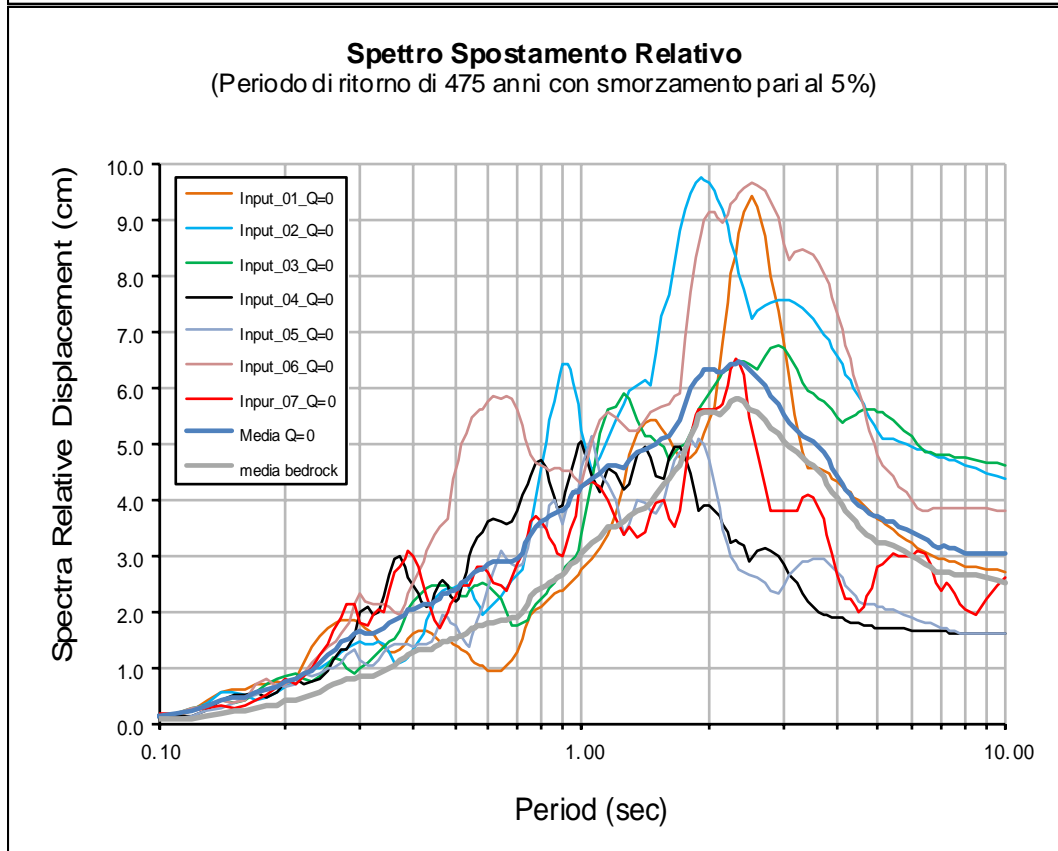
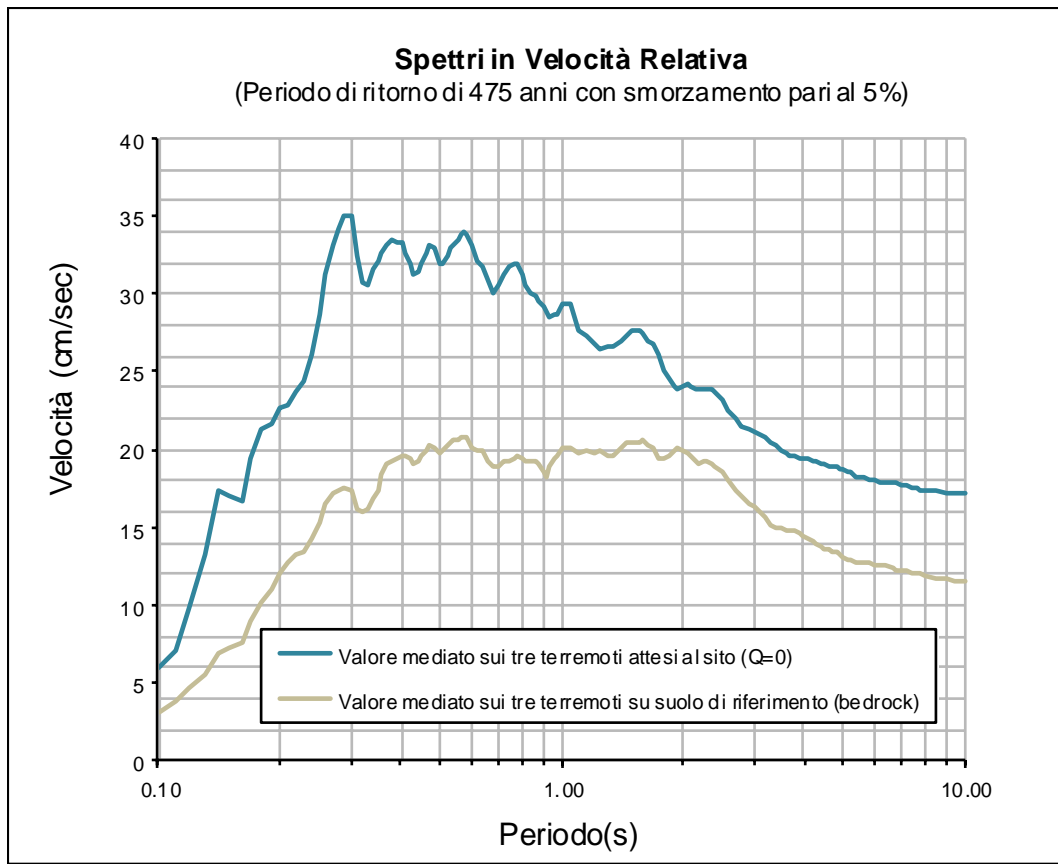
Nelle prime 2 direttive (2193/ 2007 e 630/2015) questi fattori di amplificazione erano espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ( $PGA/PGA_0$ ), sia di rapporto di Intensità di Housner ( $SI/ SI_0$ ), per prefissati intervalli di periodi, dove  $PGA_0$  e  $SI_0$  sono rispettivamente l' accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, definiti da una griglia e ricavabili dal data base regionale (disponibile nel sito internet [www.regione.emilia-romagna.it/geologia/sismica](http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/sismica)), mentre  $PGA$  e  $SI$  sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie.

Nell'ultima direttiva regionale (DGR 630/2019) si sono introdotti altri coefficienti di amplificazione non solo tenendo conto del rapporto delle accelerazioni massime fra suolo di riferimento e risposta sismica locale ( $PGA/PGA_0$ ) e di Intensità di Housner ( $SI/SI_0$ ), come già visto fin dalla DAL RER 112/2007, ma si sono introdotti anche i rapporti fra integrazioni di accelerazioni ( $SA_1, SA_2, SA_3, SA_4$ ) per prefissati periodi di tempo e si è introdotto lo scuotimento atteso al sito ( $H_{SM}$ ): in più nel III livello di approfondimento si sono introdotti anche gli scuotimenti in accelerazione ( $cm/sec^2$ ) per diversi periodi di tempo ( $H_{10408}, H_{20711}, H_{30515}$ ).













Dagli spettri in accelerazione (grafico in basso a pag.46) si ottiene il fattore di amplificazione PGA/PGAo e per integrazione dello spettro in accelerazione, per prefissati periodo di tempo, le nuove amplificazioni richieste dalla delibera DGR 630/2019:

ACCELERAZIONE MAX. ORIZZ. AL TEMPO T=0		AMPLIFICAZIONI IN ACCELERAZIONE	
PGA = 0.29g	PGAo = 0.15g	GammaPGA = PGA/PGAo = <b>1.88</b>	
INTEGRALI DEGLI SPETTRI IN ACCELERAZIONE		AMPLIFICAZIONI (FA)	
SA1 = 255 cm/s	SAo1 = 138 cm/s	FA1 = SA1/SAo1 (0.5) = <b>1.84</b>	
SA2 = 137 cm/s	SAo2 = 85 cm/s	FA2 = SA2/SAo2 (1.0) = <b>1.57</b>	
SA3 = 82 cm/s	SAo3 = 56 cm/s	FA3 = SA3/SAo3 (1.1) = <b>1.45</b>	
SA4 = 189 cm/s	SAo4 = 131 cm/s	FA4 = SA4/SAo4 (1.5) = <b>1.44</b>	

Dagli spettri in Pseudo Velocità Relativa (grafico in alto a pag. 47) integrando rispetto al tempo, si ottengono le amplificazioni di Housner così come richiesto dalle delibere regionali.

Si noti come a partire dalla delibera regionale DGR 2193/2015 viene aggiunta una nuova amplificazione, cioè il rapporto SI3/SIo3 con integrazione della velocità compresa 0.5 e 1.5 secondi:

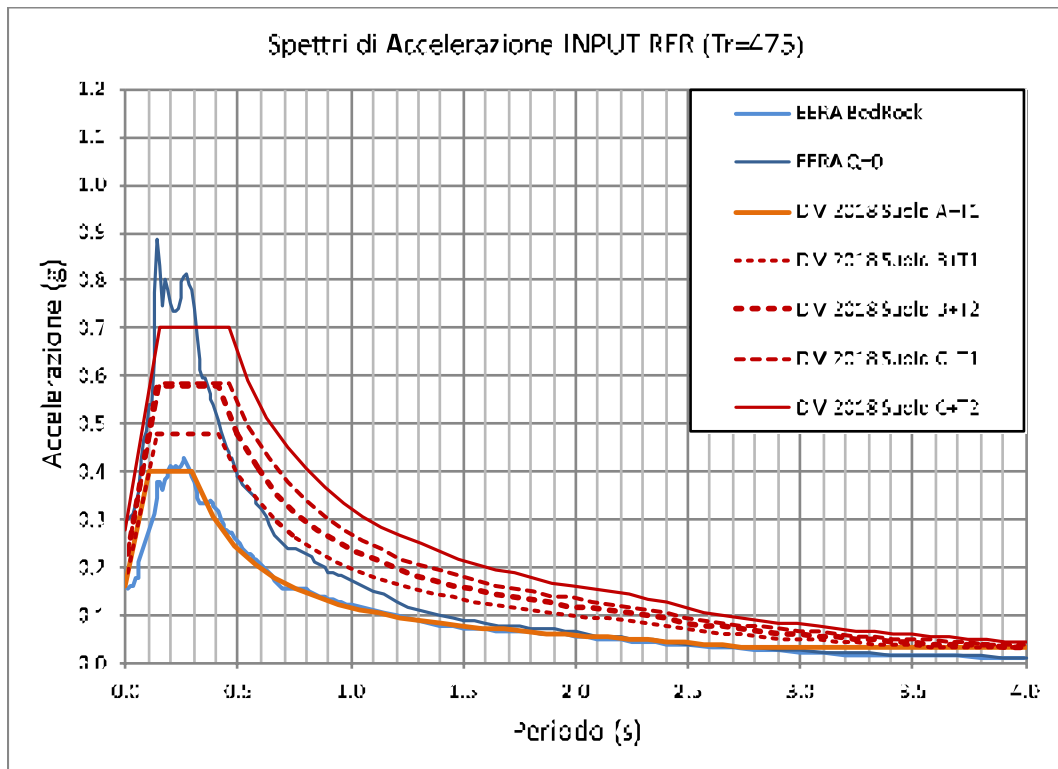
INTEGRALI DEGLI SPETTRI IN VELOCITA'		AMPLIFICAZIONI DI HOUSNER (FH)	
S1 = 10.99 cm	So1 = 6.03 cm	SI1/SIo1 (0.5) = <b>1.82</b>	
S2 = 15.87 cm	So2 = 9.97 cm	SI1/SIo1 (1.0) = <b>1.59</b>	
S3 = 29.79 cm	So3 = 19.96 cm	SI1/SIo1 (1.5) = <b>1.48</b>	

Infine nella delibera DGR 630/2019 vengono introdotti i nuovi parametri  $H_{SM}$ ,  $H_{0.448}$ ,  $H_{0.711}$ ,  $H_{0.515}$ , ovvero lo scuotimento in accelerazione ( $cm/s^2$ ) atteso al sito per i seguenti intervalli di periodi:  $0.4s \leq T \leq 0.8s$ ,  $0.7s \leq T \leq 1.1s$  e  $0.5s \leq T \leq 1.5s$ .

SCUOTIMENTI ATTESI AL SITO	
$A_{5\%}(0.4s) =$	<b>347</b> $cm/s^2$
$H_{SM}(0.5) =$	<b>639</b> $cm/s^2$
$H_{0.448} =$	<b>336</b> $cm/s^2$
$H_{0.711} =$	<b>205</b> $cm/s^2$
$H_{0.515} =$	<b>473</b> $cm/s^2$



Infine, nel grafico sotto riportato, si riporta l'accelerazione spettrale del modello sismico del terreno ricavato con EERA al Bed Rock sismico e alla quota di progetto ( $Q=0$ ), ed in rosso gli spettri di accelerazione ricavati con il metodo semplificato e le formule riportate nelle norme tecniche per le costruzioni (DM 17/03/2018) al suolo A+T1 ed ai suoli B+T1, B+T2, C+T1 e C+T2.



Nel prossimo paragrafo si regolarizzerà lo spettro in accelerazione ottenuto con EERA in modo da ricavare uno spettro equivalente normalizzato secondo una procedura riconosciuta dalla letteratura del settore (ICMS 2008—O.C. n.55/2018—DGR n.377/10).

Sarà così possibile introdurre nei software geotecnici (calcolo di stabilità) e strutturali, al posto degli spettri del metodo semplificato gli spettri in accelerazione ricavati con EERA.

In questo modo risulterà molto agevole, con i classici parametri sismici ( $ag, F_0, T_c^*$ ) ricostruire, all'interno dei software commerciali, gli spettri normalizzati derivanti dalla RSL.



#### 2.4.8 Regolarizzazione degli Spettri in Accelerazione della RSL

Nelle pagine seguenti verranno regolarizzati gli spettri in accelerazione ottenuti con EERA in modo da ricavare gli spettri equivalenti normalizzati secondo una procedura riconosciuta dalla letteratura del settore (ICMS 2008—O.C. n.55/2018).

Sarà così più semplice confrontare i risultati ottenuti con il metodo semplificato del DM 17/01/2018 ed eventualmente introdurre nei software geotecnici e strutturali gli spettri in accelerazione ricavati con la Risposta Sismica Locale.

In questo modo risulterà molto agevole, con i classici parametri sismici ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_L^*$ ) ricostruire, all'interno dei software commerciali, gli spettri normalizzati della RSL.

Le NTC non prescrivono la modalità di regolarizzazione degli spettri: tale aspetto è demandato alle scelte progettuali. Ad oggi le metodologie di regolarizzazione degli spettri sono di due tipi:

- regolarizzazione totale, in cui lo spettro è totalmente sotteso dalla forma regolarizzata per ogni valore di periodo anche in corrispondenza del picco nel tratto a velocità costante (plateau). Si tratta di una metodologia molto cautelativa e poco rappresentativa soprattutto se lo spettro RSL è caratterizzato da picchi stretti (spike);
- regolarizzazione ICMS 2008 (DGR n. 377/10), in cui sono applicate le relazioni per il calcolo degli FA e FV sviluppate da Pergalani e Compagnoni (2013). Analoga procedura è indicata anche nell'Ordinanza Commissariale n.55/2018 per regolarizzare gli spettri ottenuti dalle simulazioni numeriche degli studi di MS\_3 per i comuni colpiti dagli eventi sismici del 2016. Nella procedura ICMS 2008 l'altezza e l'estensione del plateau, sono determinati sulla base di valori medi in pseudo-accelerazione (ed in pseudo-velocità), nell'intorno significativo del valore di picco e può essere definita una regolarizzazione "media".

Nella presente relazione si è utilizzato il secondo metodo sia perché ha una normativa alle spalle ma anche per facilità di lettura.

Si illustra di seguito il metodo di regolarizzazione dello spettro da RSL previsto nella procedura ICMS 2008, riportando integralmente uno stralcio di tale ICMS 2008, ripreso anche nell'allegato 1 della O.C. n. 55/2018.



**ICMS 2008 - O.C. n. 55/2018 - DGR n. 377/10**

Regolarizzazione di uno spettro ottenuto con gli studi di MS3

La procedura di regolarizzazione (Newmark e Hall, 1982<sup>2</sup>; Romeo, 2007<sup>3</sup>; Liberatore e Pagliaroli, 2014<sup>4</sup>), permette di trasformare lo spettro di risposta, risultato delle simulazioni numeriche nell'ambito degli studi di MS3, in uno spettro con forma standard (secondo le vigenti norme tecniche per le costruzioni), costituita da un ramo con accelerazione crescente lineare, un ramo ad accelerazione costante, un ramo in cui l'accelerazione decresce con 1/T e, quindi, a velocità costante. Alla fine della procedura saranno disponibili anche tutti i parametri per l'inserimento dello spettro elastico in codici di calcolo per la progettazione e la verifica delle costruzioni ( $a_g, a_{max}, T_B, T_C, T_D, T_C^*, F_0, \xi, \eta, S_B, S_T$ ).

Indicando con SA lo spettro di risposta elastico in pseudoadcelerazione e SV lo spettro di risposta elastico in pseudovelocità, ottenuti dalle simulazioni numeriche, i passi della procedura di regolarizzazione sono i seguenti:

a) Si calcola lo spettro di pseudoadcelerazione (SA) e si determina il periodo proprio (TA) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudoadcelerazione

b) Si calcola il valore medio dello spettro ( $SA_m$ ) nell'intorno di TA tra 0.5TA e 1.5TA, questo valore sarà assunto come valore costante del tratto ad accelerazione costante dello spettro standard:

$$SA_m = \frac{1}{TA} \int_{0.5TA}^{1.5TA} SA(T) dT$$

c) Si determina lo spettro di pseudovelocità (SV) a partire da quello di accelerazione, moltiplicando le ordinate spettrali di quest'ultimo per l'inverso della corrispondente frequenza circolare  $\omega = 2\pi/T$ :

$$SV(T) = SA(T) * \frac{T}{2\pi}$$

e quindi si individua il periodo (TV) per il quale è massimo il valore dello spettro di pseudovelocità;

d) Si calcola il valore medio dello spettro ( $SV_m$ ) nell'intorno di TV nell'intorno tra 0.8TV e 1.2TV:

$$SV_m = \frac{1}{0.4 * TV} \int_{0.8TV}^{1.2TV} SV(T) dT$$

e) Si determina il periodo in corrispondenza del quale si incontrano i due rami dello spettro ad accelerazione costante e velocità costante:

$$T_s = 2\pi \frac{SV_m}{SA_m}$$

f) Si determina  $T_B = 1/3 * T_C$  e  $T_D = 4.0 * a_{max} / g + 1.6$  (secondo quanto indicato dalla normativa), con  $a_{max}$  punto di ancoraggio a  $T=0$  dello spettro di output. Poiché il valore di  $a_{max}$  non è generalmente fornito nello spettro delle simulazioni numeriche si procede per estrapolazione lineare, secondo la seguente equazione:

$$a_{max} = \left( \frac{S_a(T=0.01s)}{SA_m} - \frac{0.01}{T_B} \right) \left( \frac{SA_m}{1 - \frac{0.01}{T_B}} \right)$$

con  $S_a(T=0.01s)$  ordinata dello spettro di accelerazione per  $T=0.01s$ , primo valore del periodo nello spettro elastico delle simulazioni numeriche.

g) Si applicano le equazioni riportate in NTC (2018) per la determinazione dei tratti dello spettro tra  $T_A=0, T_B, T_C, T_D$ , fino a un T di interesse.

h) Si termina il parametro  $F_0$  come rapporto  $SA_m / a_{max}$

<sup>2</sup> Newmark N.M. e Hall W.J., 1982. Earthquake spectra and design. EERI Research Report, 82- 71183, 103 pp.

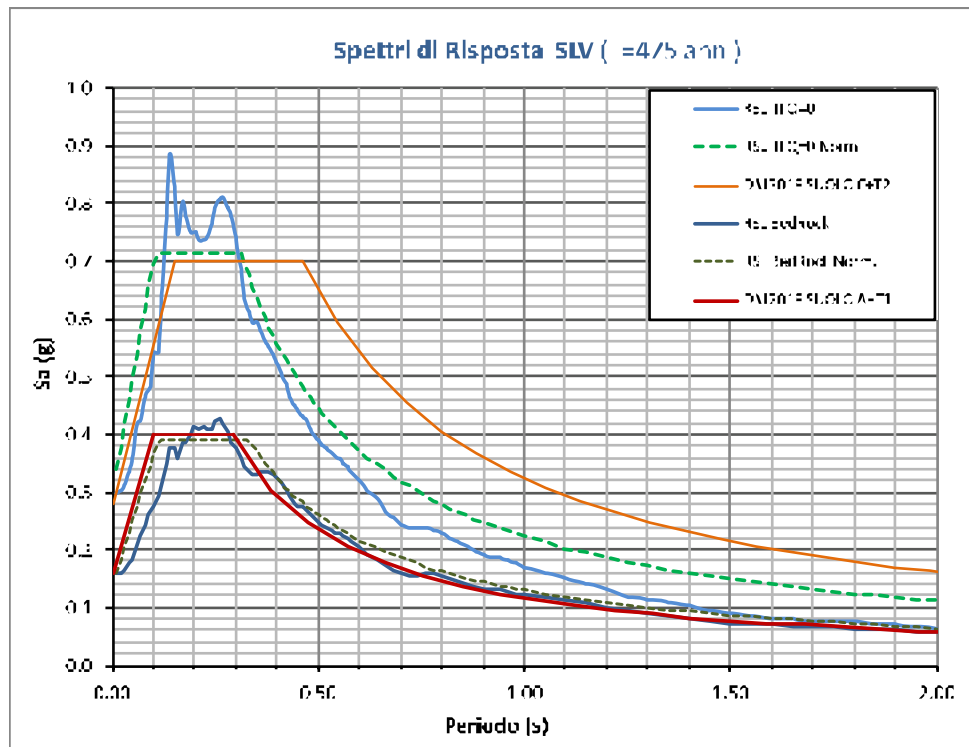
<sup>3</sup> Romeo Roberto W., 2007. Le azioni sismiche e le categorie di sottosuolo. Giornale di Geologia Applicata 6, 65-80. doi: 10.1474/GGA.2007-06.0-07.0188

<sup>4</sup> Liberatore D. e Pagliaroli A., 2014. Verifica della sicurezza sismica dei Musei Statali. Applicazione D.P.C.M. 3274/2003 s.m.i. e della Direttiva P.C.M. 12.10.2007. Convenzione Arcus – DG PaBAAC Rep. n. 113/2011 del 30/09/2011.

Convenzione DG PaBAAC – Consorzio ReLUIS Rep. n. 21/2011 del 26/10/2011. Responsabile scientifico: Domenico Liberatore. Referente tecnico: Luigi Sorrentino Liberatore. Referente tecnico: Luigi Sorrentino

Si riporta nel grafico sottostante il raffronto fra 3 tipologie di spettri: gli spettri ottenuti con EERA (blu); gli spettri della normativa semplificata per un suolo di tipo A ed un suolo C+T2 (rosso); ed infine lo spettro regolarizzato ottenuto dallo spettro in accelerazione ricavato con EERA (verde tratteggiato).





Per l'input dello spettro regolarizzato secondo ICMS 2008 (DGR n. 377/10), si devono introdurre nei software geotecnici e strutturali i seguenti parametri sismici (SLV):

PARAMETRI SISMICI - SPETTRO REGOLARIZZATO - SLV					
$a_g$	-	0.299 g	$I_b$	-	0.104
$T_0$	-	2.350	$T_c$	-	0.312
$I_c^*$	-	0.312	$I_c$	-	2.794
$\xi$	-	1	$\Gamma$	-	1.763

Al solo fine di fornire dati congruenti, per l'analisi e la verifica delle costruzioni si potranno utilizzare i seguenti valori dei parametri richiesti:  $a_g = a_{max}$ ;  $\xi = 5\%$ ;  $\eta = 1$ ;  $S_s = 1$ ;  $S_t = 1$ . Va sottolineato che i valori di  $a_g$ ,  $S_s$  e  $S_t$  sono evidentemente fittizi, in quanto non riferiti alla condizione ideale di suolo rigido e pianeggiante, come è per definizione nelle norme tecniche per le costruzioni, essendo gli effetti di amplificazione stratigrafica e morfologica già messi in conto nei risultati delle analisi della RSL. Nel caso presente si potrebbe utilizzare anche il metodo semplificato, visto che la curva regolarizzata non si discosta di molto da un suolo C+T2.



### 3. RELAZIONE GEOTECNICA

#### 3.1 DATI DI PROGETTO

##### 3.1.1 Premessa

Il presente lavoro riguarda lo studio sulla stratigrafia e sui parametri caratteristici del terreno per l'introduzione di un lotto nel POC di Pavullo nel Frignano.

Si sono eseguite 4 prove penetrometriche dinamiche (DPSH) che hanno permesso di verificare l'esistenza di uno strato superficiale con caratteristiche meccaniche modeste e dello spessore di circa 5/6 m, presso le prove 1, 2 e 3 e di circa 4 m presso la prova 4.

Per il modello stratigrafico del terreno si sono rielaborate le prove penetrometriche DPSH-2 e DPSH-4 (vedi anche sezione geotecnica e stratigrafica a pag.20), mentre per i parametri meccanici ci si è basati sulla prova DPSH-2, quella con parametri più modesti fra le 2 prove eseguite lungo la sezione stratigrafica.

I parametri sono stati elaborati per ricavare quelli caratteristici e sono stati introdotti nel modello stratigrafico del terreno.

Le verifiche di stabilità vengono riassunte nel paragrafo 3.2 mentre i tabulati di calcolo vengono riportati nell'allegato C.

##### 3.1.2 Parametri Caratteristici e Modello Geotecnico

I dati riportati nelle tabelle seguenti, sono stati elaborati per grandi superfici (calcoli di stabilità), in ogni caso, l'elaborazione di tutte le prove penetrometriche è disponibili nell'Allegato A.

I dati sono stati rielaborati al 5° percentile di distribuzione della media così da ottenere i valori caratteristici (Xk).

Il valori di progetto (Xd) vengono ricavati da quelli caratteristici secondo il DM 17/01/2018 (vedi tabella 6.2.II).

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi}$	1,0	1,25
Coazione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$s_{uk}$	$\gamma_{su}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_r$	1,0	1,0



Dai parametri nominali (vedi pag.25) si ricavano i parametri caratteristici che vengono mostrati nella tabella sotto riportata, nella quale viene elaborata la prova penetrometrica dinamica DPSH-2:

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, c) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-02  
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: BRUSIANI				LOCALITA': SCUOLE MEDIE							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/11/2020							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Dati Num	Natura granulare (G)				Natura Coesiva (Cu)			
				$\phi'_m$ [°]	dev stand	$\phi'_k$ [°]	$\phi'_d$ [°]	Cu <sub>m</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	Cu <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
0.6	2.7	7.7	3	25.4	3.3	23.7	19.4	52	29.2	41	29
1.6	7.8	22.1	5	33.1	1.5	31.4	26.1	148	24.1	123	88
4.0	4.8	12.0	12	28.4	1.0	27.8	22.9	80	11.8	74	53
5.6	3.1	6.6	8	24.9	1.4	23.9	19.5	44	12.1	36	25
6.0	8.0	15.6	2	30.0	4.0	27.6	22.7	104	53.3	78	55
6.4	31.0	57.2	2	43.7	1.8	40.2	34.0	383	65.6	285	204

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato
$\phi'_m$ = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato
$\phi'_k$ = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)
$\phi'_d$ = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [ $\phi'_d = 1.25$ ]
Cu <sub>m</sub> = Dato medio della coesione non drenata
Cu <sub>k</sub> = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)
Cu <sub>d</sub> = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [ $Cu_d = 1.4$ ]

I dati riportati nella precedente tabella sono relativi alla verticale di indagine 2 perché è risultata quelle con spessori maggiori e parametri più modesti, quindi più utile per la ricostruzione stratigrafica per il calcoli di stabilità: si possono comunque esaminare le elaborazioni di tutte le prove dinamiche nell'allegato A.

Dalla tabella sopra riportata, ricavata come dicevamo dalla elaborazione della prova penetrometrica dinamica DPSH-2, si può fornire una stratigrafia semplificata dell'area, con soli 3 strati e che verrà utilizzata per le verifiche di stabilità:

#### STRATO 1 (Detriti— Depositi di Versante)

$$\begin{aligned} \gamma &= 18 \text{ KN/m}^3 \\ \phi'_k &\sim 21^\circ \\ C'_k &\sim 5 \text{ KPa} \end{aligned}$$

#### STRATO 2 (Roccia alterata e fratturata)

$$\begin{aligned} \gamma &= 21 \text{ KN/m}^3 \\ \phi'_k &\sim 25^\circ \\ C'_k &\sim 10 \text{ KPa} \end{aligned}$$



### STRATO 3 (Roccia Compatta)

$$\begin{aligned} \gamma &\sim 21/22 \text{ KN/m}^3 \\ \phi'_k &\sim 36^\circ \\ C'_k &\sim 40 \text{ KPa} \end{aligned}$$

Si riporta di seguito una tabella di sintesi della verticale n°2 che riporta altri parametri meccanici:

DPSH-02 (valori caratteristici per fondazioni superficiali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI					
		1	2	3	4	5	6
Profondità letto dello strato	[m]	0.0	1.0	4.0	5.0	5.0	6.4
Spessore dello strato	[m]	0.5	1.0	2.4	1.0	0.4	0.4
N <sub>sp</sub> (Standard Penetration Test)	-	8	22	12	<b>7</b>	16	57
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18	19	19	18	19	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	67	100	56	43	62	100
Coesione non drenata (OCR=0)	$C_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	40	17.5	7.5	3.5	30	28.5
Angolo di attrito interno (OCR=0)	$\phi'_k$ [°]	24	31	28	24	28	40
Coesione efficace	$C'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	5.0	17.5	10.0	5.0	10.0	40.0
Angolo di attrito interno (OCR=0)	$\phi_k$ [°]	21.0	28.0	24.5	21.0	24.5	15.0
Grado di Consolidamento	OCR	1.6	1.3	0.5	2.7	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]	4000	13200	7200	4000	6300	34300
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kN/m <sup>2</sup> ]	5300	15400	9800	5300	47800	100100
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	2900 10900	2100 31200	15600 31200	13600 37300	23700 33800	53400 519500

## 3.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

### 3.2.1 Calcoli di Stabilità

Le verifiche di stabilità sono state condotte secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM del 17/01/2018).





La verifica, che confronta il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione  $E_d$  con quello di progetto della resistenza del sistema geotecnico  $R_d$ , è stata condotta secondo l'approccio 1.

Il metodo utilizzato nel calcolo di stabilità è quello di Jambu con superficie di rottura circolare.

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.

I calcoli sono stati eseguiti nella situazione attuale ed in quella di progetto, a lungo termine, in condizioni statiche e dinamiche.

I calcoli sono stati eseguiti sempre con la presenza della falda all'interno dello strato detritico più superficiale.

In sintesi per i calcoli si è proceduto con il seguente metodo:

**a)** introduzione della geometria del versante lungo una sezione di massima pendenza (per i dettagli vedi tavola 11 a pagina 14). I calcoli sono stati eseguiti in condizioni statiche e dinamiche, sempre con la presenza della falda posta all'interno dei depositi più superficiali, così come impone la normativa vigente;

**b)** input dei parametri geomeccanici. Si sottolinea che nel programma di calcolo STAP della AZTEC si introducono i valori nominali o caratteristici del materiale poiché quelli di progetto vengono ricavati in automatico a seconda della normativa considerata.

**c)** metodo di calcolo: Jambu con superficie circolare.

**d)** Normativa DM 2018 (Approccio 1, combinazione 2)

**e)** introduzione dei seguenti coefficiente sismici ricavati dalla risposta sismica locale (vedi paragrafo 2.4.8 e tabella a pagina 52):

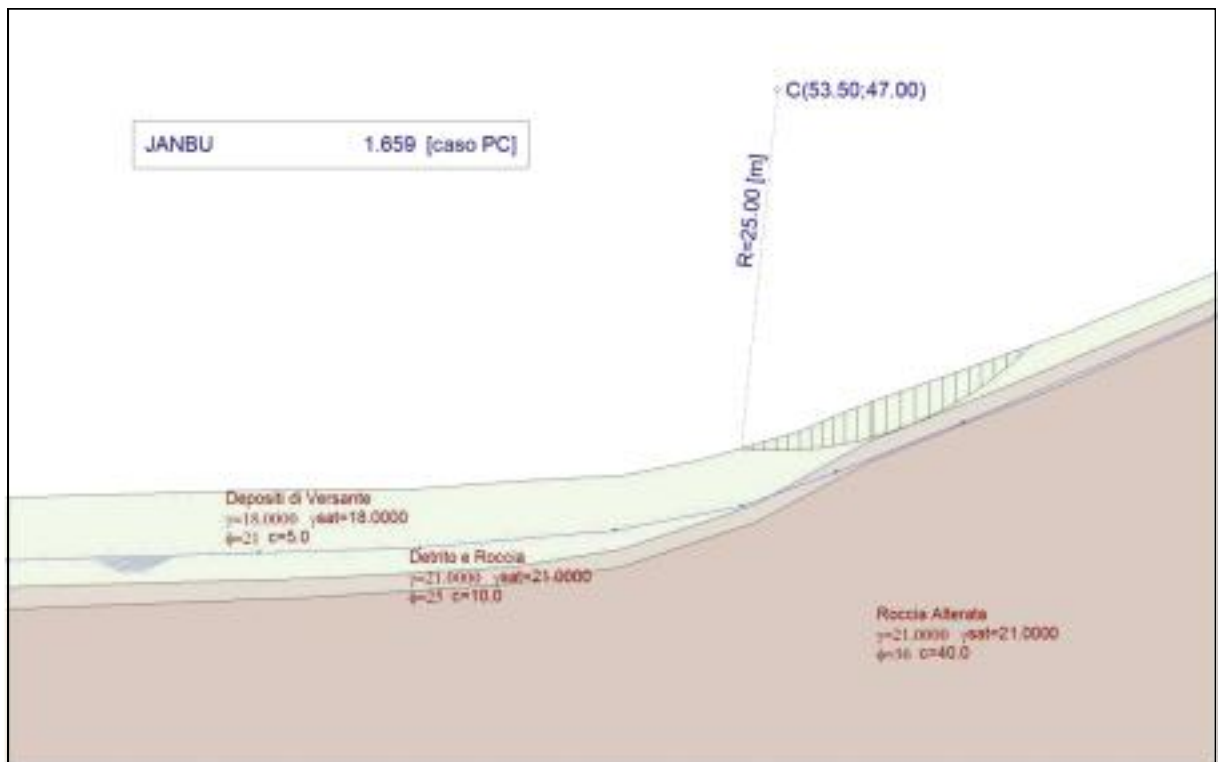
Accelerazione al suolo $a_g$	2,930 [m/s <sup>2</sup> ]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale (FD)	2,39
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_c^*$	0,31
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1,00
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1,00
Coefficiente riduzione fronti di scavo ( $\beta_v$ )	0,38
Rapporto intensità sismica verticale e/orizzontale fronti di scavo	0,50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g / \gamma^* \beta_v * 51 * 5) = 11,35$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0,50 * k_h = 5,67$



## CALCOLO DI STABILITA' 1

DM2018 - SITUAZIONE ATUALE - CONDIZIONE STATICA - [PC]

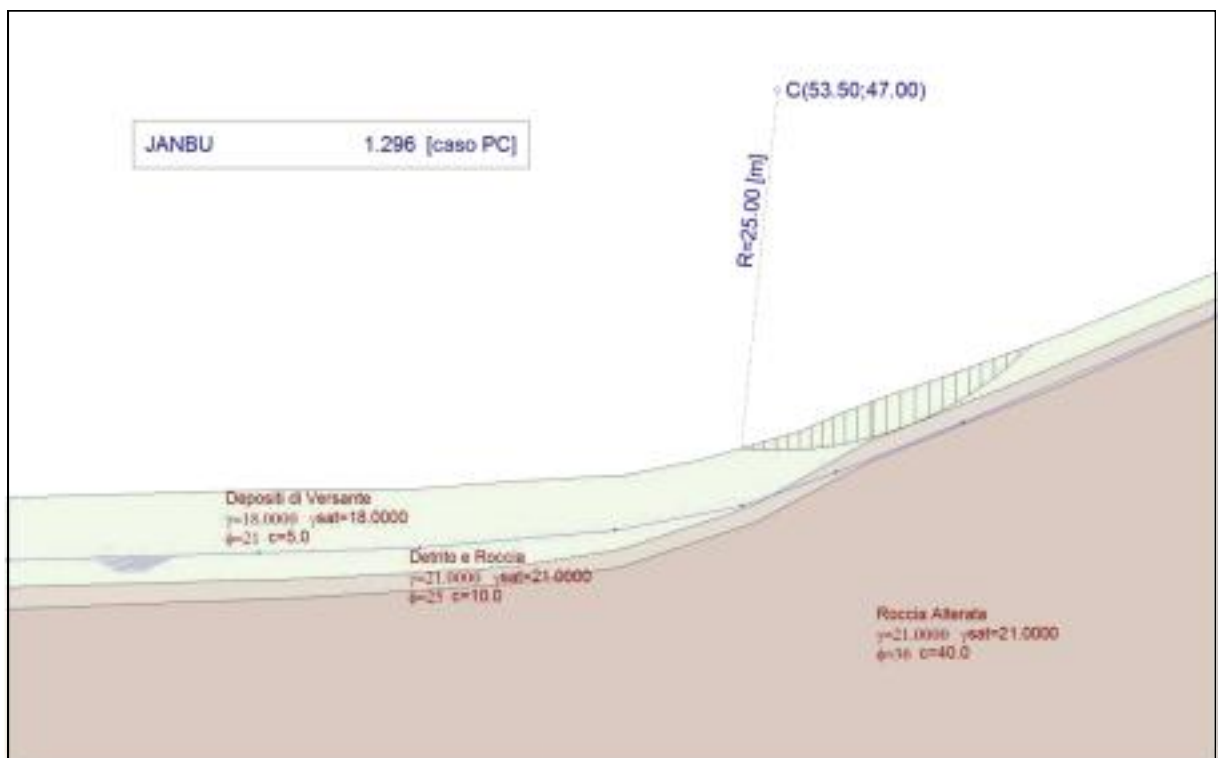
F=1.659



## CALCOLO DI STABILITA' 2

DM 2018 - STATO ATTUALE - CONDIZIONE DINAMICA - [PC]

F=1.296

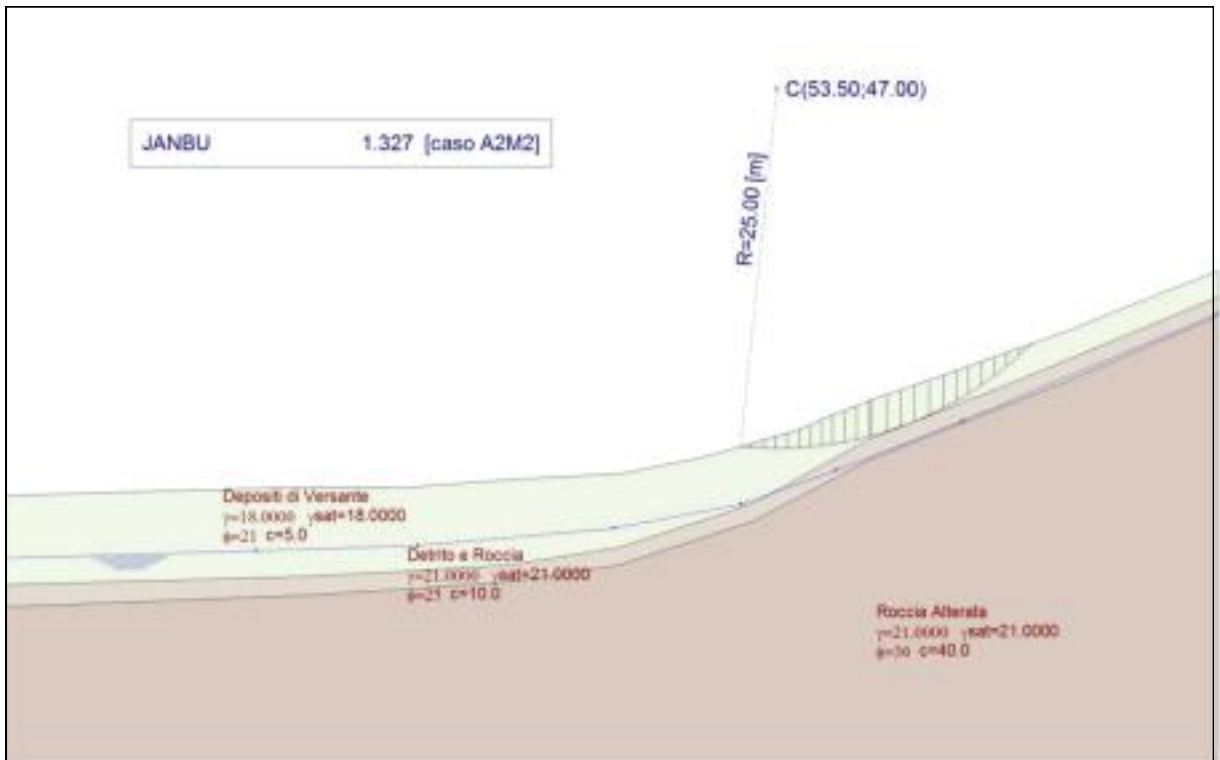




### CALCOLO DI STABILITA' 3

DM 2018 - STATO ATTUALE - CONDIZIONE STATICA - [A2M2]

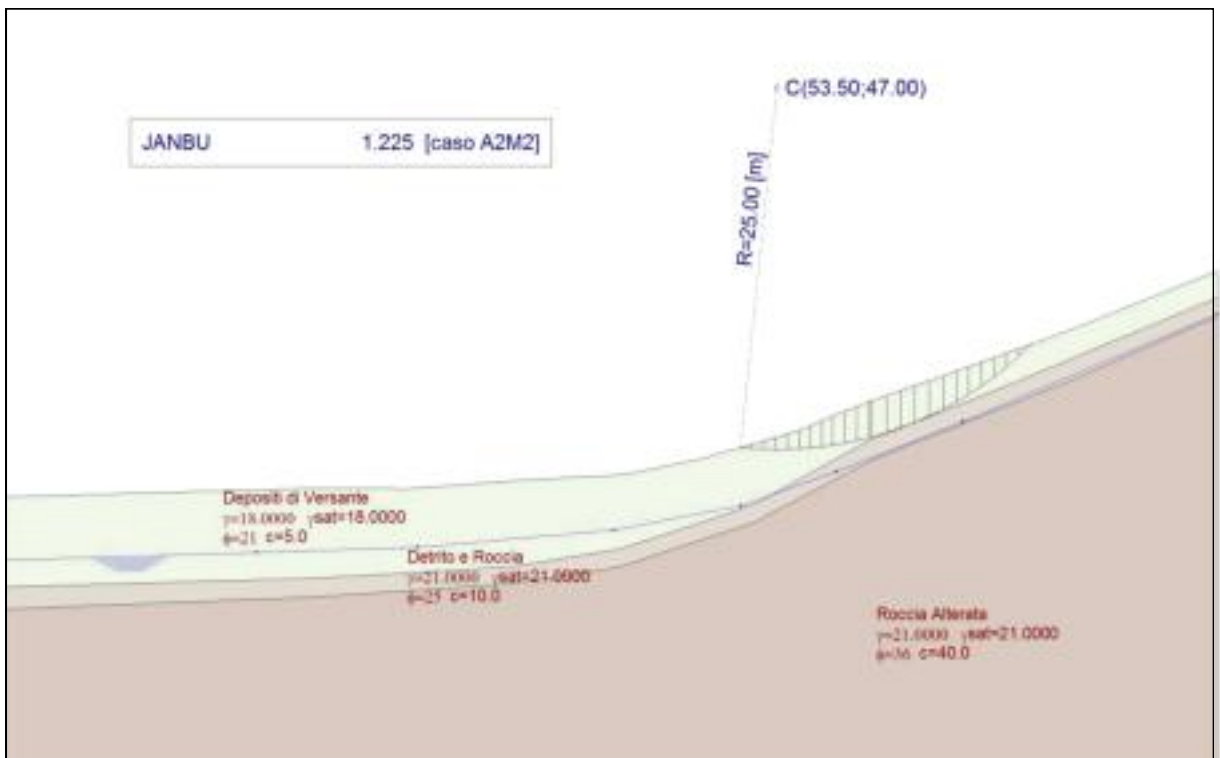
F=1.327



### CALCOLO DI STABILITA' 4

DM 2018 - STATO ATTUALE - CONDIZIONE DINAMICA - [A2M2]

F=1.225





In conclusione si sono eseguite verifiche sia per lo stato attuale che per quello di progetto, in condizioni statiche e dinamiche, sempre con la presenza della falda:

N	NORMA	STATO	CONDIZ.	INTERVENTO	FALDA	CASO <sup>(1)</sup>	F	MIN
1	DM2018	ATTUALE	STATICA	-	SI	[PC]	1.659	1.0
2	DM2018	ATTUALE	DINAMICA	-	SI	[PC]	1.296	1.0
3	DM2018	ATTUALE	STATICA	-	SI	[A2M2]	1.327	1.1
4	DM2018	ATTUALE	DINAMICA	-	SI	[A2M2]	1.225	1.2

NOTA<sup>(1)</sup>: [PM] = Parametri medi; [PC] = Parametri Caratteristici; [A2M2] = Parametri ridotti secondo DM2018

Per i dettagli sul modello stratigrafico, sulle caratteristiche meccaniche degli strati e sui risultati dei calcoli di stabilità si veda la tav. 11 a pag. 14 e l'allegato C ("Tabulati Calcoli di Stabilità").

### 3.2.2 Considerazioni sui Calcoli di Stabilità

Dalle verifiche eseguite risulta che anche nella porzione di versante più acclive il grado di stabilità dell'area è assicurato.

Il calcolo è stato eseguito introducendo i parametri sismici ricavati dalla RSL, tuttavia anche i calcoli (eseguiti ma qui non riportati) eseguiti con il metodo semplificato (St=1.2 e suolo C), hanno fornito risultati praticamente.

Pur non avendo rinvenuto la presenza di acqua nei fori di sondaggio, nei calcoli è stata introdotta la falda così come viene indicato dalla normativa, a vantaggio della sicurezza dei calcoli.

In conclusione i calcoli di stabilità mostrano sempre parametri a norma di legge nonostante la normativa vigente (DM 2018) sia più severa per le scarpate ed i rilevati antropici [parametri geotecnici ridotti, A2M2] rispetto ai versanti naturali [parametri caratteristici, PC].

A fianco si riportano i coefficienti di sicurezza che impone la normativa (DM 17/01/18).

NORMATIVA		
<input type="radio"/>	D.M. 1988 + D.M. 1996	<input checked="" type="radio"/> N.T.C. 2018 (D.M. 17/01/2018)
<input type="radio"/>	N.T.C. 2008 (D.M. 14/01/2008)	
Coeff. di Azioni / Coefficienti Parametri geotecnici / Coefficienti sicurezza		
<b>Verifica a stabilità globale (D.M. 1988 + D.M. 1996)</b>		
Coef. di sicurezza (comb. statiche)		1.30
Coef. di sicurezza (comb. sismiche) - (D.M. 1988 + D.M. 1996)		1.30
<b>Fronte di Scavo (N.T.C. 2008 / N.T.C. 2018)</b>		
Coef. di sicurezza (statiche)		1.10
Coef. di sicurezza (sismiche)		1.20
<b>Pendio Naturale (N.T.C. 2008 / N.T.C. 2018)</b>		
Coef. di sicurezza (statiche)		1.00
Coef. di sicurezza (sismiche)		1.00





### 3.3 QUADRO RIASSUNTIVO

Per la ricostruzione stratigrafica, per ricavare i principali parametri meccanici e per la classificazione sismica del sito si sono eseguite le seguenti indagini geognostiche:

- n°4 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n°3 registrazioni sismiche HVSR;

Dalla sintesi delle indagini eseguite nell'area e dal risultato dei calcoli sviluppati, si desume il seguente quadro geologico:

1) L'area presenta uno spessore variabile di depositi di versante e poi di roccia molto alterata e fratturata: lo spessore complessivo raggiunge circa 5/6 m in corrispondenza delle prove penetrometriche DPSH-1, DPSH-2 e DPSH-3 e di circa 3/4 m in corrispondenza della DPSH-4 (vedi anche sezione geotecnica di pagina 14);

2) in corrispondenza delle prove penetrometriche dinamiche non è stata rinvenuta la presenza di acqua, tuttavia la falda è stata introdotta nei calcoli di stabilità;

3) In base alla ricostruzione stratigrafica e ai risultati ottenuti dalle registrazioni sismiche eseguite in sito, l'area in oggetto appartiene alla classe sismica C ( $360 < V_s < 800$  m/s);

4) Con i dati ricavati dalle prove geognostiche è stato possibile ricostruire il modello stratigrafico e geotecnico del terreno (vedi tavola 11 a pagina 14) e quindi eseguire le verifiche di stabilità;

5) Visto il notevole spessore del ricoprimento si sono eseguiti approfondimenti sismici di III livello in modo da ricavare le amplificazioni sismiche secondo il DG 630/2019 e in modo da confrontare gli spettri della normativa semplificata con quelli normalizzati della Risposta sismica locale.

6) Le verifiche di stabilità mostrano una buona stabilità per la situazione attuale sia con i parametri sismici del metodo semplificato sia con quelli ricavati dalla RSL;

7) Nell'allegato A vengono fornite le prove penetrometriche dinamiche super pesanti con i relativi grafici ed elaborazioni;

8) L'allegato B riporta le registrazioni sismiche HVSR e i principali parametri sismici ricavati dalla normativa semplificata;

9) Infine, nell'allegato C vengono mostrati i tabulati delle verifiche di stabilità.



## 4. CONCLUSIONI

Il presente lavoro riguarda lo studio sulla stratigrafia e sui parametri caratteristici del terreno per l'introduzione di un lotto nel POC di Pavullo nel Frignano.

Per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica sono state eseguite 4 prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH); per la caratterizzazione sismica sono state eseguite 3 registrazioni sismiche a stazione singola (HVSR).

Con i dati ricavati dalle prove geognostiche è stato possibile ricostruire il modello stratigrafico, geotecnico e sismico del terreno.

Si sono forniti i parametri geotecnici principali: i dati sono stati elaborati al 5° percentile di distribuzione della media così da ottenere i valori caratteristici ( $X_k$ ).

Visto il notevole spessore del ricoprimento si sono eseguiti approfondimenti sismici di III livello, in modo da ricavare le amplificazioni sismiche secondo il DGR RER 630/2019, ma anche per confrontare gli spettri della normativa semplificata (DM 17/01/2018) con quelli dello spettro normalizzato ricavato dalla RSL.

Per le amplificazioni sismiche richieste dalla normativa regionale si rimanda al paragrafo 2.4.7 e alla pagina 48.

Dal confronto fra gli spettri del metodo semplificato e quelli della RSL è emersa la possibilità di utilizzare un suolo C e una amplificazione topografica T2 (DM 17/01/2018).

Per i futuri fabbricati non si possono escludere a priori nessun tipo di fondazione: resta comunque sottinteso che per ogni singola futura costruzione saranno necessari gli approfondimenti del caso.

Pertanto, dal punto di vista geologico e geotecnico, si rilascia parere geologico favorevole al presente piano particolareggiato.

Pavullo, Novembre 2020

IL GEOLOGO





# ALLEGATO A

## Prove Penetrometriche Dinamiche

### UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE



Prova Penetrometrica Dinamica Super Pesante (DPSH)





TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-01

COMMITTENTE: BRUSIANI			LOCALITA': SCUOLE MEDIE											
COMUNE: PAVULLO			DATA: 03/11/2020											
NOME FILE:			PENETROMETRO					DPSH		FALDA			NO	
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			γv	Asta	Rpd	Qa3		
			φ	Mo	Qa1	Cu	Ed	Qa2						
			°	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]			
0.20	1	3.0	21.7	2123	4	20	1794	35	1.7	1	745	37		
0.40	2	5.9	24.4	4170	17	39	3524	69	5.2	1	1490	74		
0.60	2	5.9	24.4	4170	29	39	3524	70	8.7	1	1490	74		
0.80	1	3.0	21.7	2123	31	20	1794	38	12.2	1	745	37		
1.00	4	11.5	28.2	8186	78	77	6918	138	15.7	2	2762	138		
1.20	5	14.3	29.7	10170	114	96	8595	171	19.4	2	3452	173		
1.40	6	17.1	31.0	12143	159	115	10262	204	23.1	2	4143	207		
1.60	4	11.5	28.2	8186	134	77	6918	141	26.8	2	2762	138		
1.80	3	8.7	26.4	6187	126	58	5229	110	30.4	2	2071	104		
2.00	3	8.7	26.4	6187	141	58	5229	111	34.0	3	1930	97		
2.20	2	5.6	24.2	3976	122	38	3360	77	37.6	3	1287	64		
2.40	2	5.4	24.0	3807	131	36	3217	75	41.1	3	1287	64		
2.60	3	7.6	25.7	5427	171	51	4586	103	44.7	3	1930	97		
2.80	2	5.0	23.6	3524	149	33	2978	73	48.2	3	1287	64		
3.00	2	4.8	23.5	3426	157	32	2895	73	51.8	4	1205	60		
3.20	2	4.8	23.4	3374	167	32	2851	73	55.3	4	1205	60		
3.40	2	4.7	23.4	3325	177	31	2810	73	58.8	4	1205	60		
3.60	3	6.9	25.1	4865	225	46	4111	99	62.4	4	1807	90		
3.80	2	4.6	23.3	3235	196	31	2734	74	65.9	4	1205	60		
4.00	3	6.7	25.0	4738	247	45	4004	100	69.5	5	1699	85		
4.20	3	6.6	24.9	4680	258	44	3955	100	73.1	5	1699	85		
4.40	3	6.5	24.9	4624	269	44	3907	100	76.7	5	1699	85		
4.60	4	8.5	26.3	6047	328	57	5110	125	80.3	5	2265	113		
4.80	3	6.4	24.8	4520	291	43	3819	101	84.0	5	1699	85		
5.00	3	6.3	24.7	4471	302	42	3778	101	87.6	6	1603	80		
5.20	4	8.2	26.1	5853	365	55	4946	125	91.2	6	2137	107		
5.40	5	10.1	27.3	7199	433	68	6083	148	94.9	6	2672	134		
5.60	5	10.0	27.3	7128	447	67	6024	148	98.6	6	2672	134		
5.80	5	9.9	27.2	7060	460	67	5966	148	102.3	6	2672	134		
6.00	5	9.9	27.2	6994	474	66	5911	148	106.0	7	2529	126		
6.20	7	13.5	29.3	9614	619	91	8124	192	109.7	7	3540	177		
6.40	8	15.3	30.1	10850	707	102	9169	213	113.5	7	4046	202		
6.60	8	15.2	30.1	10757	726	102	9091	213	117.3	7	4046	202		
6.80	9	16.8	30.9	11961	823	113	10108	234	121.2	7	4551	228		
7.00	11	20.3	32.5	14419	1018	136	12185	275	125.0	8	5280	264		
7.20	10	18.4	31.6	13038	949	123	11018	254	128.9	8	4800	240		
7.40	12	21.8	33.1	15445	1163	146	13052	294	132.7	8	5760	288		
7.60	10	18.1	31.5	12838	992	121	10849	253	136.6	8	4800	240		
7.80	8	14.4	29.7	10258	834	97	8668	213	140.4	8	3840	192		
8.00	10	17.8	31.3	12649	1032	119	10690	253	144.2	9	4568	228		
8.20	9	16.0	30.5	11337	959	107	9580	233	148.1	9	4111	206		
8.40	9	15.9	30.4	11257	977	106	9513	233	151.9	9	4111	206		
8.60	8	14.0	29.5	9970	904	94	8426	213	155.7	9	3655	183		
8.80	11	19.0	31.9	13497	1216	127	11406	271	159.6	9	5025	251		
9.00	15	25.5	34.6	18124	1719	171	15316	348	163.5	10	6536	327		
9.20	18	30.3	36.3	21496	2191	203	18166	403	167.4	10	7844	392		
9.40	35	57.4	44.3	40745	6945	384	34432	716	171.5	10	15252	763		

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
φ <sup>5</sup> = (15 · Nspt) <sup>5</sup> + 15	(Road Bridge Specification)
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	[kN/m²] (Farrent)
Qa <sub>1</sub> = [(h · γ' · Nq) + (φ <sup>5</sup> · b · N' · N') / 3;	b=1 m [kN/m²] (Qa Terzaghi; Nq, N' Meyerhof)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	[kN/m²] (Stroud & Butler)
Cu = 6.7 · Nspt	[kN/m²] (Terzaghi)
Qa <sub>2</sub> = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3;	[kN/m²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
R <sub>dp</sub> = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m²] (Formula degli Olandesi)
Qa <sub>3</sub> = (R <sub>dp</sub> / 15) · 30; Qa = (R <sub>dp</sub> / 20)	[kN/m²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH-01  
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: BRUSIANI			LOCALITA': SCUOLE MEDIE								
COMUNE: PAVULLO			DATA: 03/11/2020								
NOME FILE			PENETROMETRO DPSH								
H [m]	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
			$\phi$ [°]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa2 [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Rpd [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa3 [kN/m <sup>2</sup> ]
0.8	1.5	4.4	23.0	3146	20	30	2659	53	6.9	1117	56
2.0	4.2	12.0	28.3	8510	125	80	7192	146	24.9	2853	143
5.2	2.7	6.2	24.6	4368	222	41	3691	92	64.3	1576	79
6.0	5.0	10.0	27.2	7095	454	67	5996	148	100.5	2636	132
8.6	9.2	16.7	30.8	11876	900	112	10036	236	132.7	4393	220
9.4	19.8	33.0	36.8	23465	3018	221	19830	435	165.5	8664	433

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^c = (15 \cdot Nspt)^{0.5} + 15$	(Road Bridge Specification)
Mo = $710 \cdot Nspt$ [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa1 = $[(h \cdot \gamma' \cdot Nq) + (\frac{1}{2} \cdot b \cdot \gamma' \cdot Nq)] / 3$	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, N <sub>q</sub> Meyerhof)
Cu = $6.7 \cdot Nspt$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Ed = $600 \cdot Nspt$ [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Qa2 = $[(h \cdot \gamma') + (Cu \cdot Nc)] / 3$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rpd = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = $(Rpd / 15 \cdot 30)$ ; Qa=(R <sub>am</sub> / 20)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH-01  
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: BRUSIANI			LOCALITA': SCUOLE MEDIE								
COMUNE: PAVULLO			DATA: 03/11/2020								
NOME FILE			PENETROMETRO DPSH								
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Natura granulare			Natura Coesiva					
			Hm [media]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Dr [%]	Ks [kN/m <sup>2</sup> ]	Es [kN/m <sup>2</sup> ]	OCR [-]	Ks [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]
0.8	1.5	4.4	0.4	17.4	6.9	50.4	2435	3871	0.6	6382	2659
2.0	4.2	12.0	1.4	18.3	24.9	74.6	15035	9454	0.5	17507	7192
5.2	2.7	6.2	3.6	17.9	64.3	45.0	26668	5492	0.4	11046	3691
6.0	5.0	10.0	5.6	18.5	100.5	50.8	54424	8714	3.4	17784	5996
8.6	9.2	16.7	7.3	19.2	132.7	60.3	108032	52502	>4	28351	10036
9.4	19.8	33.0	9.0	20.0	165.5	78.7	362137	82507	>4	52146	19830

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
Hm = Profondità al centro dello strato	[m]
$\gamma'$ = Peso di volume del terreno	[kN/m <sup>3</sup> ]
$\sigma_v$ = Pressione litostatica	[kN/m <sup>2</sup> ]
Dr = $21 \cdot [(10 \cdot Nspt) / (\sigma_v + 7)]^{0.5}$	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
Ks = $Qa \cdot 120$ - (Qa = carico ammissibile in KPa)	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m <sup>2</sup> ] (Bowles, 1988)
Es = $Es = (105 \cdot 35 \cdot Dr) \cdot N_{cr}$ ; OCR > 4 Es = $(525 \cdot 350 \cdot Dr) \cdot N_{cr}$	[Modulo Elastico secante] [kN/m <sup>2</sup> ] (Jamiołkowski, 1988)
OCR = $(Cu / (\sigma_v \cdot KK))^{1.25}$	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foote)
Ed = $600 \cdot Nspt$ (bassa plasticità)	[Modulo Edometrico] [kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, c) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-01  
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: BRUSIANI				LOCALITA': SCUOLE MEDIE							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/11/2020							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Dati Num	Natura granulare (φ)				Natura Coesiva (Cu)			
				φ <sub>m</sub> [°]	dev stand	φ <sub>k</sub> [°]	φ <sub>d</sub> [°]	Cu <sub>m</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	Cu <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
0.8	1.5	4.4	4	23.0	1.6	21.7	17.7	30	11.2	24	17
2.0	4.2	12.0	6	28.3	1.8	26.7	21.9	80	21.9	61	43
5.2	2.7	6.2	16	24.6	1.0	24.1	19.7	41	8.5	37	27
6.0	5.0	10.0	4	27.2	0.1	25.7	21.0	67	0.8	54	39
8.6	9.2	16.7	13	30.8	1.1	30.2	25.0	112	16.4	104	74
9.4	19.8	33.0	4	36.8	5.4	34.7	28.9	221	113.0	180	129

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

φ<sub>m</sub> = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

φ<sub>k</sub> = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

φ<sub>d</sub> = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [γ<sub>φ</sub> = 1.25]

Cu<sub>m</sub> = Dato medio della coesione non drenata

Cu<sub>k</sub> = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

Cu<sub>d</sub> = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [γ<sub>c</sub> = 1.4]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, c) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-01  
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: BRUSIANI				LOCALITA': SCUOLE MEDIE							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/11/2020							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Dati Num	Natura granulare (φ)				Natura Coesiva (Cu)			
				φ <sub>m</sub> [°]	dev stand	φ <sub>k</sub> [°]	φ <sub>d</sub> [°]	Cu <sub>m</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	Cu <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
0.8	1.5	4.4	4	23.0	1.6	21.1	21.1	30	11.2	21	21
2.0	4.2	12.0	6	28.3	1.8	25.3	25.3	80	21.9	50	50
5.2	2.7	6.2	16	24.6	1.0	22.9	22.9	41	8.5	29	29
6.0	5.0	10.0	4	27.2	0.1	25.0	25.0	67	0.8	47	47
8.6	9.2	16.7	13	30.8	1.1	28.9	28.9	112	16.4	87	87
9.4	19.8	33.0	4	36.8	5.4	33.8	33.8	221	113.0	157	157

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

φ<sub>m</sub> = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

φ<sub>k</sub> = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

φ<sub>d</sub> = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [γ<sub>φ</sub> = 1.0]

Cu<sub>m</sub> = Dato medio della coesione non drenata

Cu<sub>k</sub> = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

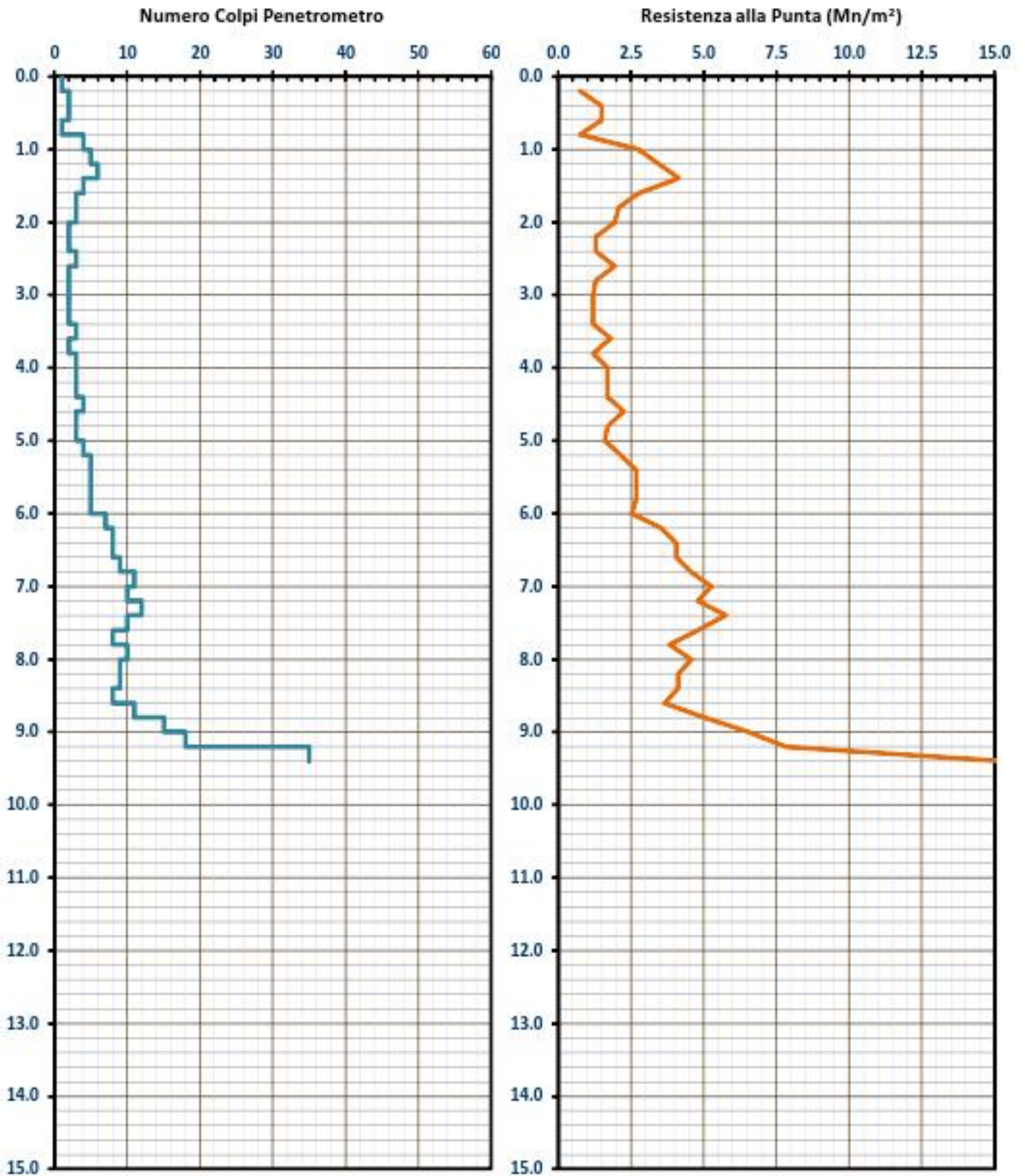
Cu<sub>d</sub> = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [γ<sub>c</sub> = 1.0]



### GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-01

COMMITTENTE: BRUSIANI	LOCALITA': SCUOLE MEDIE
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/11/2020
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH







**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-01**

COMMITTENTE: BRUSIANI	LOCALITA' : SCUOLE MEDIE
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/11/2020
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

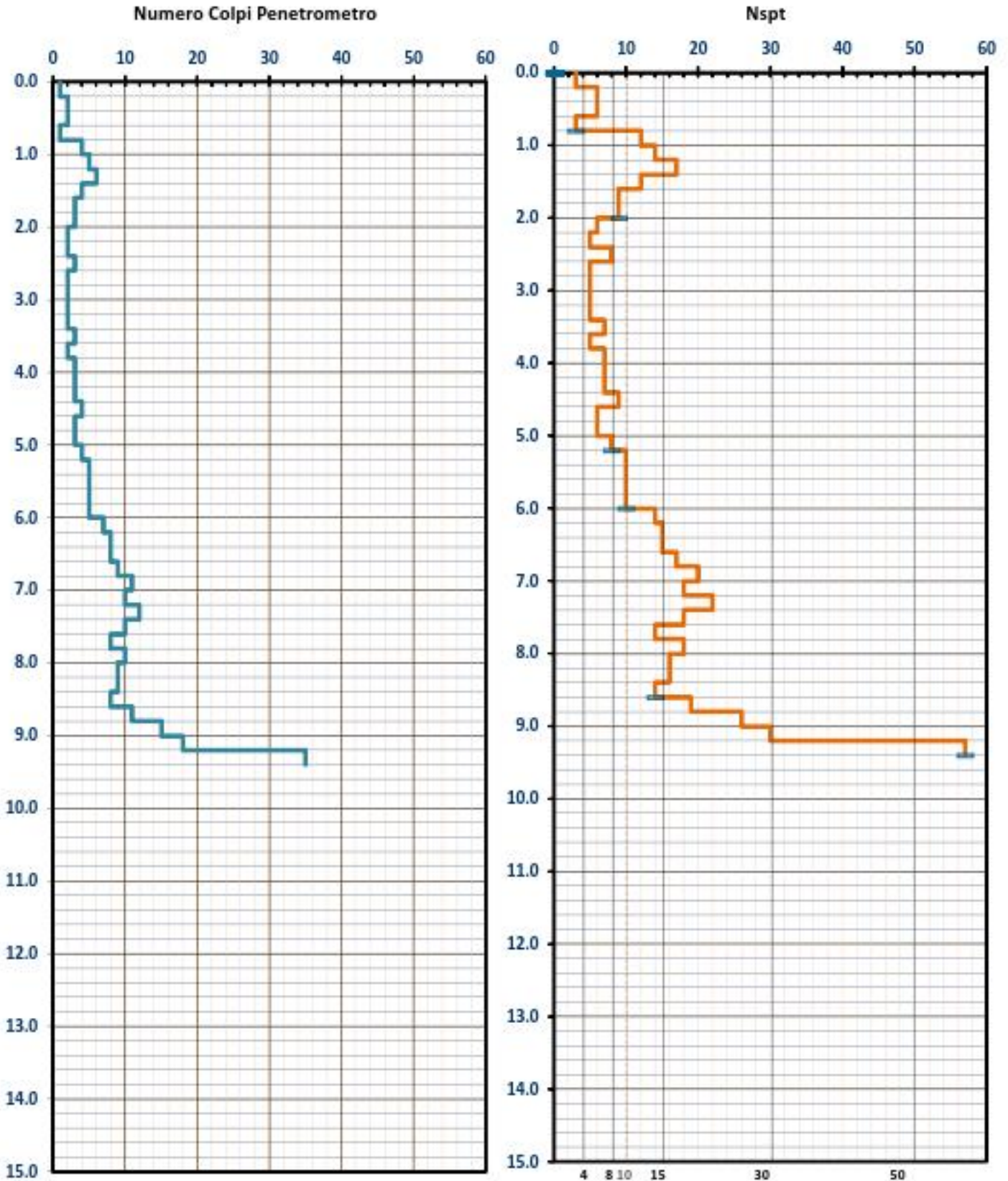




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-02

COMMITTENTE: BRUSIANI			LOCALITA': SCUOLE MEDIE											
COMUNE: PAVULLO			DATA: 03/11/2020											
NOME FILE:			PENETROMETRO					DPSH		FALDA			NO	
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			$\sigma_v'$	Asta	Rpd	Qa <sub>3</sub>		
			$\phi$	Mo	Qa <sub>1</sub>	Cu	Ed	Qa <sub>2</sub>						
			$\phi$	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]		[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]		
0.20	1	3.0	21.7	2123	4	20	1794	35	1.7	1	745	37		
0.40	3	8.7	26.4	6187	22	58	5229	102	5.2	1	2235	112		
0.60	4	11.5	28.2	8186	44	77	6918	135	8.8	1	2979	149		
0.80	7	19.9	32.3	14107	100	133	11922	232	12.5	1	5214	261		
1.00	8	22.6	33.4	16063	149	152	13574	265	16.3	2	5524	276		
1.20	9	25.4	34.5	18012	210	170	15221	298	20.2	2	6214	311		
1.40	9	25.4	34.5	18012	250	170	15221	299	24.0	2	6214	311		
1.60	6	17.1	31.0	12143	191	115	10262	206	27.8	2	4143	207		
1.80	5	14.3	29.7	10170	186	96	8595	175	31.5	2	3452	173		
2.00	5	14.3	29.7	10170	208	96	8595	176	35.2	3	3217	161		
2.20	5	13.7	29.3	9697	221	92	8195	170	38.9	3	3217	161		
2.40	5	13.1	29.0	9284	234	88	7846	164	42.6	3	3217	161		
2.60	5	12.6	28.7	8920	246	84	7538	160	46.3	3	3217	161		
2.80	5	12.1	28.5	8596	259	81	7264	156	50.0	3	3217	161		
3.00	5	11.8	28.3	8356	272	79	7062	153	53.7	4	3012	151		
3.20	5	11.6	28.2	8229	287	78	6954	152	57.4	4	3012	151		
3.40	4	9.2	26.7	6527	261	62	5516	126	61.1	4	2410	120		
3.60	5	11.3	28.0	7997	318	75	6758	151	64.8	4	3012	151		
3.80	4	8.9	26.6	6350	288	60	5367	125	68.5	4	2410	120		
4.00	5	11.0	27.8	7789	347	73	6582	150	72.1	5	2832	142		
4.20	3	6.6	24.9	4680	268	44	3955	101	75.8	5	1699	85		
4.40	4	8.6	26.4	6117	326	58	5170	125	79.4	5	2265	113		
4.60	4	8.5	26.3	6047	339	57	5110	125	83.1	5	2265	113		
4.80	3	6.4	24.8	4520	301	43	3819	102	86.7	5	1699	85		
5.00	4	8.3	26.2	5915	364	56	4999	126	90.3	6	2137	107		
5.20	2	4.2	22.9	2982	269	28	2520	80	93.9	6	1069	53		
5.40	2	4.2	22.9	2951	278	28	2494	80	97.5	6	1069	53		
5.60	3	6.1	24.6	4336	343	41	3665	104	101.0	6	1603	80		
5.80	5	9.9	27.2	7060	471	67	5966	149	104.7	6	2672	134		
6.00	11	21.2	32.8	15054	925	142	12722	280	108.5	7	5563	278		
6.20	27	50.3	42.5	35693	3423	337	30163	615	112.4	7	13654	683		
6.40	35	64.1	45.0	45518	5237	430	38466	775	116.5	7	17700	885		

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^* = (15 \cdot Nspt)^{0.5} + 15$	(Road Bridge Specification)
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa <sub>1</sub> = [(h · γ' · Nq) + (b · γ' · N')] / 3;	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, N' Meyerhof)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Cu = 6.7 · Nspt	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Qa <sub>2</sub> = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3;	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rdp = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa <sub>3</sub> = (Rdp / 15 · 30); Qa = (Rdp / 20)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sandlerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH-02  
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: BRUSIANI			LOCALITA': SCUOLE MEDIE								
COMUNE: PAVULLO			DATA: 03/11/2020								
NOME FILE			PENETROMETRO DPSH								
H [m]	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
			$\phi$ [°]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa2 [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Rpd [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa3 [kN/m <sup>2</sup> ]
0.6	2.7	7.7	25.4	54.99	23	52	4647	91	5.2	19.86	99
1.6	7.8	22.1	33.1	156.67	180	148	13240	260	20.2	54.62	273
4.0	4.8	12.0	28.4	85.07	260	80	7189	155	51.8	3019	151
5.6	3.1	6.6	24.9	46.94	311	44	3966	105	88.5	1726	86
6.0	8.0	15.6	30.0	110.57	698	104	9344	214	106.6	4117	206
6.4	31.0	57.2	43.7	406.06	4330	383	34315	695	114.5	15677	784

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N <sub>spt</sub> = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^c = (15 \cdot N_{spt})^5 + 15$	(Road Bridge Specification)
Mo = 710 · N <sub>spt</sub> [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (φ · b · γ · N <sub>i</sub> )] / 3	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, N <sub>i</sub> Meyerhof)
Cu = 6.7 · N <sub>spt</sub>	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Ed = 600 · N <sub>spt</sub> [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Qa2 = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rpd = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa <sub>a</sub> = (Rpd / 15 · 30); Qa = (R <sub>ca</sub> / 20)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH-02  
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: BRUSIANI			LOCALITA': SCUOLE MEDIE								
COMUNE: PAVULLO			DATA: 03/11/2020								
NOME FILE			PENETROMETRO DPSH								
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Natura granulare			Natura Coesiva					
			Hm [media]	γ' [kN/m <sup>3</sup> ]	σ <sub>v</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Dr [%]	Ks [kN/m <sup>2</sup> ]	Es [kN/m <sup>2</sup> ]	OCR [-]	Ks [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]
0.6	2.7	7.7	0.3	17.9	5.2	67.4	2795	63.06	1.6	10878	4647
1.6	7.8	22.1	1.1	19.0	20.2	100.0	21631	15447	1.3	31204	13240
4.0	4.8	12.0	2.8	18.5	51.8	65.9	31259	9819	0.5	18579	7189
5.6	3.1	6.6	4.8	18.1	88.5	42.9	37331	5949	2.4	12645	3966
6.0	8.0	15.6	5.8	19.0	106.6	62.4	83752	47767	>4	25716	9344
6.4	31.0	57.2	6.2	20.5	114.5	100.0	519626	100084	>4	83361	34315

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N <sub>spt</sub> = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
Hm = Profondità al centro dello strato	[m]
γ' = Peso di volume del terreno	[kN/m <sup>3</sup> ]
σ <sub>v</sub> = Pressione litostatica	[kN/m <sup>2</sup> ]
Dr = 21 · [(10 · N <sub>spt</sub> ) / (σ <sub>v</sub> + 7)] <sup>0.5</sup>	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
Ks = Qa · 120 - (Qa = carico ammissibile in KPa)	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m <sup>2</sup> ] (Bowles, 1988)
Es = Es = (105 · 35 · Dr) · N <sub>spt</sub> ; OCR > 4 Es = (525 · 350 · Dr) · N <sub>spt</sub>	[Modulo Elastico secante] [kN/m <sup>2</sup> ] (Jamiołkowski, 1988)
OCR = (Cu / (σ <sub>v</sub> · KK)) <sup>1.25</sup>	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foote)
Ed = 600 · N <sub>spt</sub> (bassa plasticità)	[Modulo Edometrico] [kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, φ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-02  
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: BRUSIANI				LOCALITA': SCUOLE MEDIE							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/11/2020							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (φ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	φ <sub>m</sub> [°]	dev stand	φ <sub>k</sub> [°]	φ <sub>d</sub> [°]	Cu <sub>m</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	Cu <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
0.6	2.7	7.7	3	25.4	3.3	23.7	19.4	52	29.2	41	29
1.6	7.8	22.1	5	33.1	1.5	31.4	26.1	148	24.1	123	88
4.0	4.8	12.0	12	28.4	1.0	27.8	22.9	80	11.8	74	53
5.6	3.1	6.6	8	24.9	1.4	23.9	19.5	44	12.1	36	25
6.0	8.0	15.6	2	30.0	4.0	27.6	22.7	104	53.3	78	55
6.4	31.0	57.2	2	43.7	1.8	40.2	34.0	383	65.6	285	204

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

φ<sub>m</sub> = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

φ<sub>k</sub> = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

φ<sub>d</sub> = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [γ<sub>φ</sub> = 1.25]

Cu<sub>m</sub> = Dato medio della coesione non drenata

Cu<sub>k</sub> = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

Cu<sub>d</sub> = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [γ<sub>Cu</sub> = 1.4]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, φ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-02  
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: BRUSIANI				LOCALITA': SCUOLE MEDIE							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/11/2020							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (φ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	φ <sub>m</sub> [°]	dev stand	φ <sub>k</sub> [°]	φ <sub>d</sub> [°]	Cu <sub>m</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	Cu <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
0.6	2.7	7.7	3	25.4	3.3	23.3	23.3	52	29.2	37	37
1.6	7.8	22.1	5	33.1	1.5	30.4	30.4	148	24.1	105	105
4.0	4.8	12.0	12	28.4	1.0	26.7	26.7	80	11.8	62	62
5.6	3.1	6.6	8	24.9	1.4	22.6	22.6	44	12.1	28	28
6.0	8.0	15.6	2	30.0	4.0	27.6	27.6	104	53.3	74	74
6.4	31.0	57.2	2	43.7	1.8	40.1	40.1	383	65.6	271	271

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

φ<sub>m</sub> = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

φ<sub>k</sub> = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

φ<sub>d</sub> = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [γ<sub>φ</sub> = 1.0]

Cu<sub>m</sub> = Dato medio della coesione non drenata

Cu<sub>k</sub> = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

Cu<sub>d</sub> = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [γ<sub>Cu</sub> = 1.0]





### GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-02

COMMITTENTE: BRUSIANI	LOCALITA': SCUOLE MEDIE
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/11/2020
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH







**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-02**

COMMITTENTE: BRUSIANI	LOCALITA' : SCUOLE MEDIE
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/11/2020
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

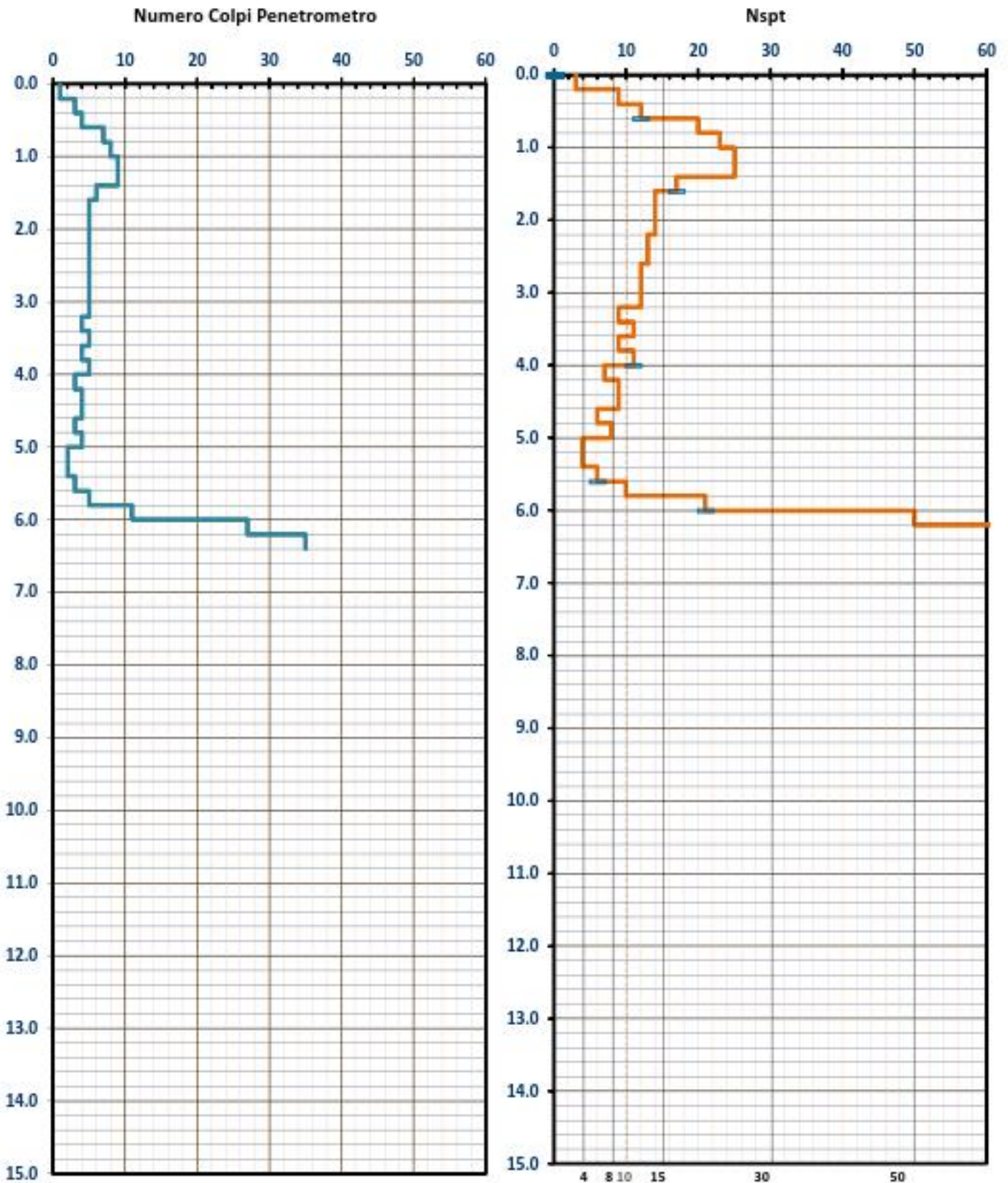




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-03

COMMITTENTE: BRUSIANI			LOCALITA': SCUOLE MEDIE											
COMUNE: PAVULLO			DATA: 03/11/2020											
NOME FILE:			PENETROMETRO					DPSH		FALDA			NO	
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			$\sigma_v'$	Asta	R <sub>pd</sub>	Qa <sub>3</sub>		
			$\phi$	Mo	Qa <sub>1</sub>	Cu	Ed	Qa <sub>2</sub>						
			$\Gamma_r$	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]		
0.20	1	3.0	21.7	2123	4	20	1794	35	1.7	1	745	37		
0.40	3	8.7	26.4	6187	22	58	5229	102	5.2	1	2235	112		
0.60	3	8.7	26.4	6187	36	58	5229	103	8.8	1	2235	112		
0.80	3	8.7	26.4	6187	51	58	5229	104	12.4	1	2235	112		
1.00	5	14.3	29.7	10170	95	96	8595	170	16.1	2	3452	173		
1.20	7	19.9	32.3	14107	158	133	11922	235	19.8	2	4833	242		
1.40	8	22.6	33.4	16063	216	152	13574	268	23.6	2	5524	276		
1.60	7	19.9	32.3	14107	218	133	11922	237	27.4	2	4833	242		
1.80	7	19.9	32.3	14107	248	133	11922	238	31.1	2	4833	242		
2.00	6	17.1	31.0	12143	240	115	10262	208	34.9	3	3861	193		
2.20	5	13.7	29.3	9697	219	92	8195	170	38.6	3	3217	161		
2.40	6	15.6	30.3	11085	269	105	9368	193	42.4	3	3861	193		
2.60	5	12.6	28.7	8920	245	84	7538	160	46.1	3	3217	161		
2.80	4	9.7	27.1	6918	221	65	5847	128	49.8	3	2574	129		
3.00	4	9.5	26.9	6726	233	63	5684	127	53.4	4	2410	120		
3.20	4	9.3	26.8	6624	246	63	5597	126	57.1	4	2410	120		
3.40	4	9.2	26.7	6527	260	62	5516	126	60.7	4	2410	120		
3.60	4	9.1	26.7	6437	273	61	5439	126	64.4	4	2410	120		
3.80	3	6.8	25.1	4800	244	45	4056	100	68.0	4	1807	90		
4.00	4	8.8	26.5	6269	299	59	5298	125	71.7	5	2265	113		
4.20	4	8.7	26.4	6191	312	58	5232	125	75.3	5	2265	113		
4.40	4	8.6	26.4	6117	325	58	5170	125	79.0	5	2265	113		
4.60	4	8.5	26.3	6047	337	57	5110	125	82.6	5	2265	113		
4.80	3	6.4	24.8	4520	299	43	3819	102	86.3	5	1699	85		
5.00	4	8.3	26.2	5915	362	56	4999	126	89.9	6	2137	107		
5.20	5	10.2	27.4	7272	430	69	6146	149	93.6	6	2672	134		
5.40	5	10.1	27.3	7199	444	68	6083	149	97.3	6	2672	134		
5.60	6	12.0	28.4	8511	518	80	7192	171	101.0	6	3206	160		
5.80	7	13.8	29.4	9793	599	92	8275	193	104.8	6	3740	187		
6.00	7	13.7	29.3	9702	616	92	8199	193	108.5	7	3540	177		
6.20	7	13.5	29.3	9614	633	91	8124	193	112.3	7	3540	177		
6.40	9	17.1	31.0	12167	801	115	10282	235	116.1	7	4551	228		
6.60	8	15.2	30.1	10757	742	102	9091	214	119.9	7	4046	202		
6.80	10	18.7	31.7	13251	926	125	11198	255	123.8	7	5057	253		
7.00	10	18.5	31.7	13143	947	124	11107	255	127.6	8	4800	240		
7.20	12	21.9	33.1	15566	1162	147	13154	295	131.5	8	5760	288		
7.40	11	20.0	32.3	14192	1085	134	11993	275	135.3	8	5280	264		
7.60	11	19.8	32.2	14084	1107	133	11902	274	139.2	8	5280	264		
7.80	11	19.7	32.2	13979	1129	132	11813	274	143.1	8	5280	264		
8.00	12	21.3	32.9	15102	1257	143	12762	293	147.0	9	5482	274		
8.20	12	21.1	32.8	14994	1280	141	12671	293	150.9	9	5482	274		
8.40	15	26.0	34.8	18494	1668	175	15629	351	154.8	9	6852	343		
8.60	35	58.9	44.7	41827	6834	395	35347	729	158.8	9	15989	799		

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^{\gamma} = (15 \cdot Nspt)^{0.5} + 15$	(Road Bridge Specification)
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa <sub>1</sub> = [(h · γ' · Nq) + (γ' · b · N' · N)] / 3;	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, N' Meyerhof)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Cu = 6.7 · Nspt	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Qa <sub>2</sub> = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3;	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
R <sub>pd</sub> = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa <sub>3</sub> = (R <sub>pd</sub> / 15 · 30); Qa = (R <sub>pd</sub> / 20)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH-03  
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: BRUSIANI			LOCALITA': SCUOLE MEDIE								
COMUNE: PAVULLO			DATA: 03/11/2020								
NOME FILE			PENETROMETRO DPSH								
H [m]	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
			$\phi$ [°]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa2 [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_v'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Rpd [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa3 [kN/m <sup>2</sup> ]
1.0	3.0	8.7	26.1	6171	42	58	5215	103	8.8	2180	109
2.6	6.4	17.6	31.2	12529	227	118	10588	214	33.0	4272	214
5.0	3.8	8.6	26.3	6091	284	57	5147	122	69.8	2243	112
6.6	6.8	13.2	29.0	9377	598	88	7924	187	106.7	3496	175
8.4	11.6	20.8	32.6	14756	1174	139	12470	285	139.2	5475	274
8.6	35.0	58.9	44.7	41827	6834	395	35347	729	158.8	15989	799

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^c = (15 \cdot Nspt)^{0.5} + 15$	(Road Bridge Specification)
Mo = $710 \cdot Nspt$ [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa1 = $[(h \cdot \gamma' \cdot Nq) + (\frac{1}{2} \cdot b \cdot \gamma' \cdot Nc)] / 3$	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, Nc Meyerhof)
Cu = $6.7 \cdot Nspt$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Ed = $600 \cdot Nspt$ [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Qa2 = $[(h \cdot \gamma') + (Cu \cdot Nc)] / 3$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rpd = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = $(Rpd / 15 \cdot \phi^c)$ ; Qa=(Rpd / 20)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH-03  
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: BRUSIANI			LOCALITA': SCUOLE MEDIE								
COMUNE: PAVULLO			DATA: 03/11/2020								
NOME FILE			PENETROMETRO DPSH								
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Natura granulare			Natura Coesiva					
			Hm [media]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Dr [%]	Ks [kN/m <sup>2</sup> ]	Es [kN/m <sup>2</sup> ]	OCR [-]	Ks [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]
1.0	3.0	8.7	0.5	18.0	8.8	69.7	5000	7005	1.0	12326	5215
2.6	6.4	17.6	1.8	18.8	33.0	86.9	27198	13160	0.7	25627	10588
5.0	3.8	8.6	3.8	18.3	69.8	52.0	34105	7446	0.7	14611	5147
6.6	6.8	13.2	5.8	18.8	106.7	57.4	71746	42797	>4	22460	7924
8.4	11.6	20.8	7.5	19.4	139.2	66.2	140838	60968	>4	34199	12470
8.6	35.0	58.9	8.5	20.7	158.8	100.0	820090	103095	>4	87504	35347

H = Profondità del letto dello strato elementare	
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
Hm = Profondità al centro dello strato	[m]
$\gamma'$ = Peso di volume del terreno	[kN/m <sup>3</sup> ]
$\sigma_v$ = Pressione litostatica	[kN/m <sup>2</sup> ]
Dr = $21 \cdot [(10 \cdot Nspt) / (\sigma_v + 7)]^{0.5}$	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
Ks = $Qa \cdot 120 - (Qa \text{ è carico ammissibile in KPa})$	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m <sup>2</sup> ] (Bowles, 1988)
Es = $Es = (105 \cdot 35 \cdot Dr) \cdot N_{cr}$ ; OCR > 4 Es = $(525 \cdot 350 \cdot Dr) \cdot N_{cr}$	[Modulo Elastico secante] [kN/m <sup>2</sup> ] (Jamiołkowski, 1988)
OCR = $(Cu / (\sigma_v \cdot Kk))^{1.25}$	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foote)
Ed = $600 \cdot Nspt$ (bassa plasticità)	[Modulo Edometrico] [kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, φ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-03  
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: BRUSIANI				LOCALITA': SCUOLE MEDIE							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/11/2020							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (φ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	φ <sub>m</sub> [°]	dev stand	φ <sub>k</sub> [°]	φ <sub>d</sub> [°]	Cu <sub>m</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	Cu <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1.0	3.0	8.7	5	26.1	2.8	24.8	20.3	58	26.8	48	35
2.6	6.4	17.6	8	31.2	1.6	30.0	24.8	118	23.5	101	72
5.0	3.8	8.6	12	26.3	0.7	25.9	21.3	57	6.9	54	38
6.6	6.8	13.2	8	29.0	1.3	28.1	23.1	88	15.9	77	55
8.4	11.6	20.8	9	32.6	0.9	32.0	26.6	139	15.3	129	92
8.6	35.0	58.9	1	44.7		39.6	33.5	395		279	200

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

φ<sub>m</sub> = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

φ<sub>k</sub> = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

φ<sub>d</sub> = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [γ<sub>φ</sub> = 1.25]

Cu<sub>m</sub> = Dato medio della coesione non drenata

Cu<sub>k</sub> = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

Cu<sub>d</sub> = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [γ<sub>Cu</sub> = 1.4]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, φ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-03  
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: BRUSIANI				LOCALITA': SCUOLE MEDIE							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/11/2020							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (φ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	φ <sub>m</sub> [°]	dev stand	φ <sub>k</sub> [°]	φ <sub>d</sub> [°]	Cu <sub>m</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	Cu <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1.0	3.0	8.7	5	26.1	2.8	24.0	24.0	58	26.8	41	41
2.6	6.4	17.6	8	31.2	1.6	28.5	28.5	118	23.5	84	84
5.0	3.8	8.6	12	26.3	0.7	25.2	25.2	57	6.9	47	47
6.6	6.8	13.2	8	29.0	1.3	26.9	26.9	88	15.9	65	65
8.4	11.6	20.8	9	32.6	0.9	31.1	31.1	139	15.3	116	116
8.6	35.0	58.9	1	44.7		41.0	41.0	395		279	279

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

φ<sub>m</sub> = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

φ<sub>k</sub> = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

φ<sub>d</sub> = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [γ<sub>φ</sub> = 1.0]

Cu<sub>m</sub> = Dato medio della coesione non drenata

Cu<sub>k</sub> = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

Cu<sub>d</sub> = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [γ<sub>Cu</sub> = 1.0]

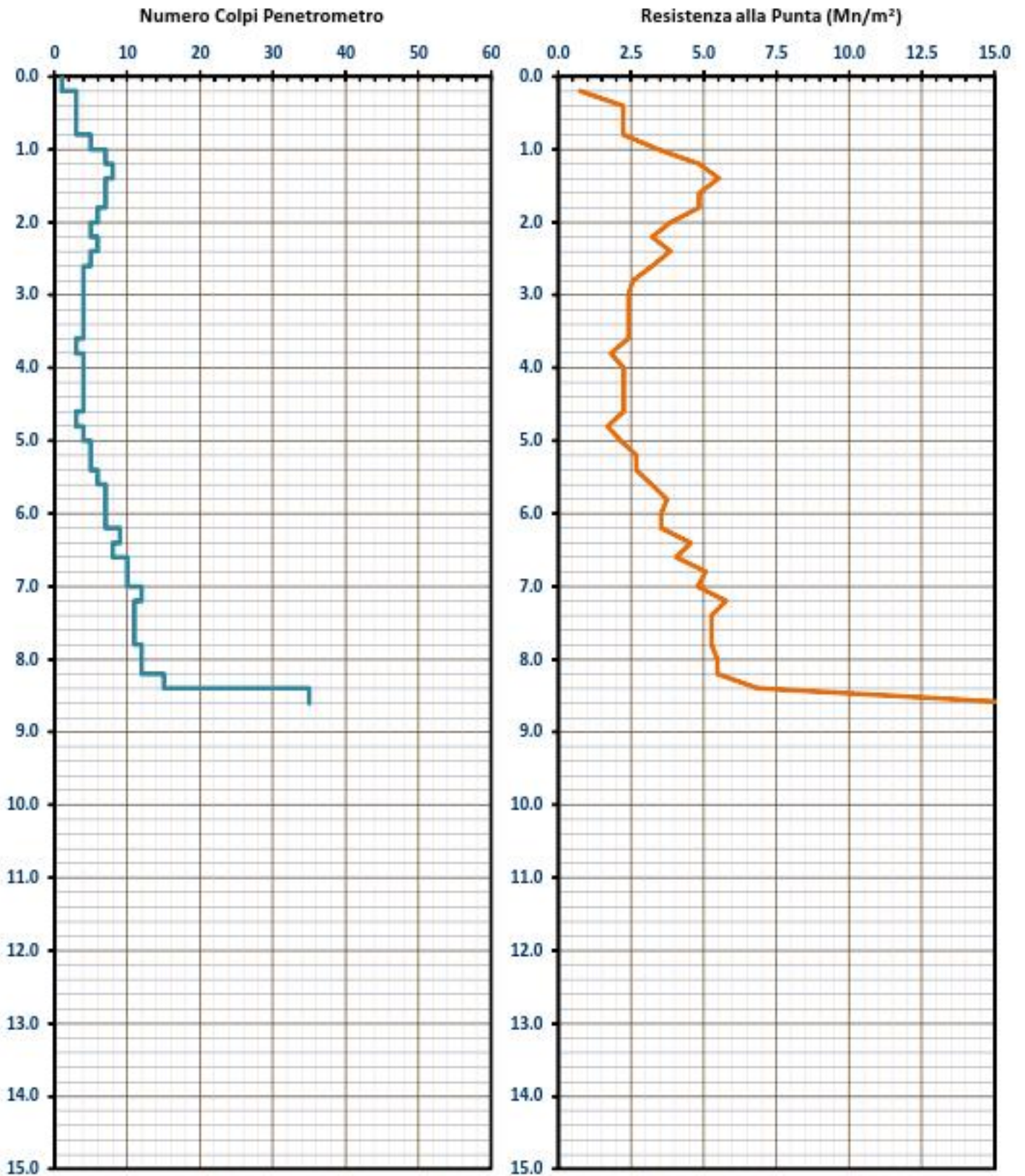




### GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-03

COMMITTENTE: BRUSIANI	LOCALITA': SCUOLE MEDIE
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/11/2020
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH





### GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-03

COMMITTENTE: BRUSIANI	LOCALITA': SCUOLE MEDIE
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/11/2020
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

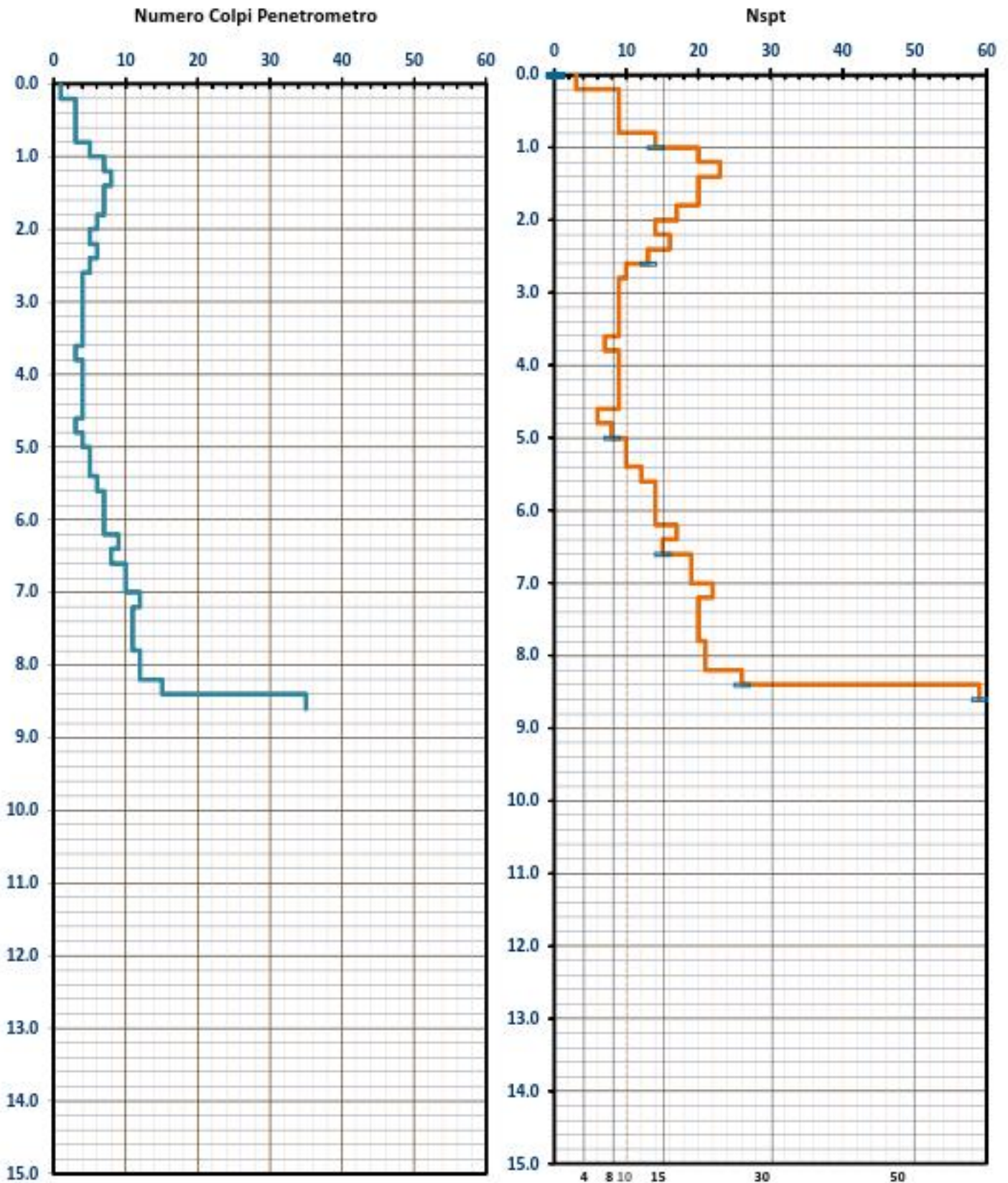




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-04

COMMITTENTE: BRUSIANI			LOCALITA': SCUOLE MEDIE											
COMUNE: PAVULLO			DATA: 03/11/2020											
NOME FILE:			PENETROMETRO					DPSH		FALDA			NO	
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			$\sigma_v$	Asta	Rpd	Qa <sub>3</sub>		
			$\phi$	Mo	Qa <sub>1</sub>	Cu	Ed	Qa <sub>2</sub>						
			[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]		[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]		
0.20	1	3.0	21.7	2123	13	20	1794	35	1.7	1	745	37		
0.40	1	3.0	21.7	2123	13	20	1794	36	5.1	1	745	37		
0.60	2	5.9	24.4	4170	29	39	3524	70	8.6	1	1490	74		
0.80	2	5.9	24.4	4170	40	39	3524	71	12.1	1	1490	74		
1.00	2	5.9	24.4	4170	52	39	3524	73	15.6	2	1381	69		
1.20	5	14.3	29.7	10170	113	96	8595	171	19.2	2	3452	173		
1.40	5	14.3	29.7	10170	135	96	8595	172	22.9	2	3452	173		
1.60	5	14.3	29.7	10170	157	96	8595	173	26.6	2	3452	173		
1.80	4	11.5	28.2	8186	151	77	6918	142	30.3	2	2762	138		
2.00	4	11.5	28.2	8186	169	77	6918	144	34.0	3	2574	129		
2.20	3	8.3	26.2	5899	151	56	4985	108	37.6	3	1930	97		
2.40	4	10.5	27.6	7473	193	71	6315	135	41.2	3	2574	129		
2.60	4	10.1	27.3	7180	204	68	6067	131	44.9	3	2574	129		
2.80	3	7.4	25.5	5229	182	49	4419	101	48.5	3	1930	97		
3.00	3	7.2	25.4	5084	192	48	4296	100	52.1	4	1807	90		
3.20	3	7.1	25.3	5007	204	47	4231	100	55.7	4	1807	90		
3.40	8	18.0	31.4	12808	431	121	10824	227	59.4	4	4819	241		
3.60	4	9.1	26.7	6437	268	61	5439	125	63.2	4	2410	120		
3.80	3	6.8	25.1	4800	239	45	4056	100	66.8	4	1807	90		
4.00	7	15.2	30.1	10803	438	102	9130	198	70.5	5	3964	198		
4.20	8	17.1	31.0	12149	512	115	10267	221	74.3	5	4531	227		
4.40	7	14.8	29.9	10542	475	99	8909	196	78.1	5	3964	198		
4.60	4	8.5	26.3	6047	334	57	5110	125	81.8	5	2265	113		
4.80	10	20.5	32.5	14576	705	138	12318	264	85.5	5	5663	283		
5.00	9	18.3	31.6	13015	657	123	10999	240	89.4	6	4809	240		
5.20	7	14.2	29.6	10087	546	95	8524	194	93.2	6	3740	187		
5.40	12	23.7	33.9	16862	937	159	14249	305	97.0	6	6412	321		
5.60	20	38.6	39.1	27426	1901	259	23177	477	101.0	6	10686	534		
5.80	35	65.9	45.0	46776	4719	441	39529	791	105.0	6	18701	935		

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^{\circ} = (15 \cdot Nspt)^{0.5} + 15$	(Road Bridge Specification)
Mo = $710 \cdot Nspt$ [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa <sub>1</sub> = $[(h \cdot \gamma' \cdot Nq) + (\% b \cdot \gamma' \cdot Nc)] / 3$ ;	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, N' Meyerhof)
Ed = $600 \cdot Nspt$ [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Cu = $6.7 \cdot Nspt$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Qa <sub>2</sub> = $[(h \cdot \gamma') + (Cu \cdot Nc)] / 3$ ;	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rdp = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa <sub>3</sub> = $(Rdp / 15) \cdot \gamma'$ ; Qa = $(Rdp / 20)$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)





**TABELLA STRATI PROVA PENETROMETRICA N DPSH-04**  
(Parametri Geotecnici e Carico Ammissibile)

COMMITTENTE: BRUSIANI						LOCALITA': SCUOLE MEDIE					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/11/2020					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
			$\phi$ [°]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa2 [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_v'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Rpd [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa3 [kN/m <sup>2</sup> ]
1.0	1.6	4.7	23.3	33.51	28	32	2832	57	8.6	1170	59
1.6	5.0	14.3	29.7	101.70	135	96	8595	172	22.9	3452	173
2.6	3.8	10.4	27.5	73.85	174	70	6241	132	37.6	2483	124
3.2	3.0	7.2	25.4	51.07	193	48	4315	100	52.1	1848	92
3.4	8.0	18.0	31.4	128.08	431	121	10824	227	59.4	4819	241
3.8	3.5	7.9	25.9	56.18	254	53	4748	112	65.0	2108	105
4.6	6.5	13.9	29.3	98.85	439	93	8354	185	76.2	3681	184
5.4	9.5	19.2	31.9	136.35	711	129	11523	251	91.3	5156	258
5.8	27.5	52.3	42.0	371.01	3310	350	31353	634	103.0	14693	735

H = Profondità del letto dello strato elementare	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, N' Meyerhof)
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
$\phi^c = (15 \cdot Nspt)^{0.5} + 15$ (Road Bridge Specification)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (φ · b · γ' · N')] / 3 b=1 m	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Cu = 6.7 · Nspt	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	
Qa2 = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3	
Rpd = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)]	
Qa = (Rpd / 15 · φ <sup>c</sup> ); Qa = (Rpd / 20)	

**DENSITA' - GRADO OCR - PARAMETRI ELASTICI DPSH-04**  
(Densità, Sovraconsolidazione, Moduli Elastici)

COMMITTENTE: BRUSIANI						LOCALITA': SCUOLE MEDIE					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/11/2020					
NOME FILE						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Natura granulare			Natura Coesiva			OCR	Ks [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]
			Hm [media]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	σ <sub>v</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Dr [%]	Ks [kN/m <sup>2</sup> ]	Es [kN/m <sup>2</sup> ]			
1.0	1.6	4.7	0.5	17.4	8.6	51.5	3312	4106	0.5	6846	2832
1.6	5.0	14.3	1.3	18.5	22.9	82.4	16236	10907	0.7	20650	8595
2.6	3.8	10.4	2.1	18.2	37.6	65.3	20860	8544	0.4	15832	6241
3.2	3.0	7.2	2.9	18.0	52.1	51.0	23144	6269	0.3	11993	4315
3.4	8.0	18.0	3.3	19.0	59.4	78.4	51662	13992	1.0	27228	10824
3.8	3.5	7.9	3.6	18.2	65.0	50.8	30421	6901	0.5	13500	4748
4.6	6.5	13.9	4.2	18.8	76.2	64.8	52734	41511	>4	22225	8354
5.4	9.5	19.2	5.0	19.2	91.3	72.5	85360	52114	>4	30105	11523
5.8	27.5	52.3	5.6	20.4	103.0	100.0	397209	91446	>4	76101	31353

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	[kN/m <sup>2</sup> ]
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	[kN/m <sup>2</sup> ]
Hm = Profondità al centro dello strato	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
γ = Peso di volume del terreno	[kN/m <sup>2</sup> ] (Bowles, 1988)
σ <sub>v</sub> = Pressione litostatica	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m <sup>2</sup> ]
Dr = 21 · [(10 · Nspt) / (σ <sub>v</sub> + 7)] <sup>0.5</sup>	[Modulo Elastico secante] [kN/m <sup>2</sup> ] (Jamilowski, 1988)
Ks = Qa · 120 - (Qa = carico ammissibile in KPa)	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foote)
Es = Es = (105 · 35 · Dr) · N <sub>cr</sub> ; OCR > 4 Es = (525 · 350 · Dr) · N <sub>cr</sub>	[Modulo Edometrico] [kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
OCR = (Cu / (σ <sub>v</sub> · KK)) <sup>1.25</sup>	
Ed = 600 · Nspt (bassa plasticità)	





TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, φ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-04  
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: BRUSIANI				LOCALITA': SCUOLE MEDIE							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/11/2020							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (φ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	φ <sub>m</sub> [°]	dev stand	φ <sub>k</sub> [°]	φ <sub>d</sub> [°]	Cu <sub>m</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	Cu <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1.0	1.6	4.7	5	23.3	1.5	22.1	18.0	32	10.6	26	19
1.6	5.0	14.3	3	29.7		27.7	22.8	96		76	54
2.6	3.8	10.4	5	27.5	0.8	26.1	21.4	70	8.9	58	41
3.2	3.0	7.2	3	25.4	0.1	23.7	19.3	48	1.1	38	27
3.4	8.0	18.0	1	31.4		27.8	22.9	121		86	61
3.8	3.5	7.9	2	25.9	1.1	23.8	19.4	53	10.9	39	28
4.6	6.5	13.9	4	29.3	2.1	27.6	22.7	93	25.0	76	54
5.4	9.5	19.2	4	31.9	1.8	30.1	24.8	129	26.8	105	75
5.8	27.5	52.3	2	42.0	4.2	38.6	32.6	350	129.1	261	186

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato  
 φ<sub>m</sub> = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato  
 φ<sub>k</sub> = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)  
 φ<sub>d</sub> = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [φ\* = 1.25]  
 Cu<sub>m</sub> = Dato medio della coesione non drenata  
 Cu<sub>k</sub> = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)  
 Cu<sub>d</sub> = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [γ<sub>c</sub> = 1.4]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE (Cu, φ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-04  
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: BRUSIANI				LOCALITA': SCUOLE MEDIE							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/11/2020							
NOME FILE				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (φ)				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	φ <sub>m</sub> [°]	dev stand	φ <sub>k</sub> [°]	φ <sub>d</sub> [°]	Cu <sub>m</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	Cu <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1.0	1.6	4.7	5	23.3	1.5	21.4	21.4	32	10.6	22	22
1.6	5.0	14.3	3	29.7		27.2	27.2	96		68	68
2.6	3.8	10.4	5	27.5	0.8	25.2	25.2	70	8.9	49	49
3.2	3.0	7.2	3	25.4	0.1	23.3	23.3	48	1.1	34	34
3.4	8.0	18.0	1	31.4		28.9	28.9	121		86	86
3.8	3.5	7.9	2	25.9	1.1	23.7	23.7	53	10.9	38	38
4.6	6.5	13.9	4	29.3	2.1	26.9	26.9	93	25.0	66	66
5.4	9.5	19.2	4	31.9	1.8	29.3	29.3	129	26.8	91	91
5.8	27.5	52.3	2	42.0	4.2	38.6	38.6	350	129.1	248	248

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato  
 φ<sub>m</sub> = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato  
 φ<sub>k</sub> = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)  
 φ<sub>d</sub> = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [φ\* = 1.0]  
 Cu<sub>m</sub> = Dato medio della coesione non drenata  
 Cu<sub>k</sub> = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)  
 Cu<sub>d</sub> = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [γ<sub>c</sub> = 1.0]



### GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-04

COMMITTENTE: BRUSIANI	LOCALITA': SCUOLE MEDIE
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/11/2020
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH

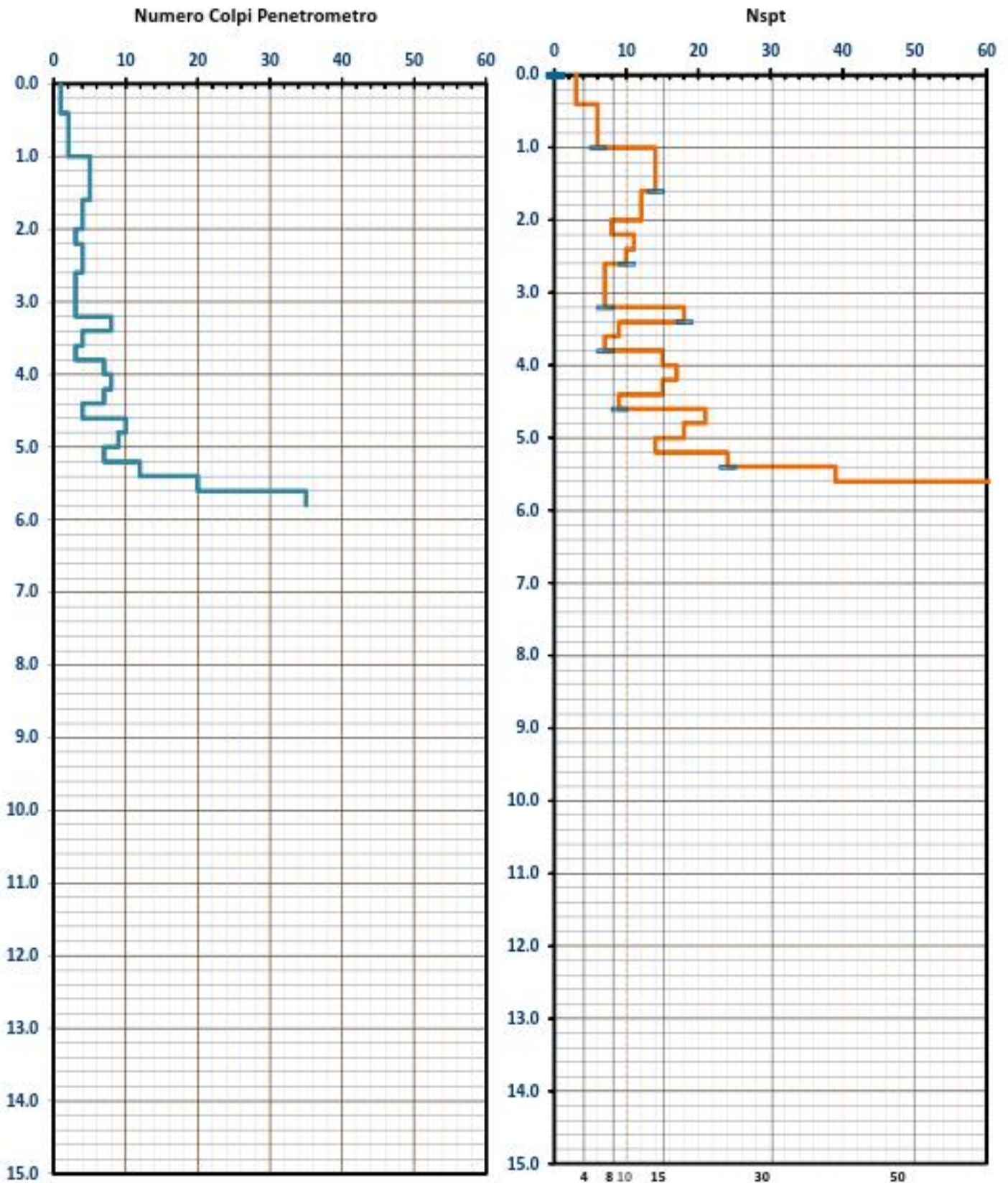




### GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-04

COMMITTENTE: BRUSIANI	LOCALITA': SCUOLE MEDIE
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/11/2020
NOME FILE:	PENETROMETRO DPSH







# ALLEGATO B

## Registrazione Sismica - Parametri Sismici

### UBICAZIONE REGISTRAZIONI SISMICHE



Registrazione sismica a stazione singola HVSR



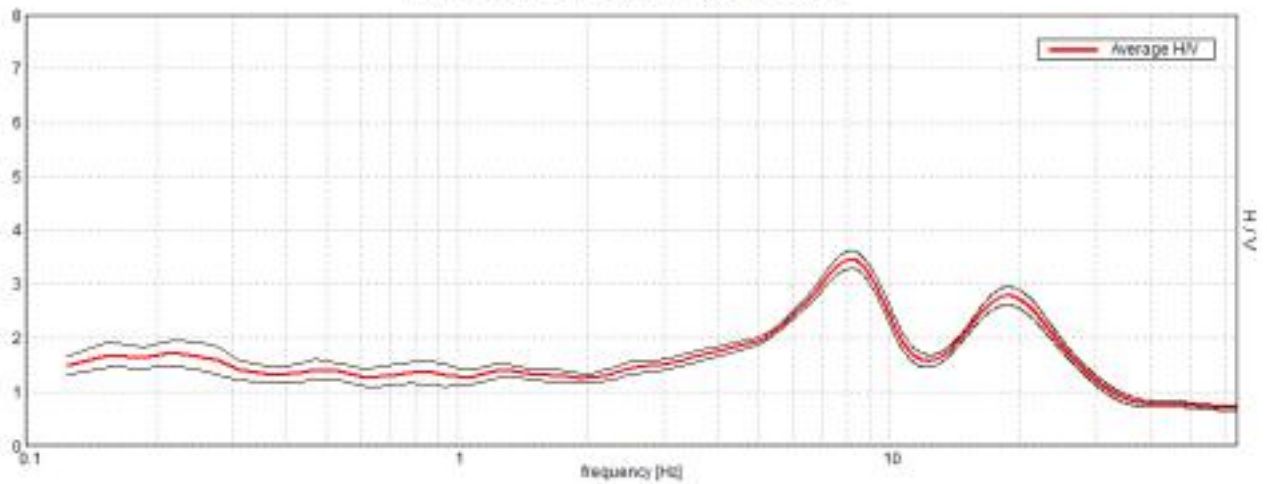
20\_095

TR\_01

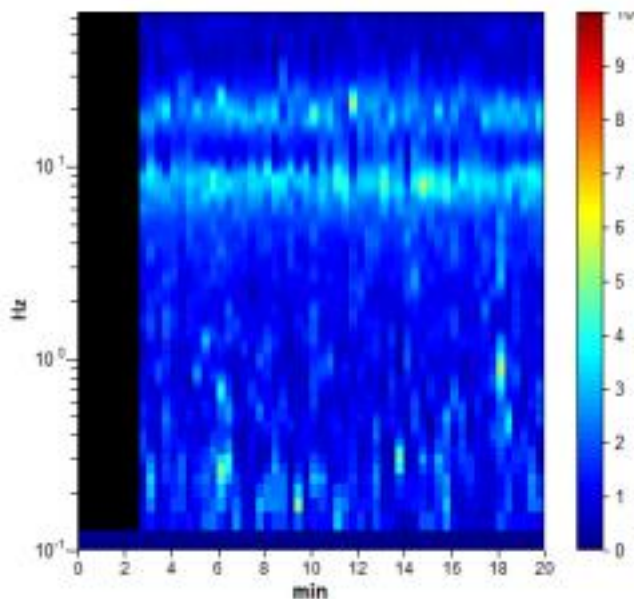
Instrument: TRS-0016/01-06  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: 51  
Start recording: 03/11/20 11:04:21 End recording: 03/11/20 11:24:22  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS location: 010°49.8176 E, 44°20.2950 N (742.3 m)  
(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples  
Satellite no.: 05  
Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 20%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

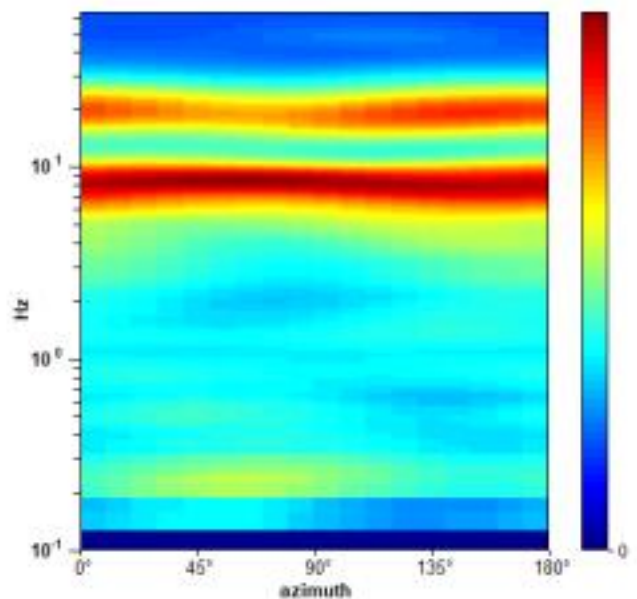
Max. H/V at 8.13 ± 0.18 Hz. (in the range 0.35 - 35.0 Hz)



### H/V TIME HISTORY

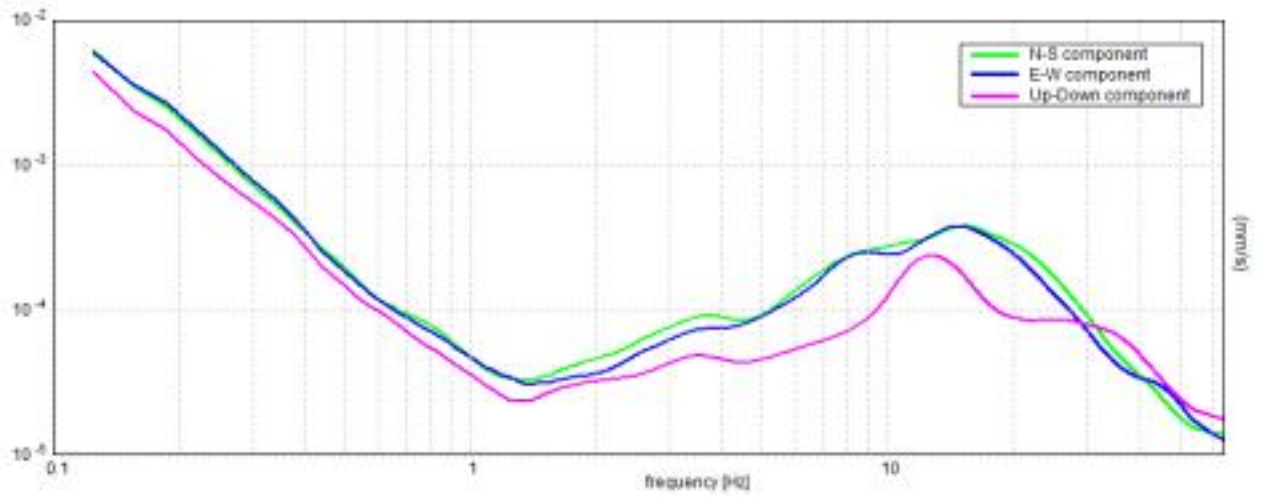


### DIRECTIONAL H/V



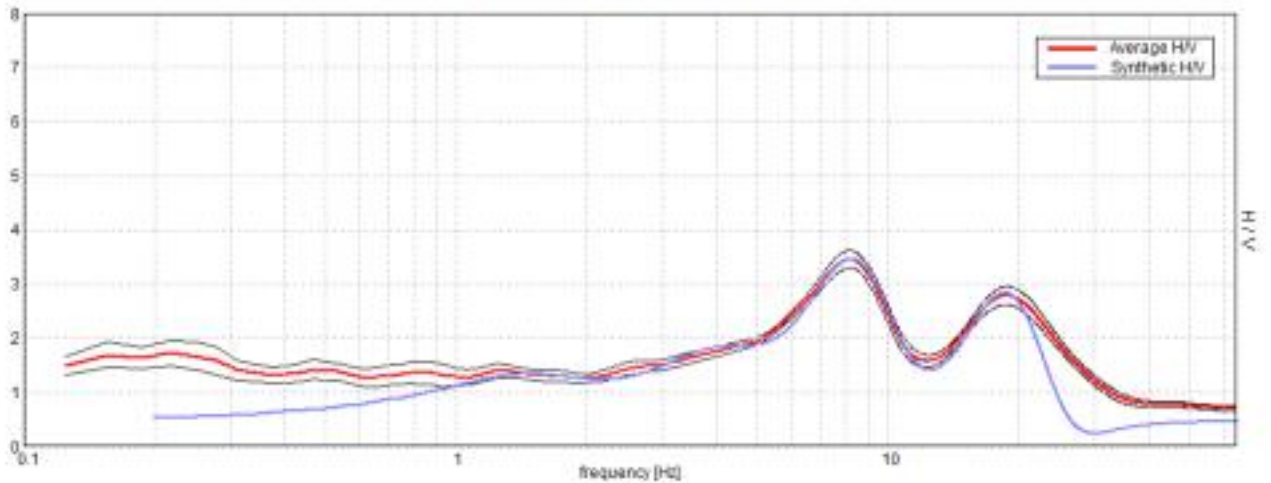


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

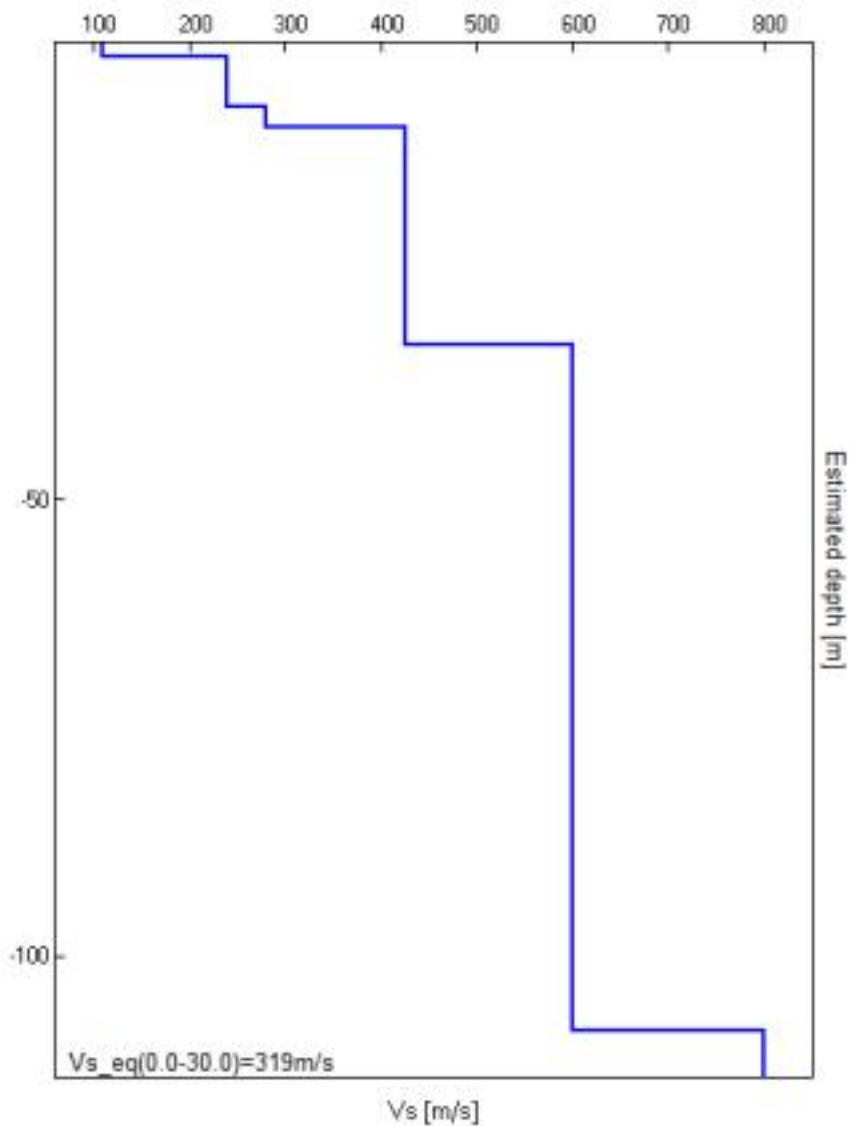
Max. H/V at  $8.13 \pm 0.18$  Hz. (in the range 0.35 - 35.0 Hz)





bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.60	1.60	110	0.45
7.10	5.50	240	0.40
9.20	2.10	280	0.40
33.20	24.00	425	0.40
108.20	75.00	600	0.40
inf.	inf.	800	0.40

**Vs\_eq(0.0-30.0)=319m/s**







[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 8.13 ± 0.18 Hz (in the range 0.35 - 35.0 Hz).**

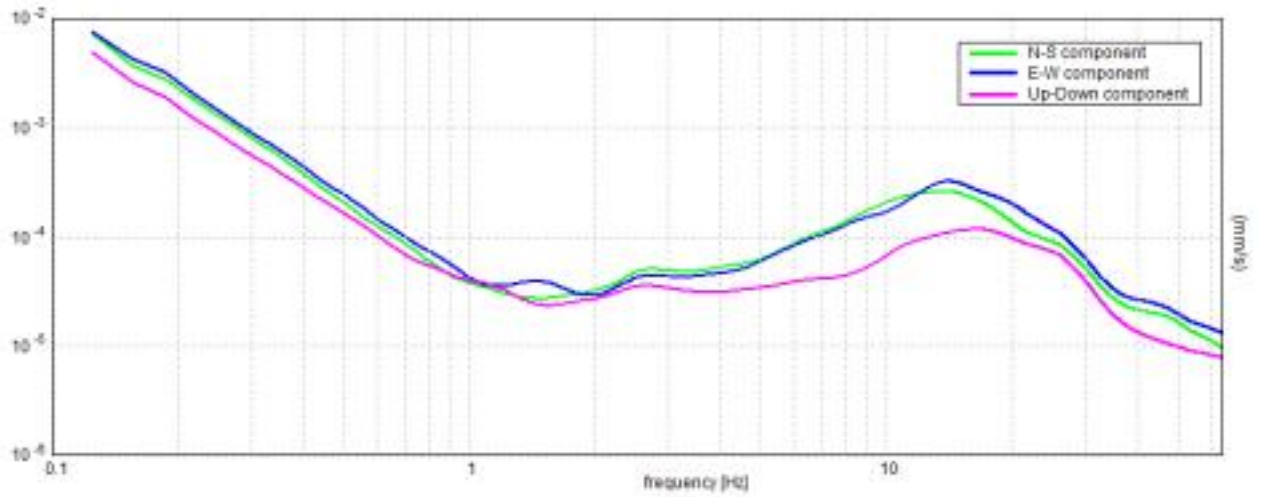
<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	8.13 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	8450.0 > 200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 391 times	<b>OK</b>	
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	3.906 Hz	<b>OK</b>	
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	11.219 Hz	<b>OK</b>	
<b><math>A_0 &gt; 2</math></b>	3.46 > 2	<b>OK</b>	
<b><math>f_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>	0.02186  < 0.05	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></b>	0.17762 < 0.40625	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_A(f_0) &lt; \vartheta(f_0)</math></b>	0.1653 < 1.58	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\vartheta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \vartheta(f_0)$

Threshold values for $\varepsilon_f$ and $\vartheta_A(f_0)$					
Freq. range [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 $f_0$
$\vartheta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \vartheta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

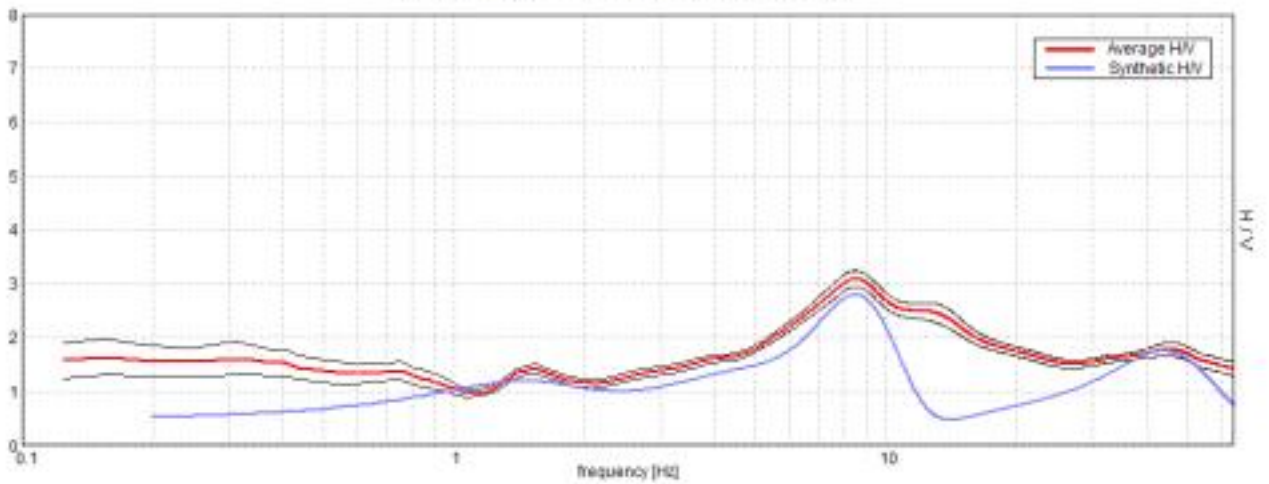


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

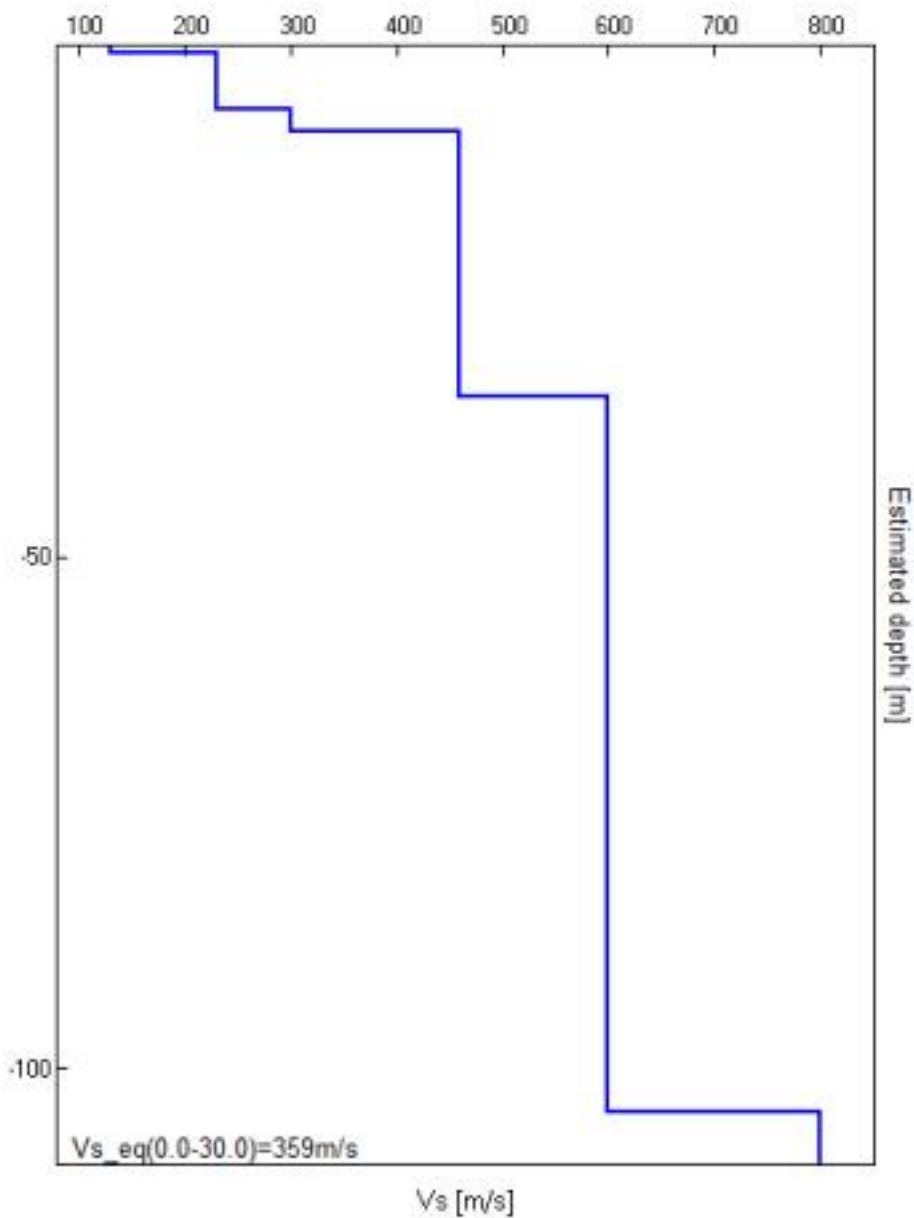
Max. H/V at 8.44 ± 0.15 Hz. (In the range 0.35 - 35.0 Hz)





bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.70	0.70	130	0.45
6.20	5.50	230	0.40
8.30	2.10	300	0.40
34.30	26.00	460	0.40
104.30	70.00	600	0.40
inf.	inf.	800	0.40

**Vs\_eq(0.0-30.0)=359m/s**





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 8.44 ± 0.15 Hz (in the range 0.35 - 35.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	8.44 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	8606.3 > 200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 406 times	<b>OK</b>	
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	3.688 Hz	<b>OK</b>	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	24.656 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	3.09 > 2	<b>OK</b>	
$f_{\text{peak}}   A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01831  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.15446 < 0.42188$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1514 < 1.58$	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20





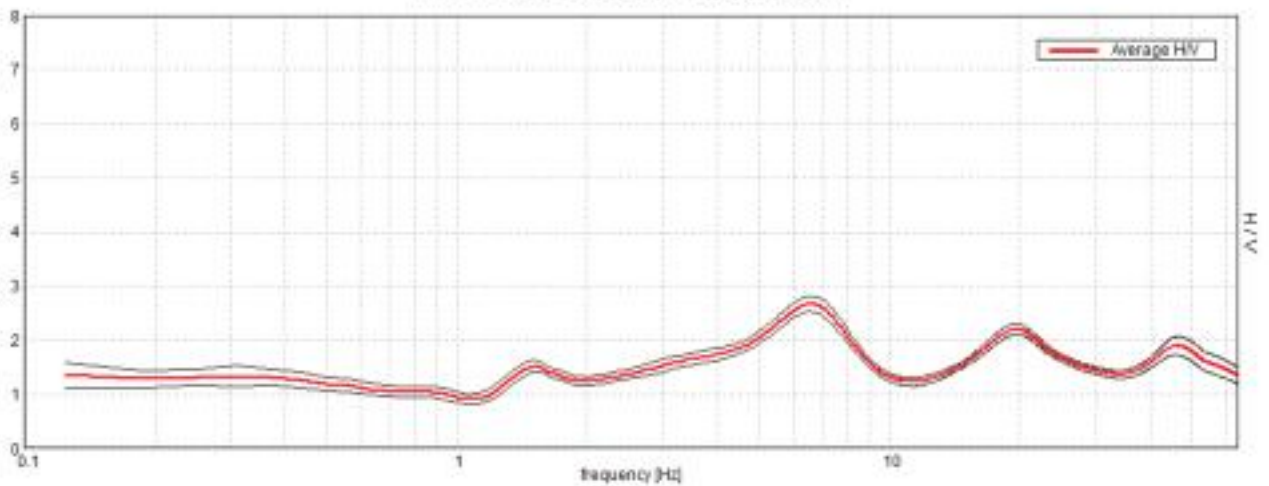
20\_095

TR\_03

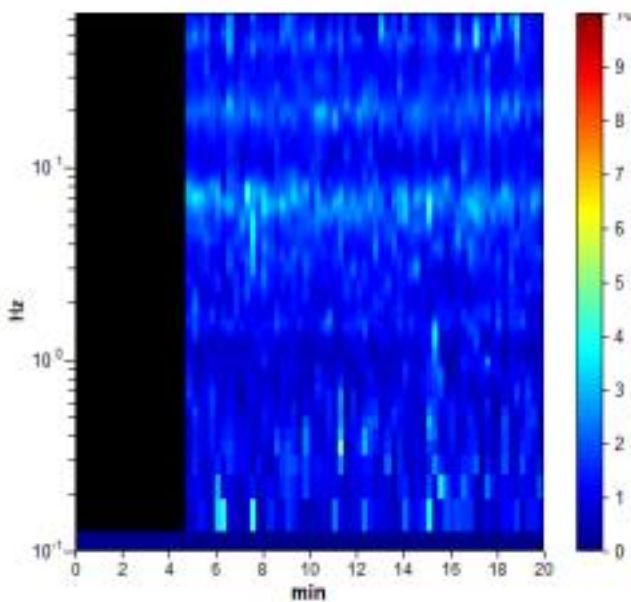
Instrument: TRS-0016/01-06  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: 51  
Start recording: 03/11/20 13:36:05 End recording: 03/11/20 13:56:06  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS location: 010°49.9466 E, 44°19.9477 N ( not available)  
(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 + 0 samples  
Satellite no.: 03  
Trace length: 0h20'00". Analyzed 76% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 15 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 20%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

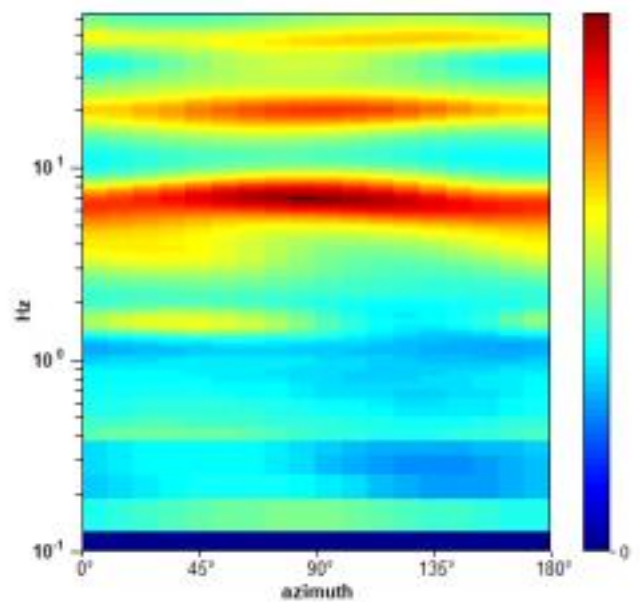
Max. HVV at 6.56 ± 0.2 Hz. (In the range 2.0 - 45.0 Hz)



### H/V TIME HISTORY

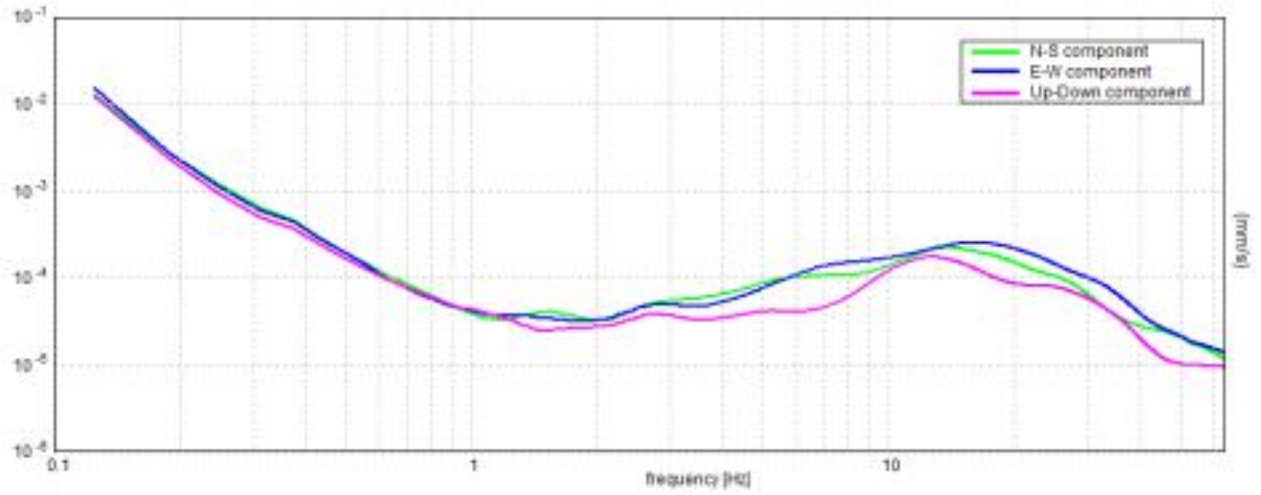


### DIRECTIONAL H/V



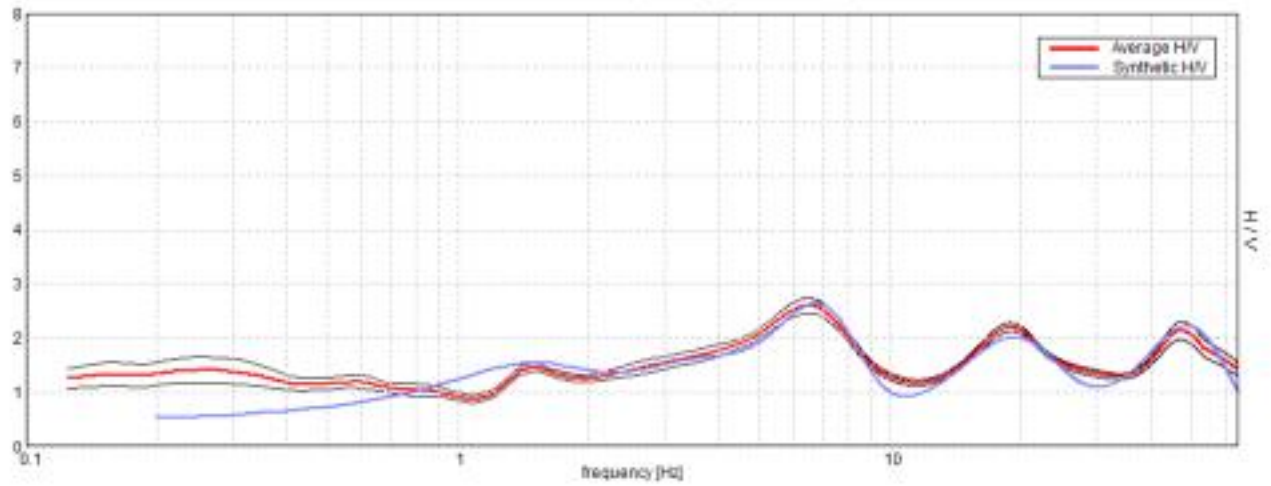


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

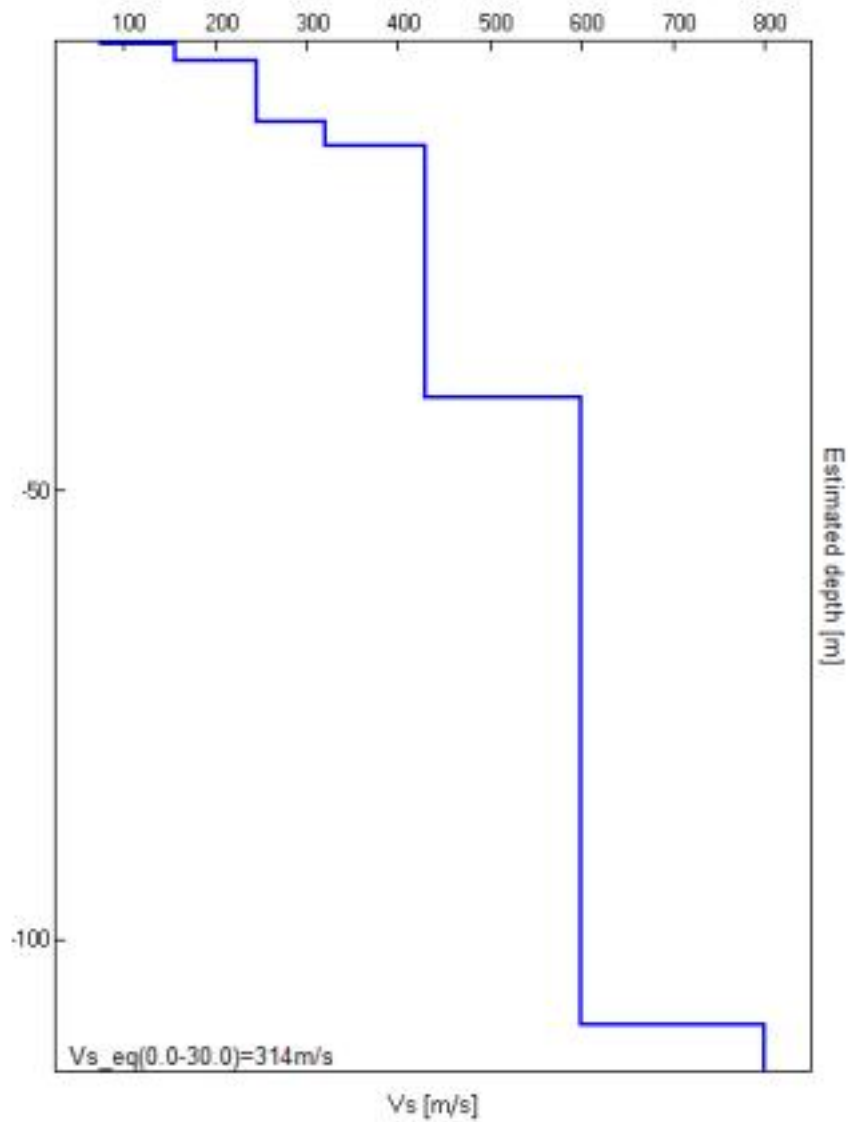
Max. H/V at  $6.41 \pm 0.12$  Hz. (In the range 0.35 - 35.0 Hz).





bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.40	0.40	75	0.45
2.20	1.80	155	0.45
9.00	6.80	245	0.40
11.60	2.60	320	0.40
39.60	28.00	430	0.40
109.60	70.00	600	0.40
inf.	inf.	800	0.42

**Vs\_eq(0.0-30.0)=314m/s**





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Griila* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 6.56 ± 0.2 Hz (in the range 2.0 - 45.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	6.56 > 0.67	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	6004.7 > 200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 158 times	<b>OK</b>	
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	2.313 Hz	<b>OK</b>	
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	9.875 Hz	<b>OK</b>	
<b><math>A_0 &gt; 2</math></b>	2.68 > 2	<b>OK</b>	
<b><math>f_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>	0.03056  < 0.05	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_f &lt; \vartheta(f_0)</math></b>	0.20054 < 0.32813	<b>OK</b>	
<b><math>\sigma_A(f_0) &lt; \vartheta(f_0)</math></b>	0.1442 < 1.58	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\vartheta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \vartheta(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\vartheta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \vartheta(f_0)$

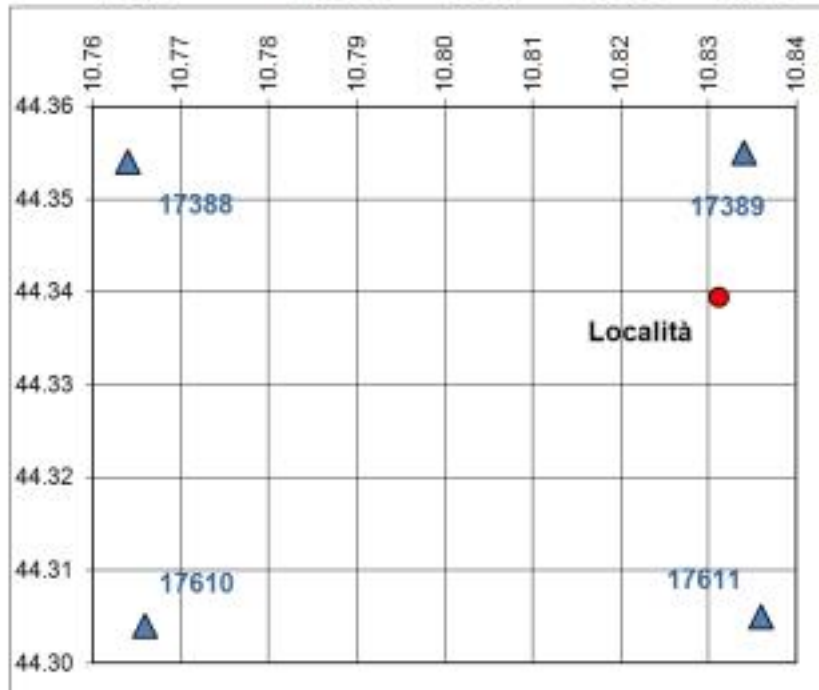
Threshold values for $\vartheta_f$ and $\vartheta_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\vartheta(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\vartheta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \vartheta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20





Coordinate geografiche della località in esame				
	LON	LAT	Tolleranza	
	[°]	[°]	[°]	[km]
Località	10.8311	44.3395	0.0001	0.014

Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo				
ID	LON	LAT	DIST [°]	[km]
17389	10.8340	44.3550	0.0156	1.741
17388	10.7640	44.3540	0.0502	5.582
17611	10.8360	44.3050	0.0347	3.858
17610	10.7660	44.3040	0.0586	6.519



#### CARATTERISTICHE TERRENO

Topografia		<b>T2</b>
Coeff. topografico	<b>Sr</b>	<b>1.2</b>
Categoria suolo		<b>C</b>

#### VITA DELLA STRUTTURA

Vita nominale	$V_N$	<b>50</b>	[anni]
Classe d'uso	$C_U$	<b>II</b>	
Vita di riferimento	$V_R$	<b>50</b>	[anni]

#### PARAMETRI SISMICI

	SL	$P_{VR}$	$T_R$	$a_g/g$	$F_o$	$T_c^*$
SLE	Operatività	81%	30	<b>0.056</b>	<b>2.50</b>	<b>0.25</b>
SLE	Danno	63%	50	<b>0.070</b>	<b>2.49</b>	<b>0.26</b>
SLU	Salv. Vita	10%	475	<b>0.159</b>	<b>2.52</b>	<b>0.29</b>
SLU	Collasso	5%	975	<b>0.200</b>	<b>2.53</b>	<b>0.30</b>

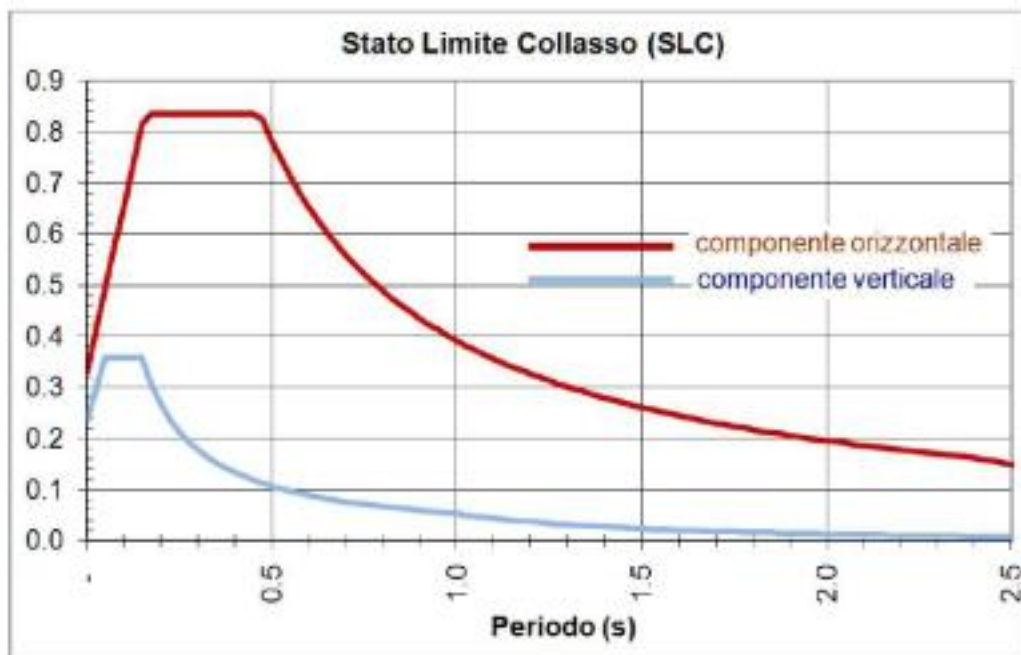
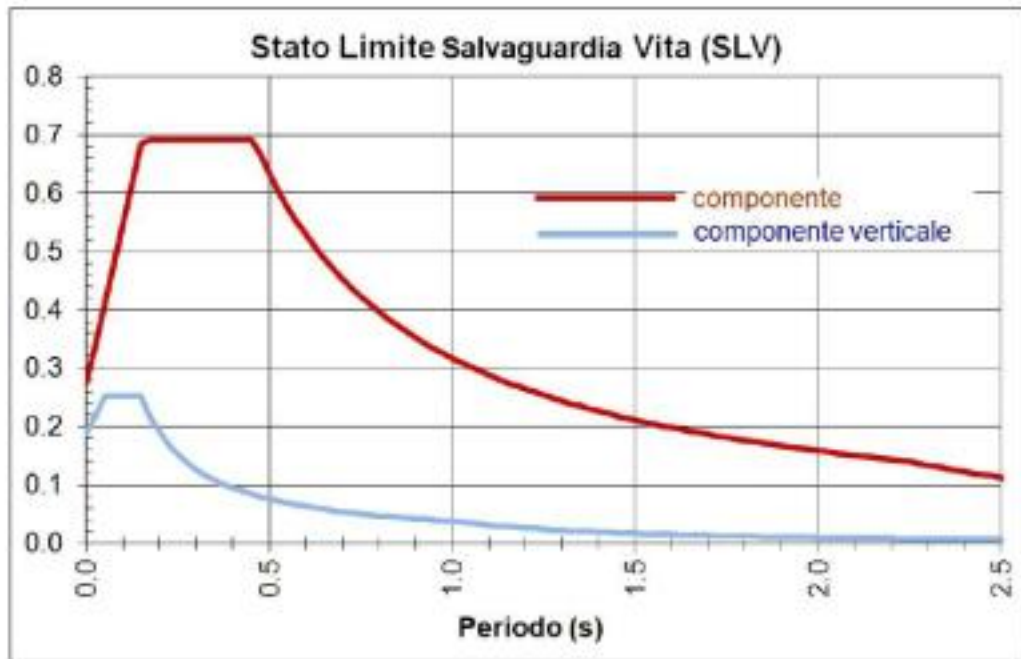
S	$T_b$	$T_c$	$T_D$	$F_v$
1.800	0.138	0.415	1.820	0.792
1.800	0.142	0.426	1.874	0.880
1.756	0.153	0.458	2.225	1.345
1.682	0.156	0.469	2.386	1.514



## SPETTRI ELASTICI SLU

Tr = 475 anni (SLV)

Tr = 975 anni (SLC)



# **ALLEGATO C**

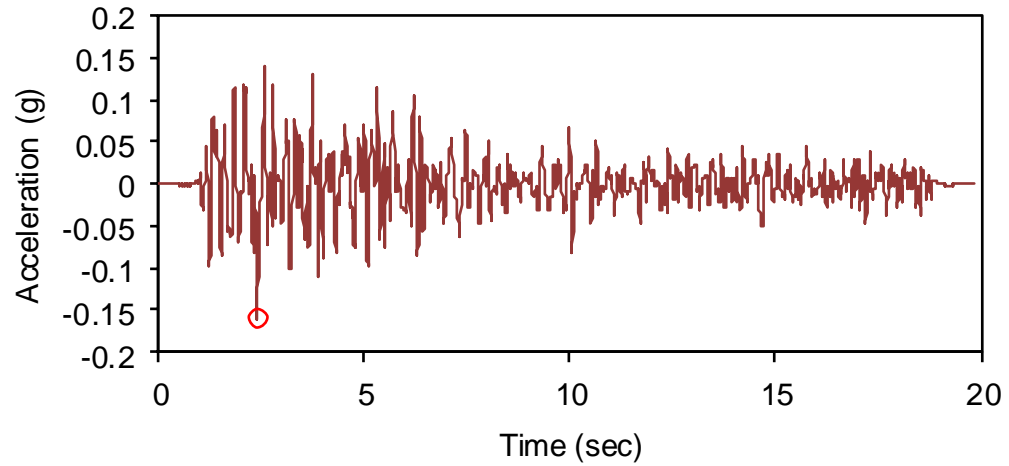
Tabulati e Grafici RSL



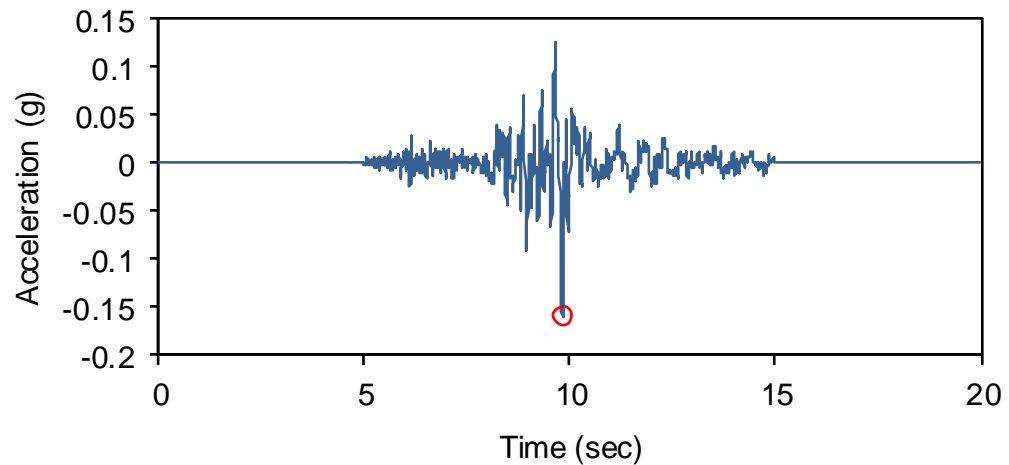
## ACCELEROGRAMMI DEI SEGNALI DI RIFERIMENTO RER

(Ricostruiti tramite latitudine e longitudine della griglia di riferimento)

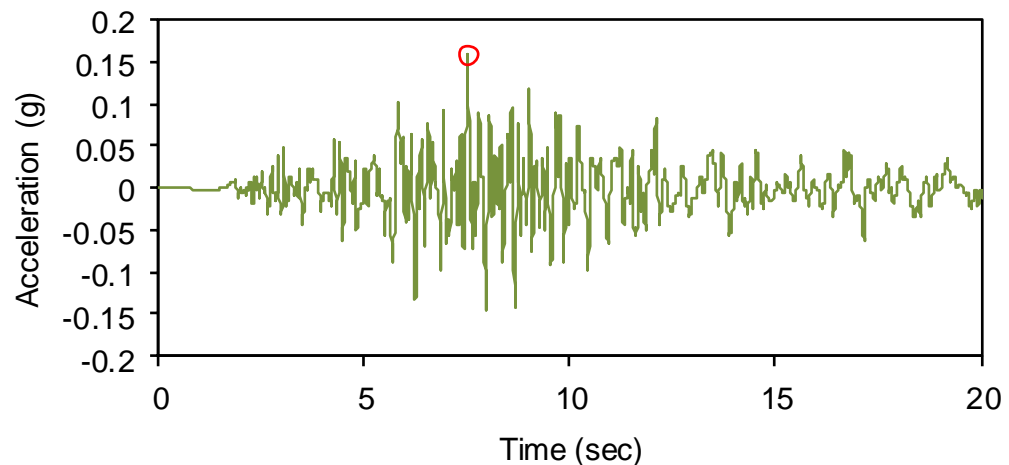
### SEGNALE 46 - (IMPULSIVO)



### SEGNALE 126 - (CON AMPIO CONTENUTO IN FREQUENZE)



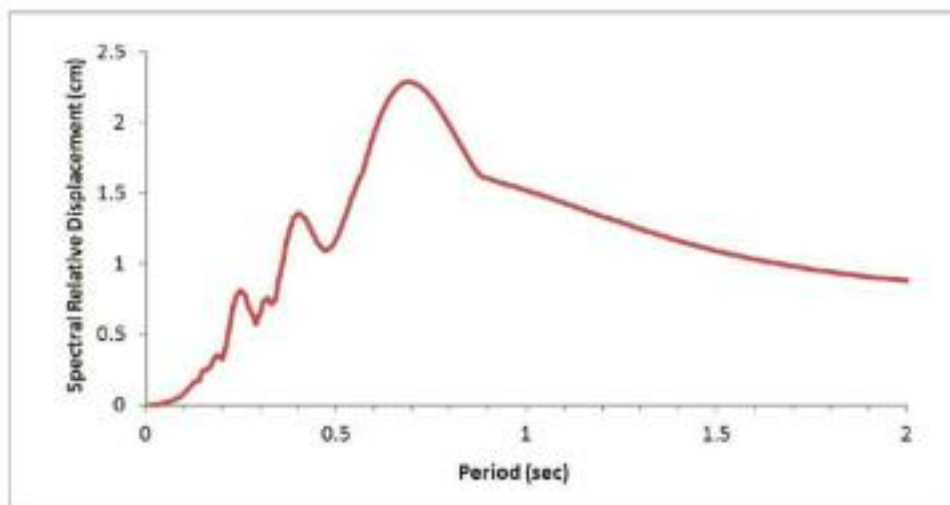
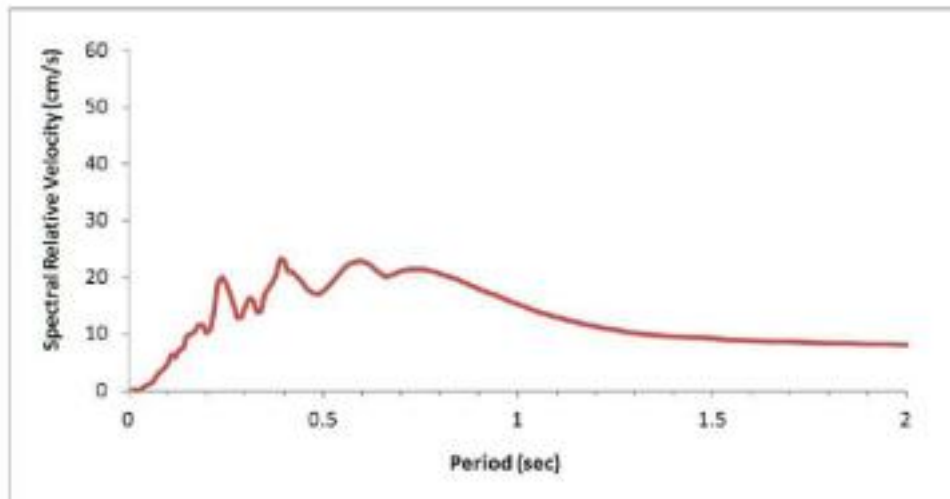
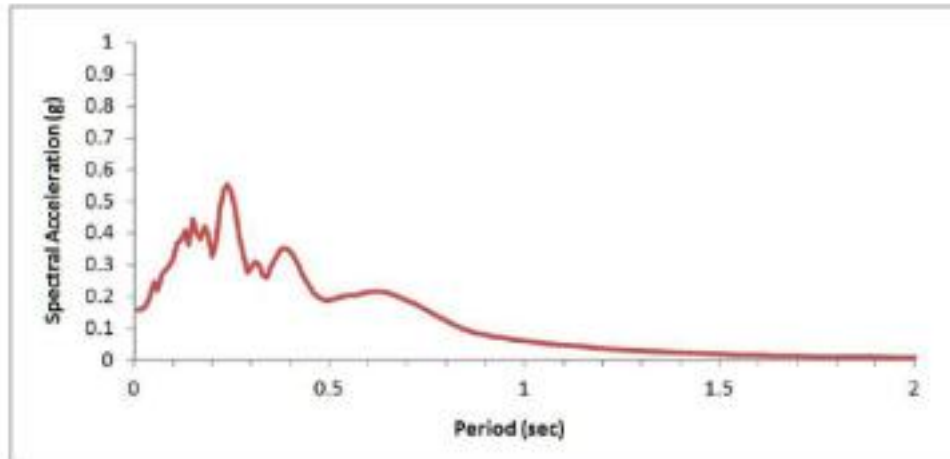
### SEGNALE 354 - (CON COMPONENTE PREDOMINANTE AD ALTE FREQUENZE)





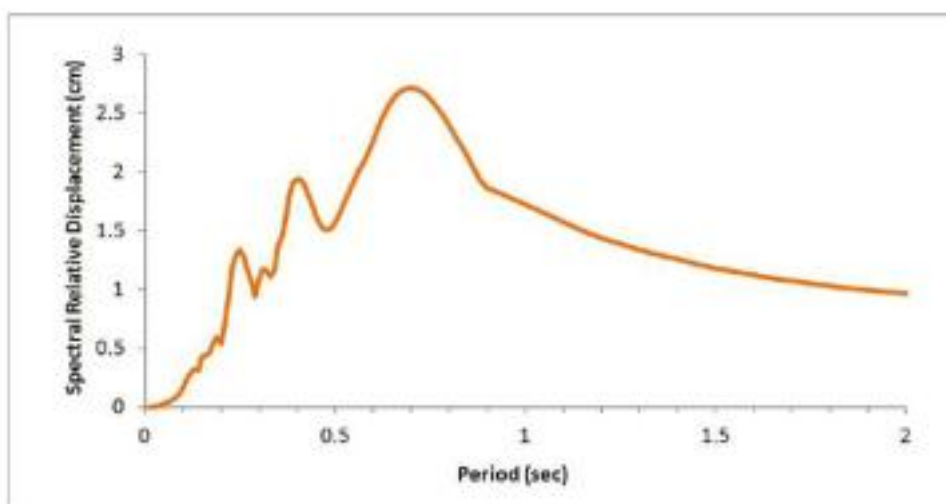
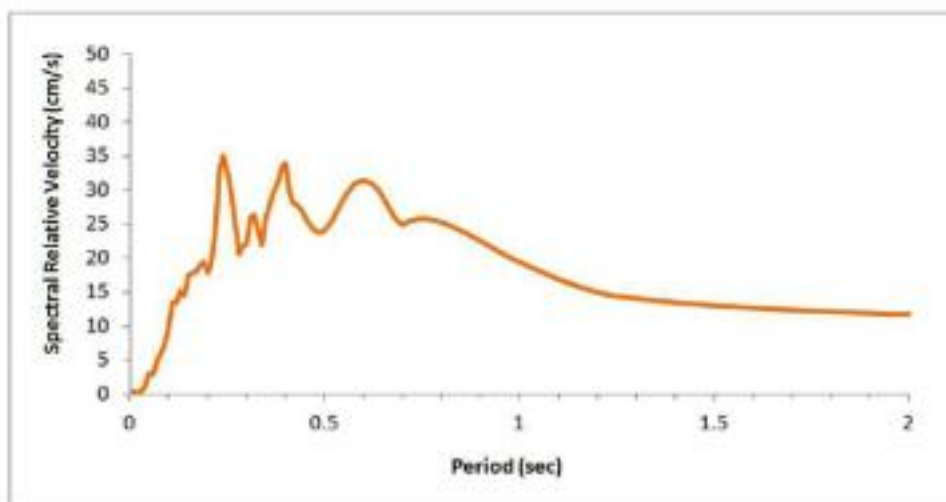
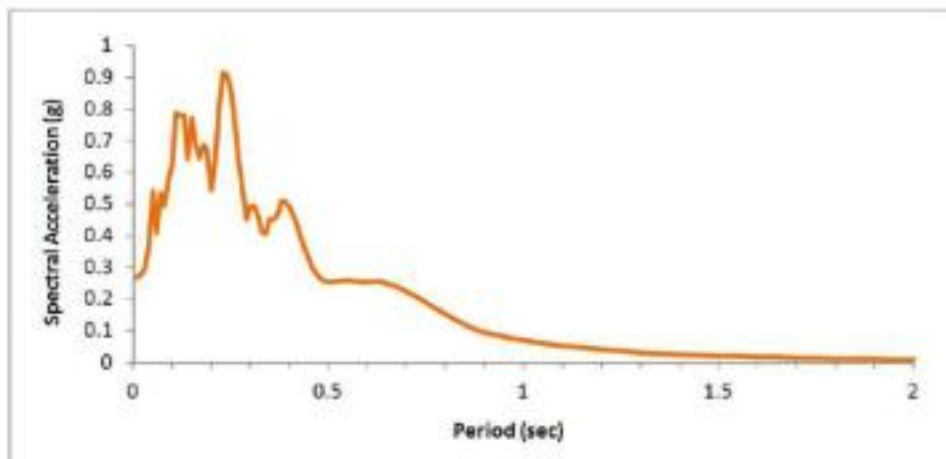


## SPETTRI DI RISPOSTA AL SUOLO DI RIFERIMENTO SLV (Segnale 46)



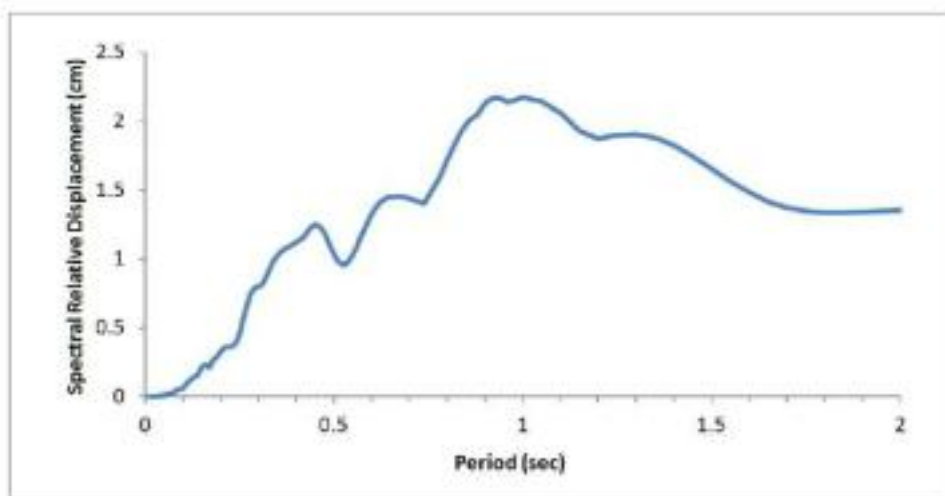
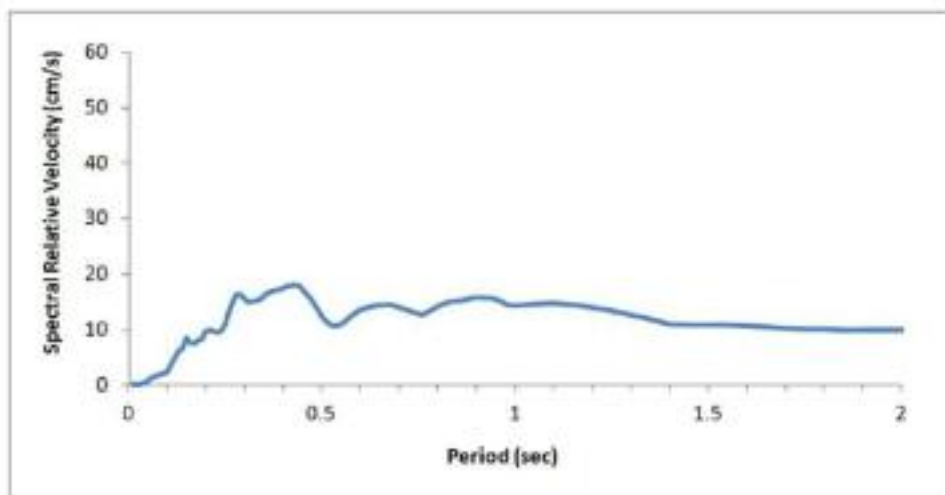
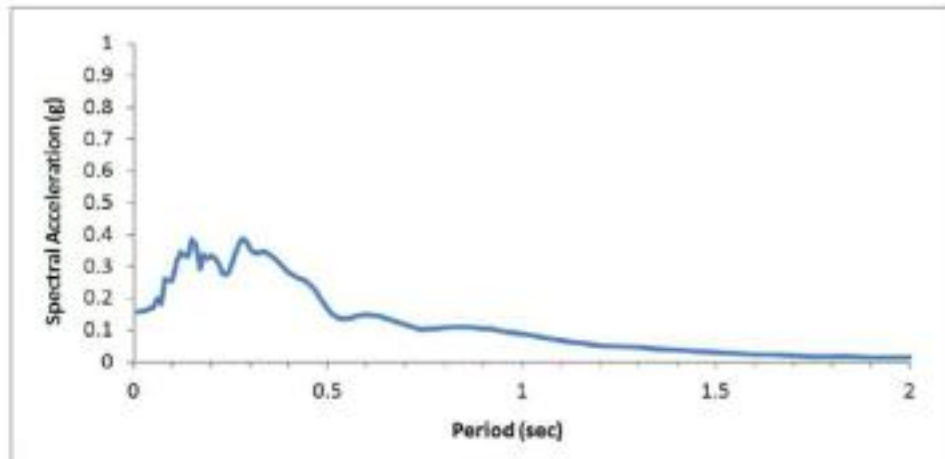


## SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 46)



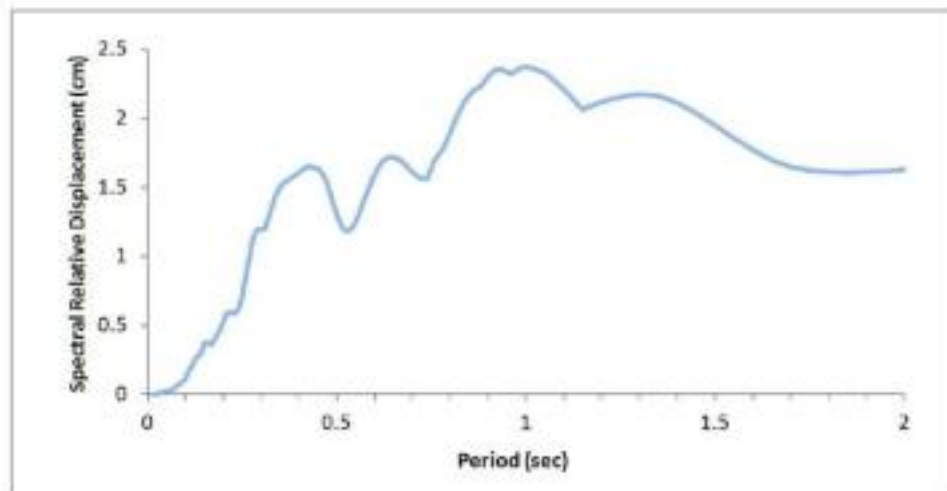
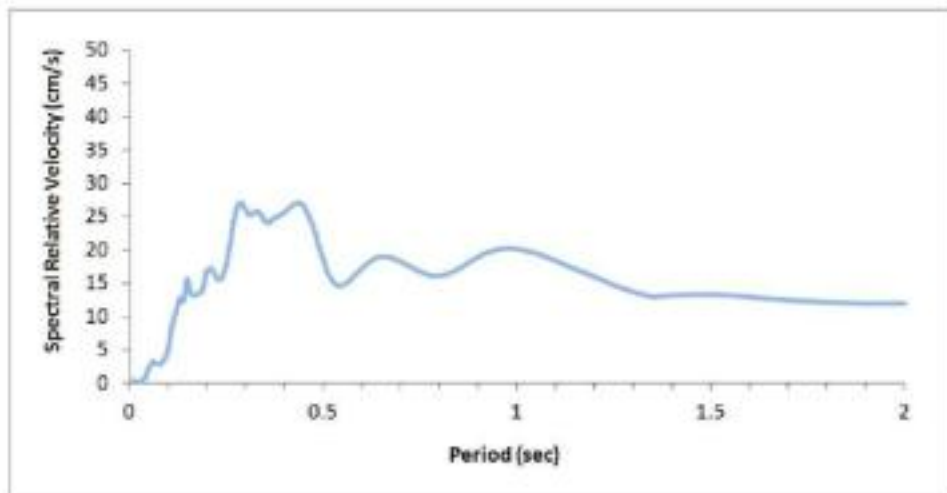
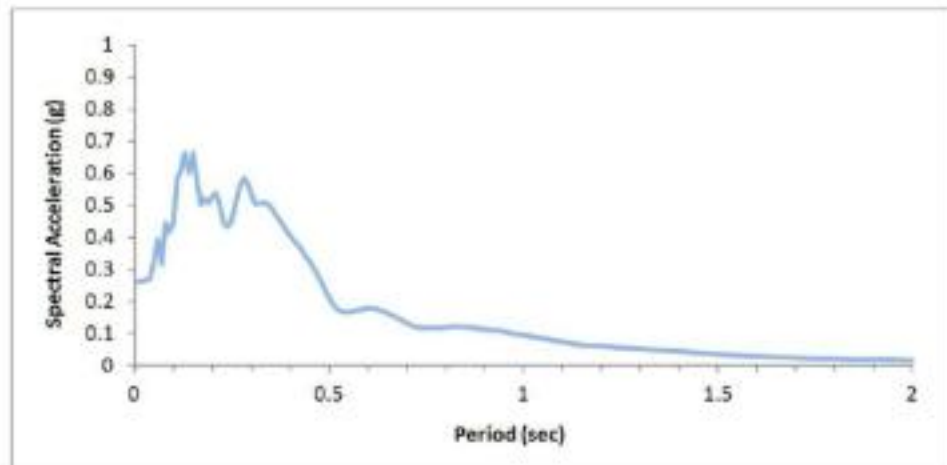


## SPETTRI DI RISPOSTA AL SUOLO DI RIFERIMENTO SLV (Segnale 126)



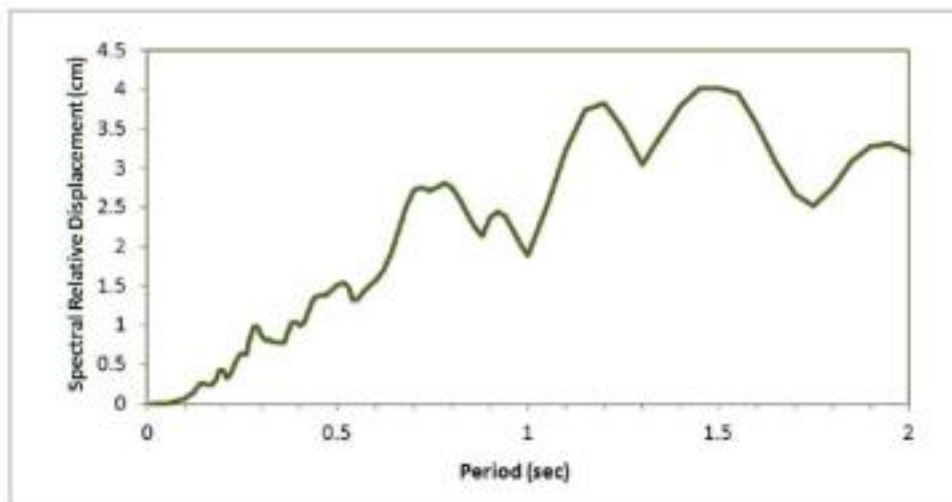
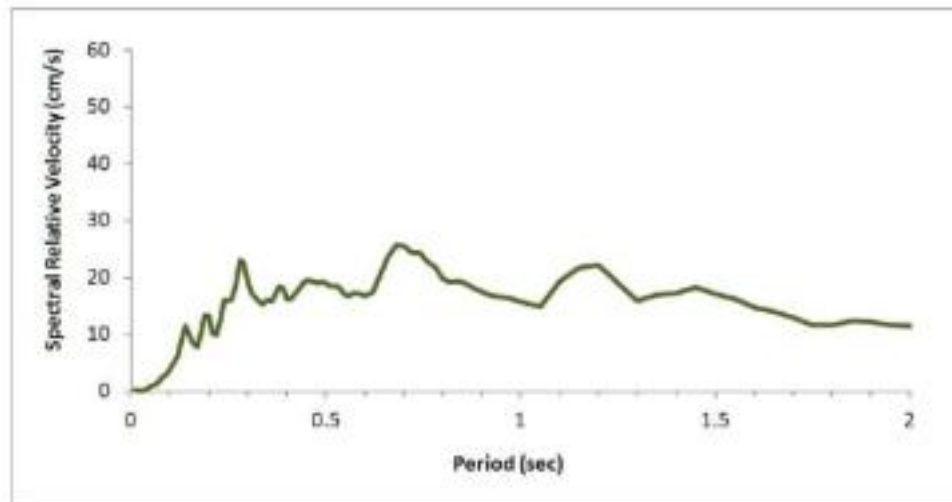
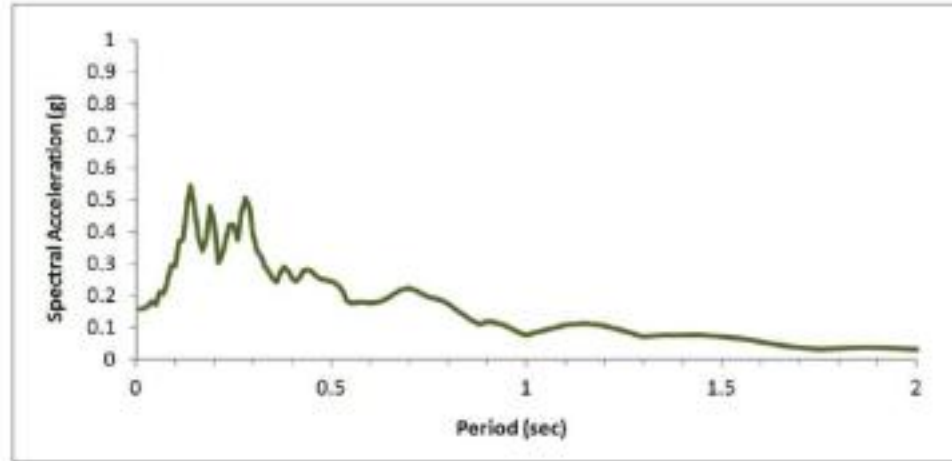


## SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 126)





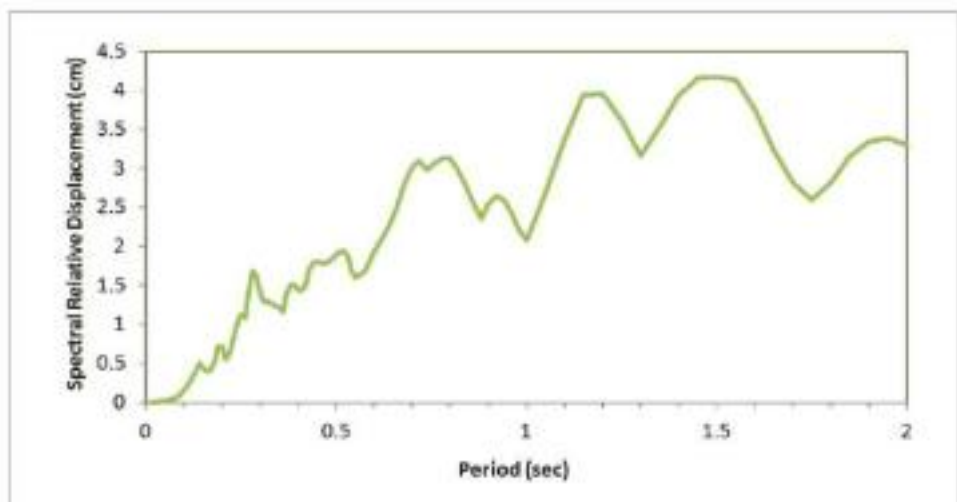
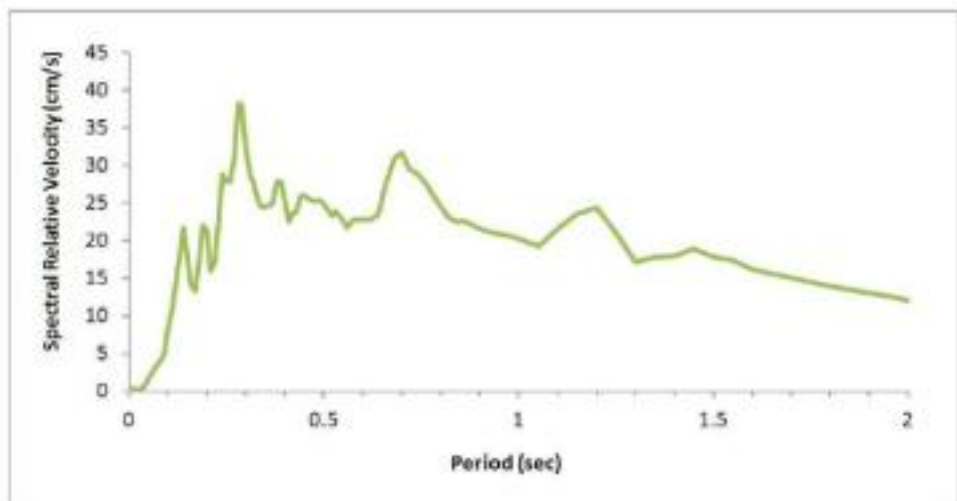
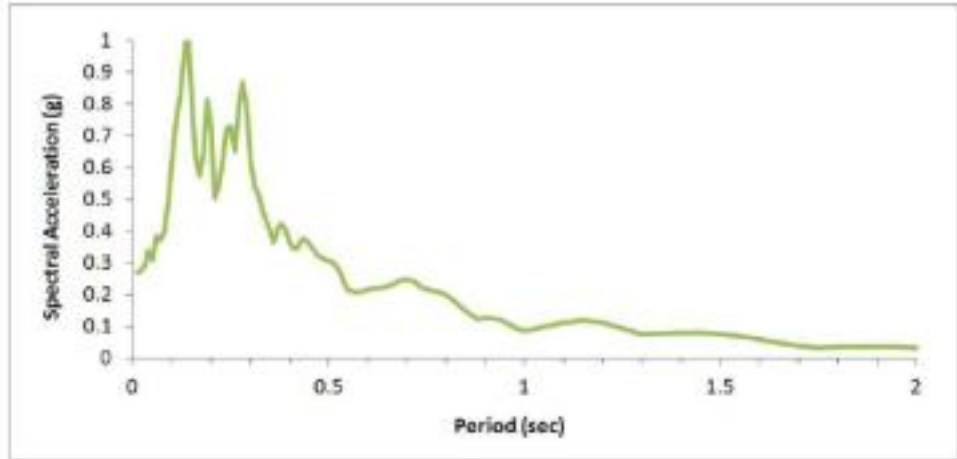
## SPETTRI DI RISPOSTA AL SUOLO DI RIFERIMENTO SLV (Segnale 354)







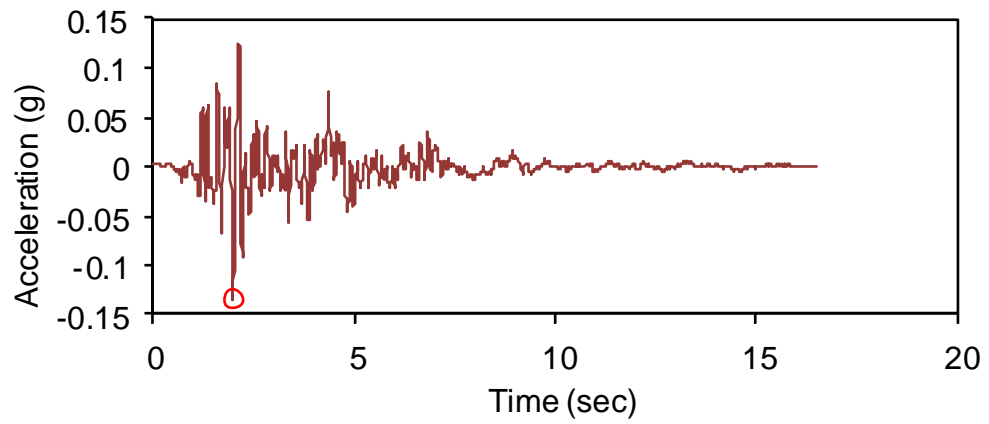
## SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale 354)



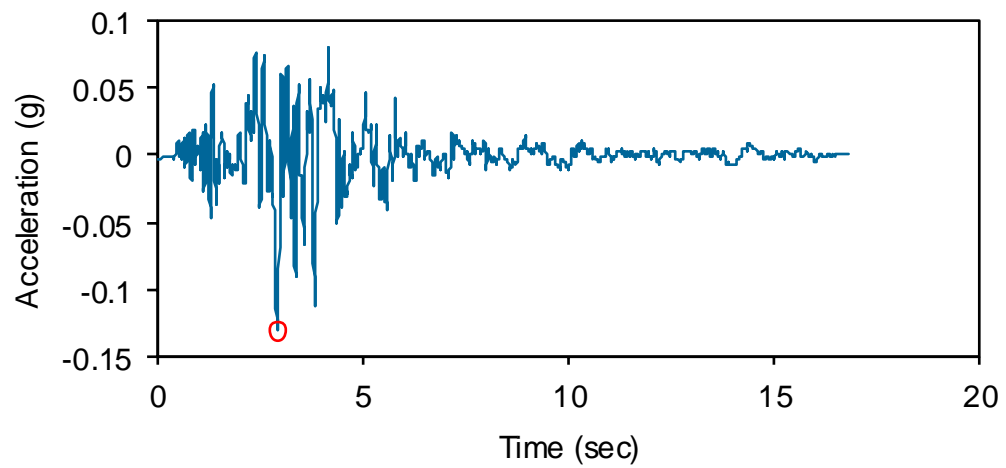


## ACCELEROGRAMMI SEGNALI DI RIFERIMENTO REXEL

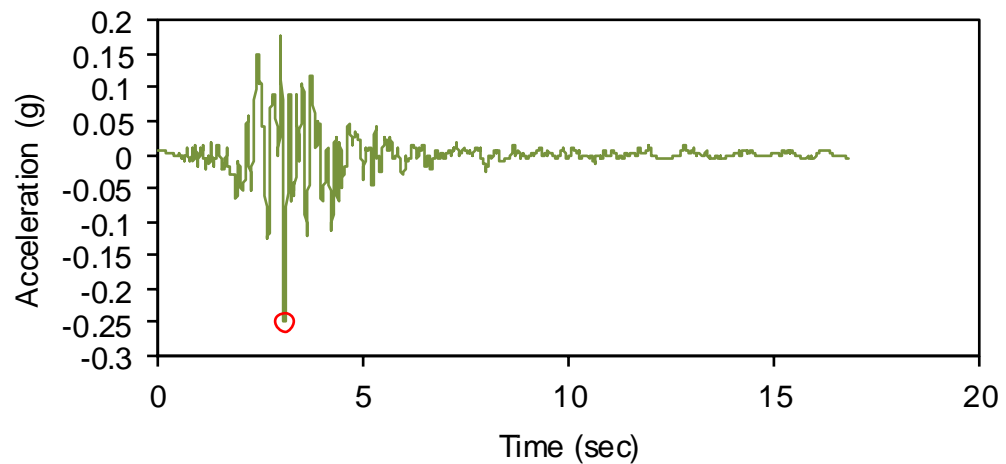
**SEGNALE IT0090ya**



**SEGNALE IT0103xa**



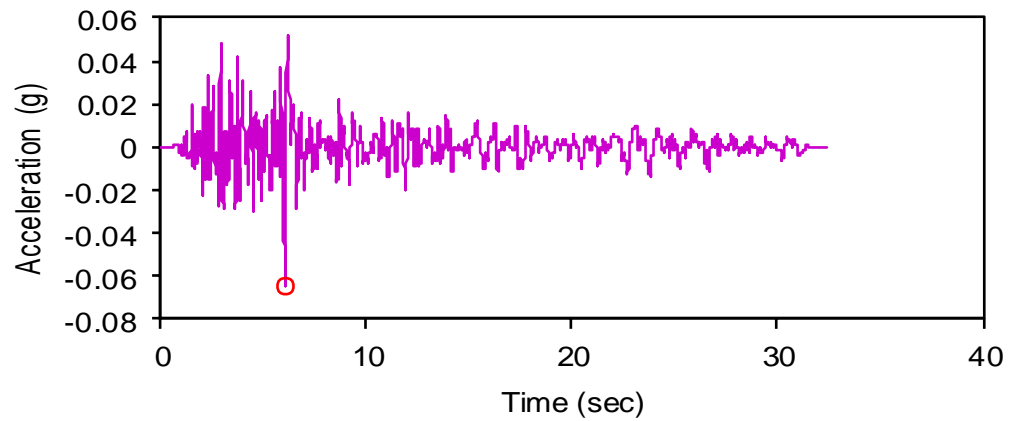
**SEGNALE IT0103ya**



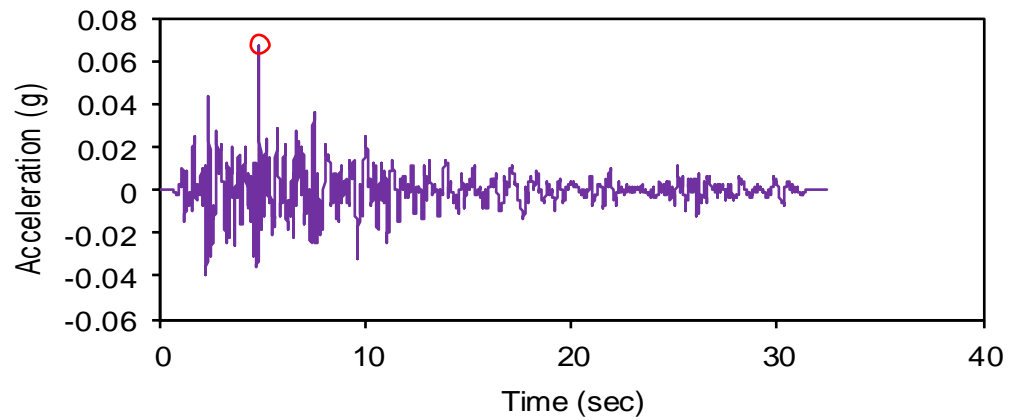


## ACCELEROGRAMMI SEGNALI DI RIFERIMENTO REXEL

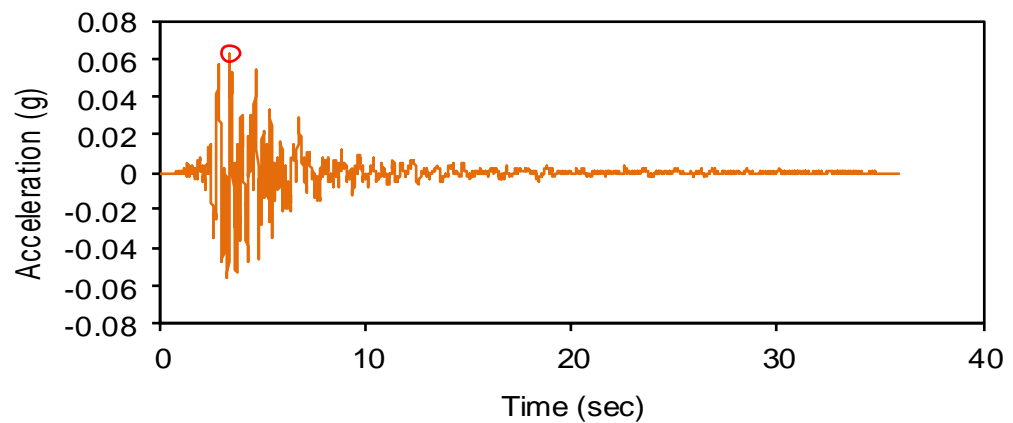
SEGNALE IT0270xa



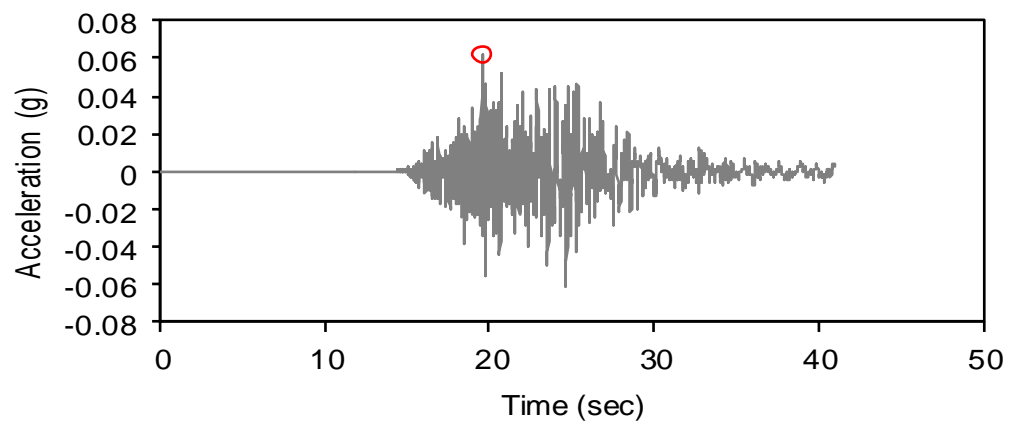
SEGNALE IT0207ya



SEGNALE IT0488ya

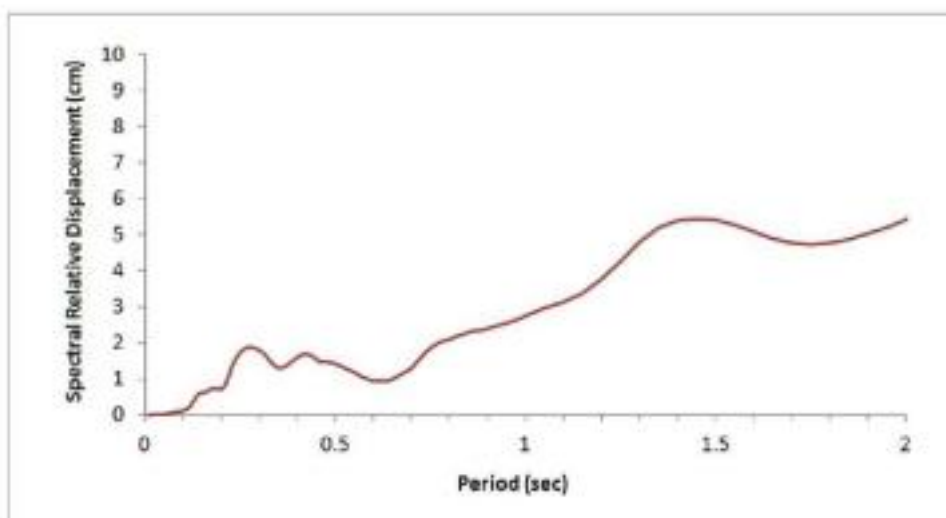
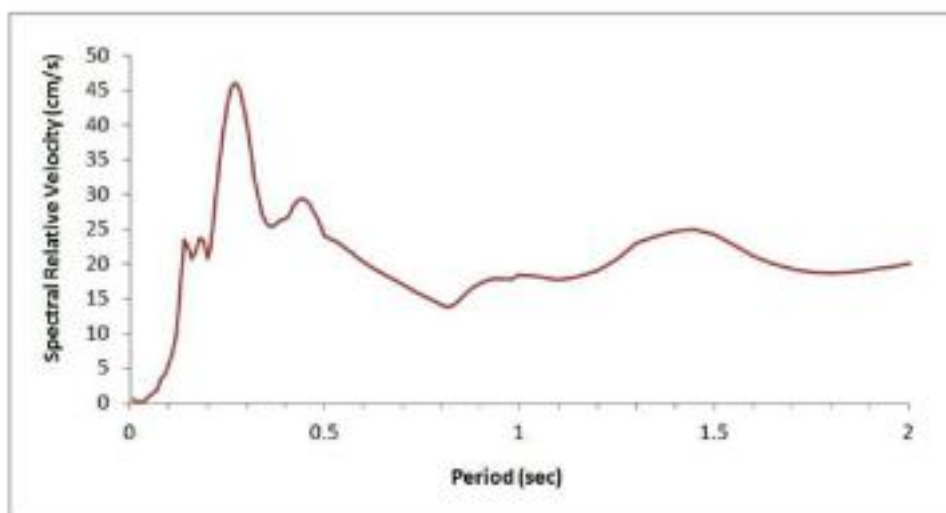
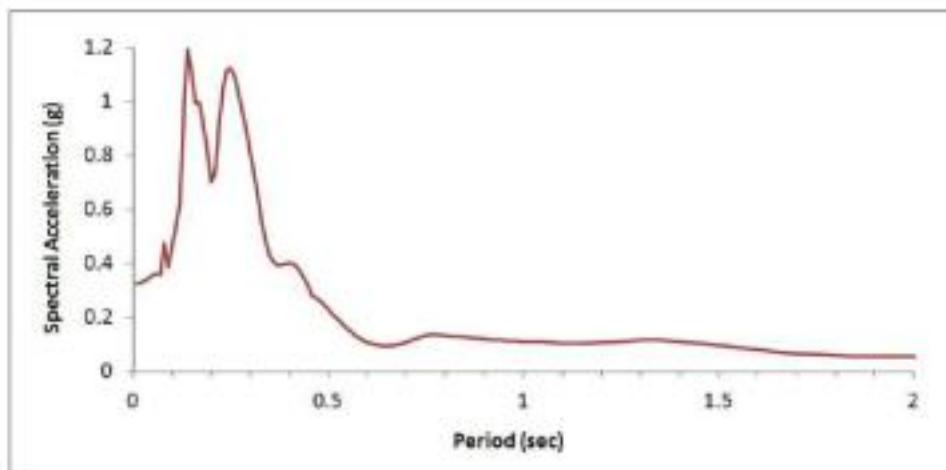


SEGNALE IT0813xa



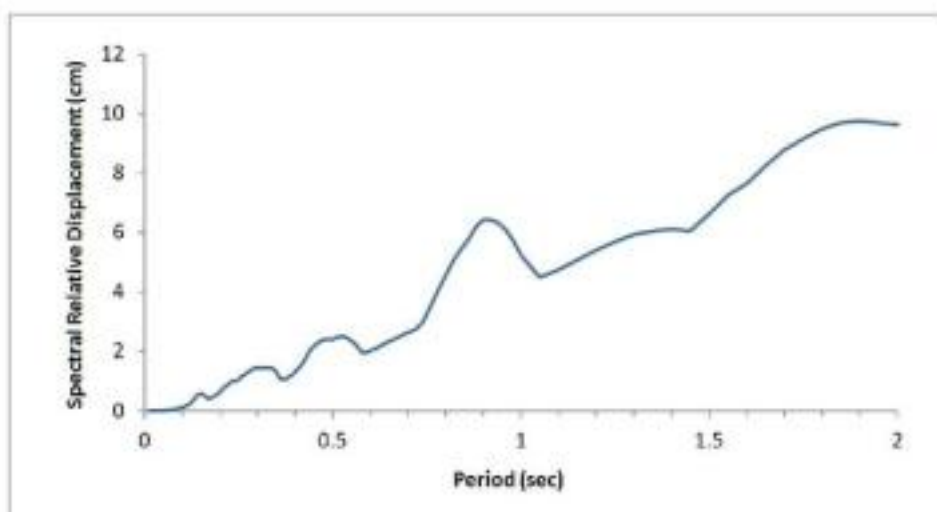
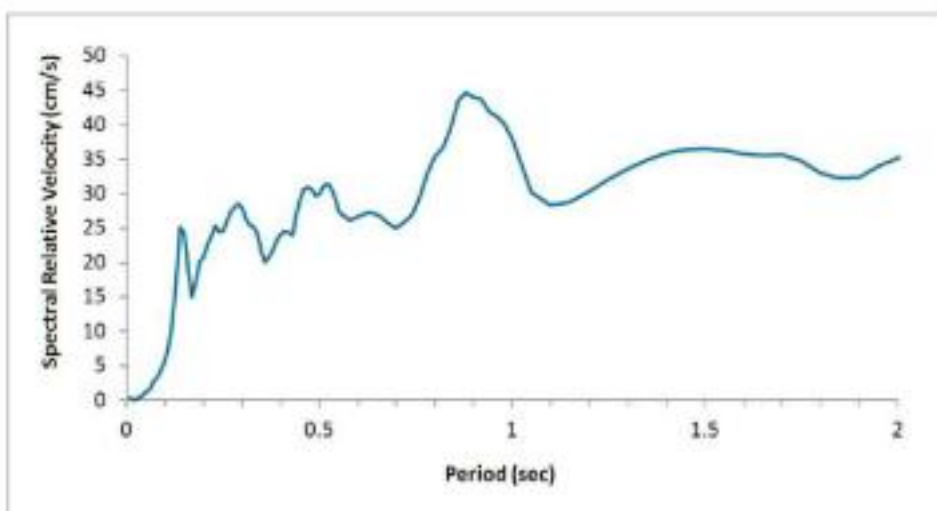
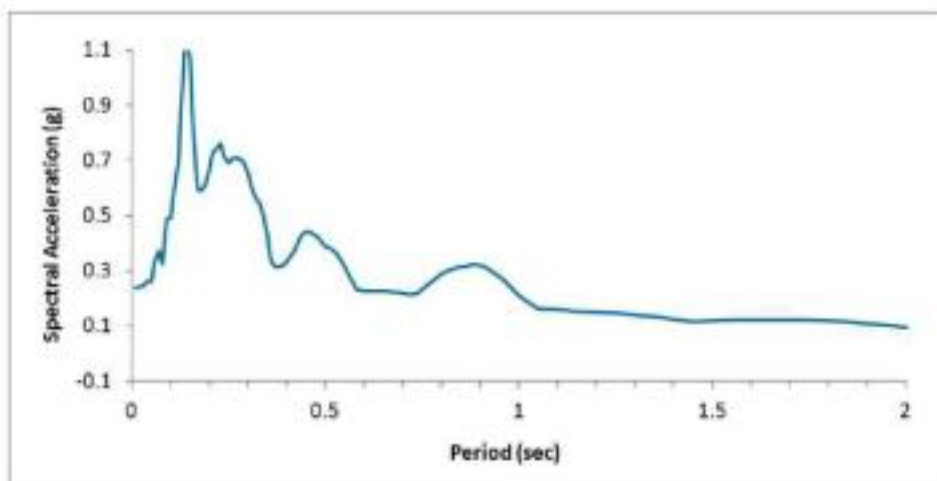


## SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale IT0090ya)





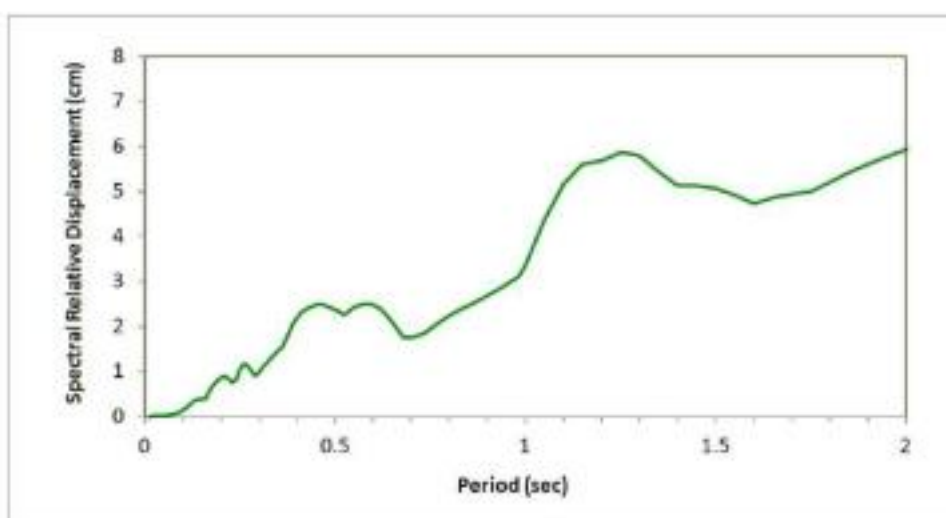
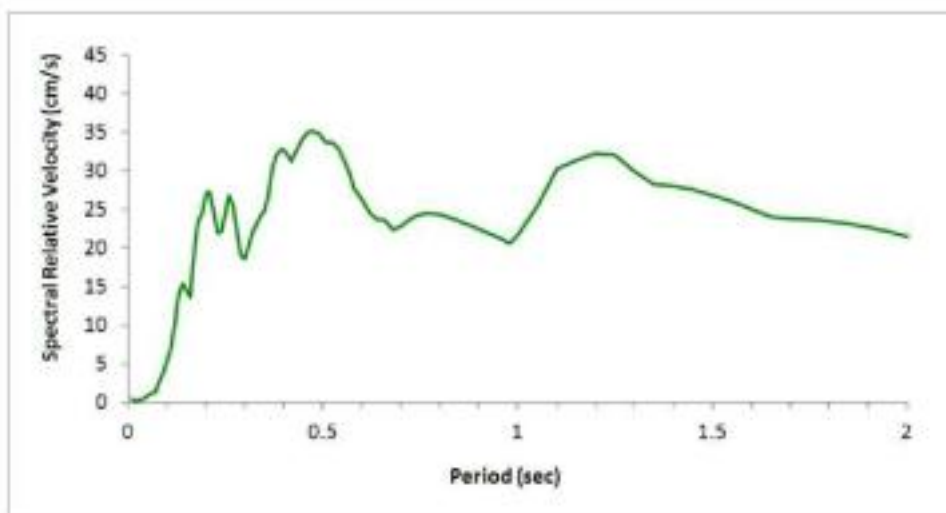
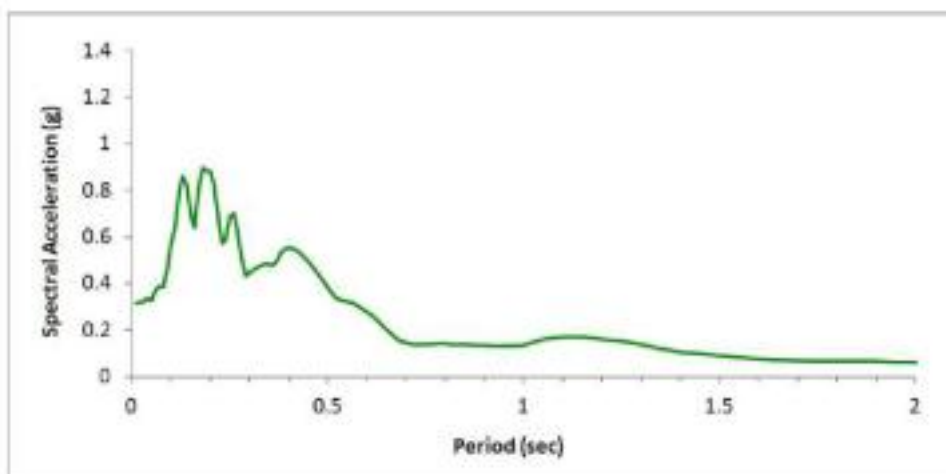
## SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale IT0103xa)





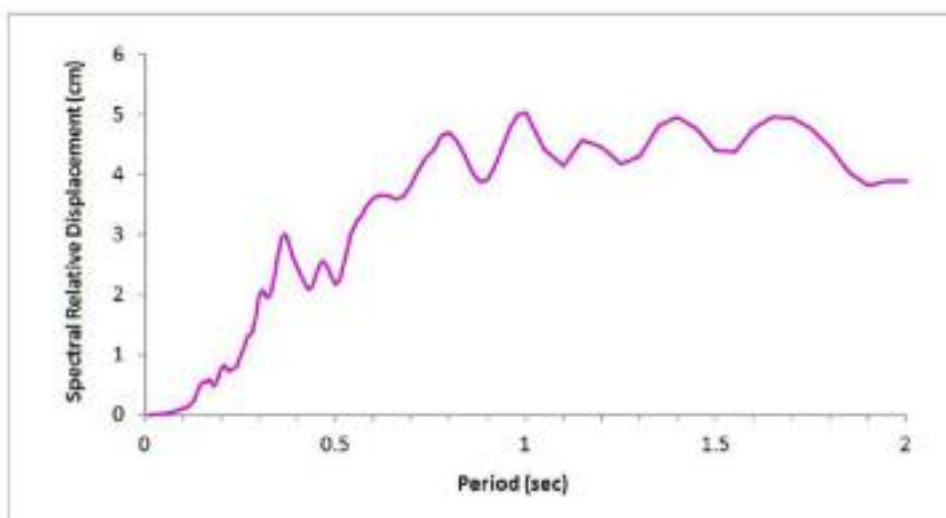
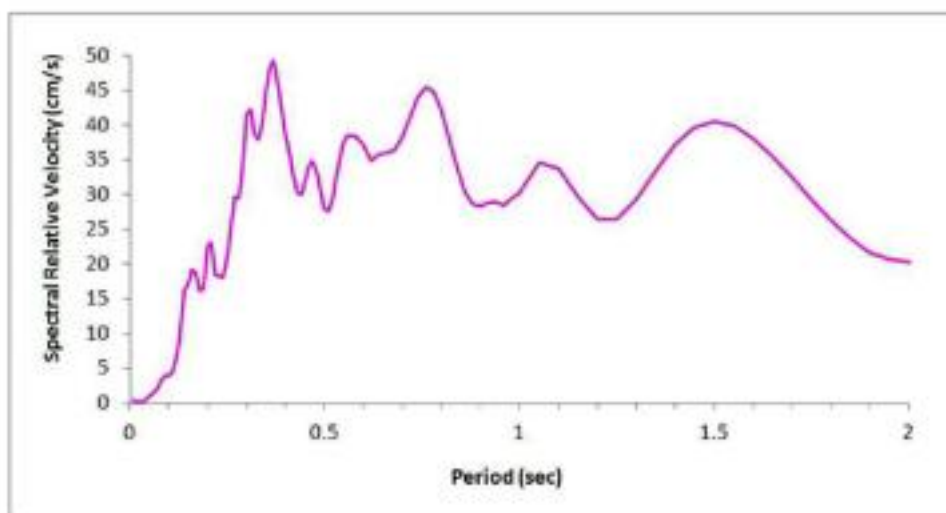
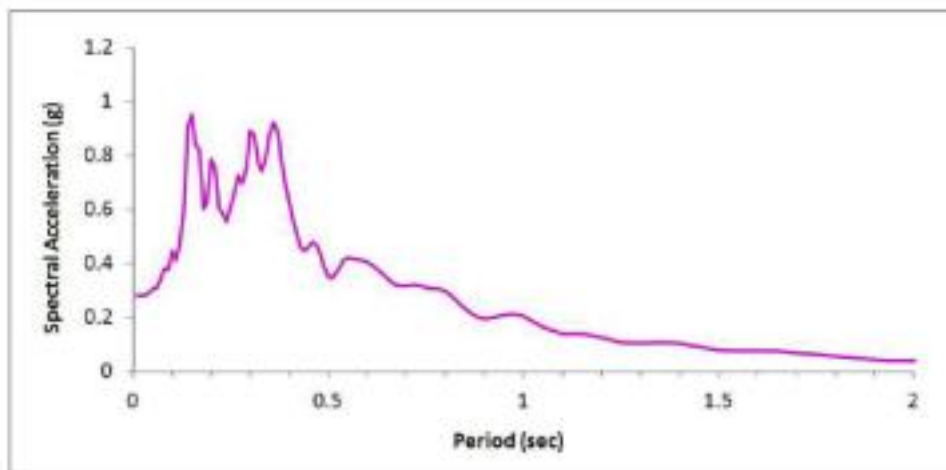


## SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale IT0103ya)



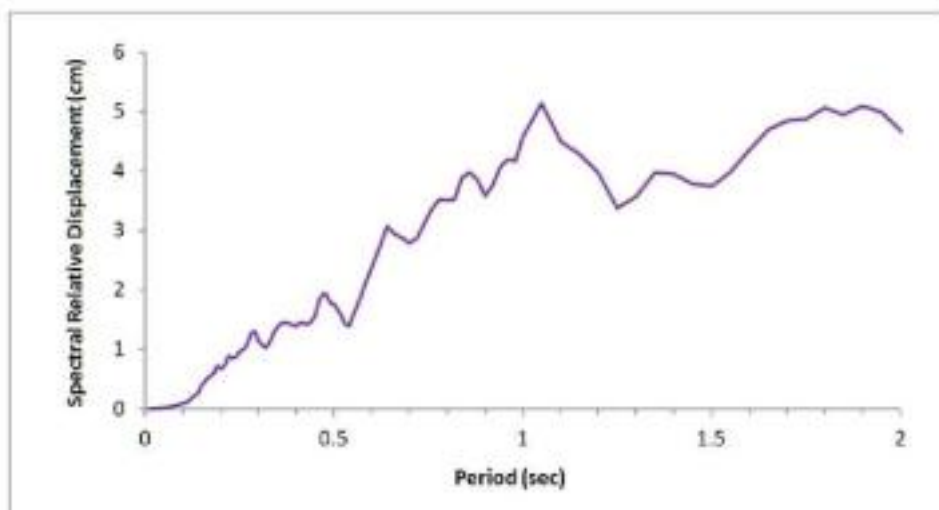
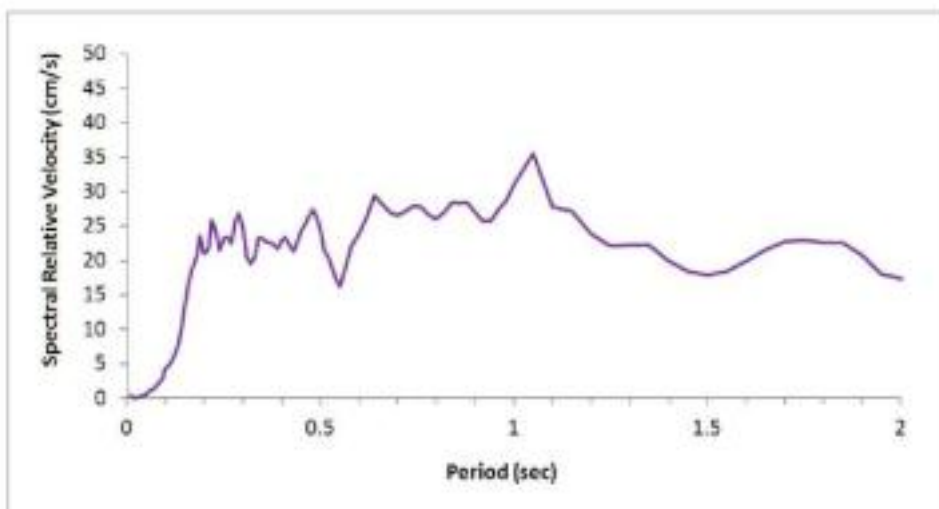
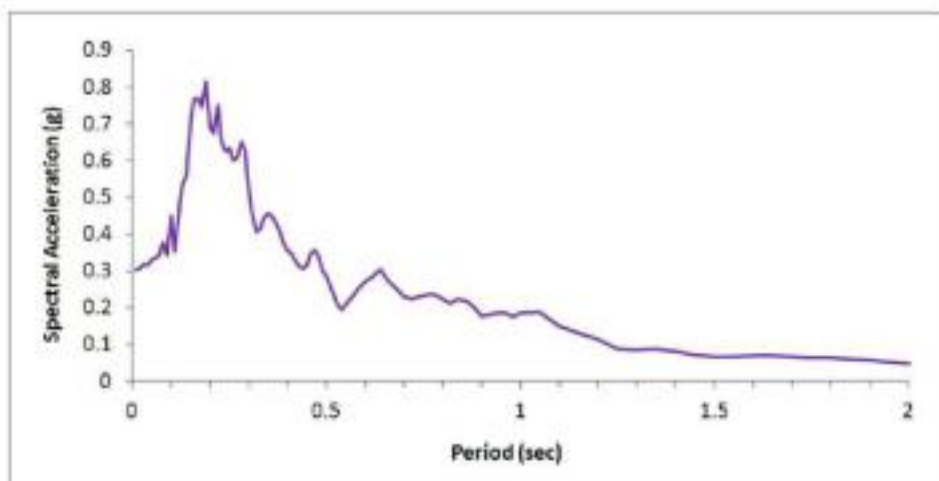


## SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale IT0270xa)



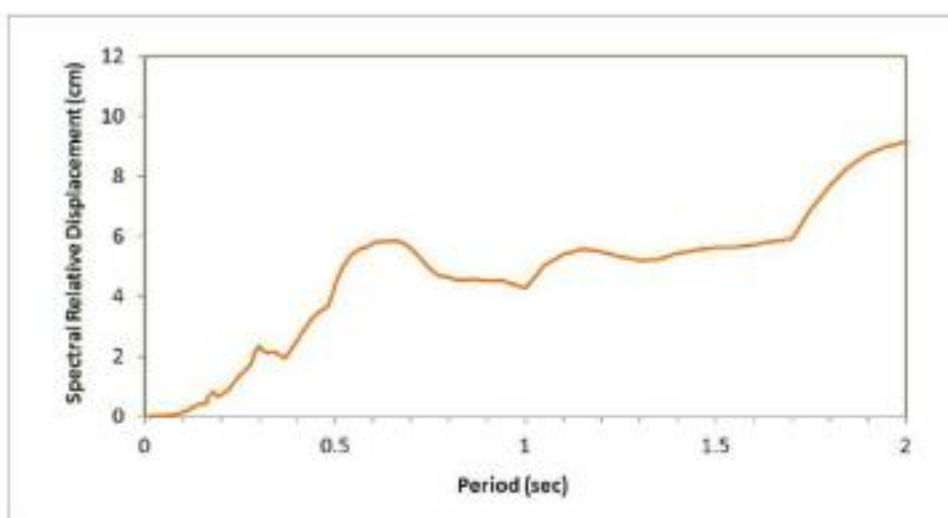
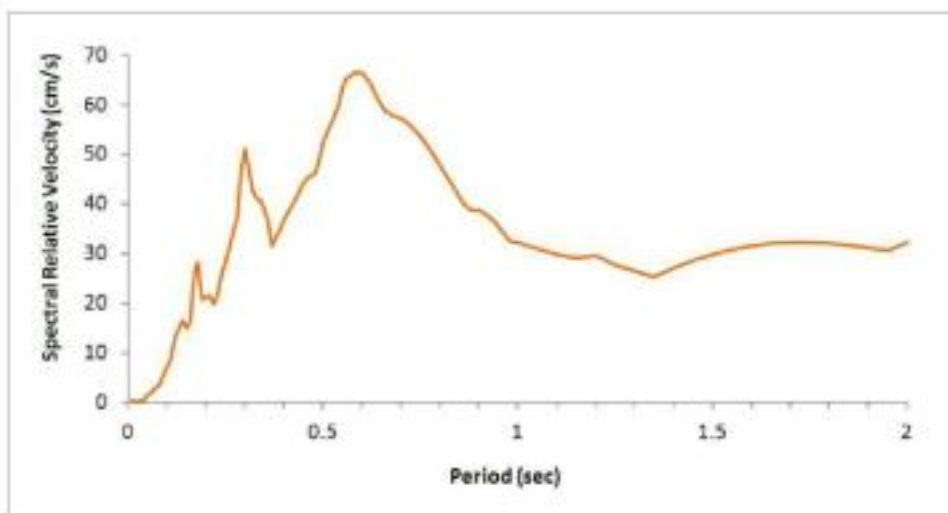
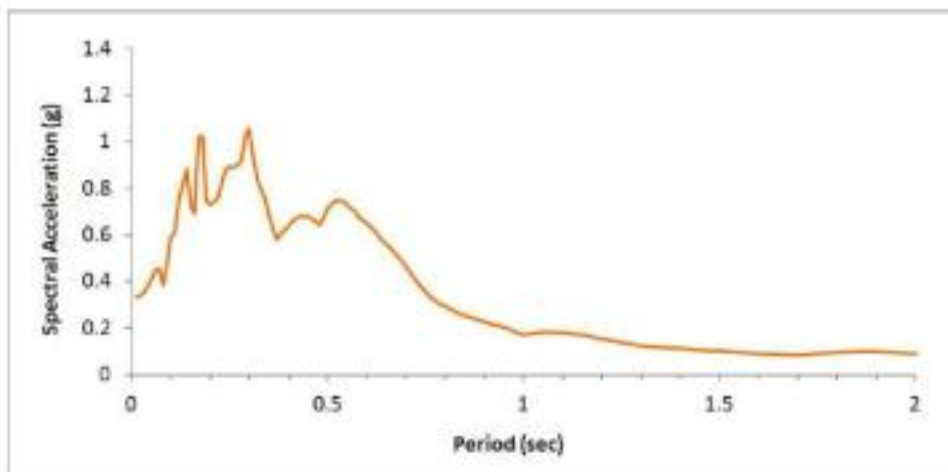


## SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale IT0270ya)



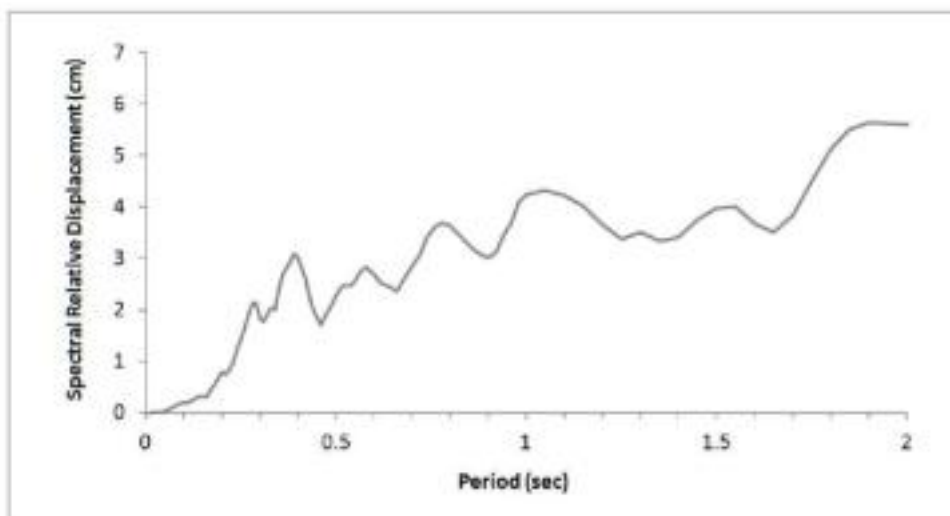
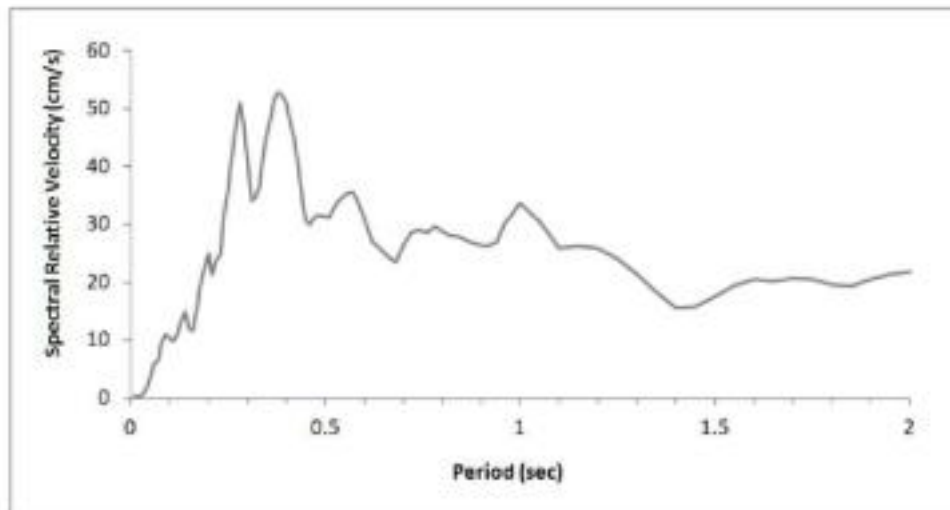
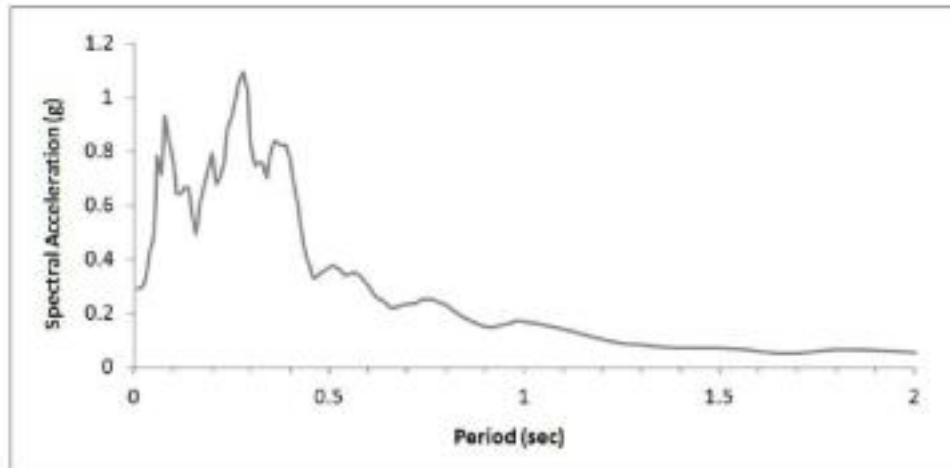


## SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale IT0488ya)





## SPETTRI DI RISPOSTA LOCALE SLV (Segnale IT0813xa)







# **ALLEGATO D**

**Tabulati Calcoli di Stabilita'**

# 1) DM2018\_STATO ATTUALE\_CONDIZIONE STATICA [PC]

## Dati

### Descrizione terreno

#### Simbologia adottata

$M$	Indice del terreno
$Q_{saturato}$	Quota satura terreno
$q$	Peso di volume del terreno espresso in kN/m <sup>3</sup>
$q_{sat}$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/m <sup>3</sup>
$\beta$	Angolo di attrito interno efficace del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione del terreno espresso in kPa
$\delta$	Angolo d'attrito interno totale del terreno espresso in gradi
$\sigma$	Coesione totale del terreno espresso in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\beta$ (°)	$c$ (kPa)
1	Depositi di Versine	18,00	18,00	21,00	0,00
3	Bedme e Rocce	21,00	21,00	21,00	0,00
4	Rocce Alterate	21,00	21,00	35,00	4,00

### Profilo del piano campagna

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa  $X$  è l'asse positivo da sinistra verso destra e l'ordinata  $Y$  è l'asse positivo verso l'alto.

$M$	Interdistanza 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	18,72
2	21,00	19,52
3	27,00	19,20
4	35,25	19,84
5	42,00	20,28
6	45,00	20,28
7	47,00	21,30
8	57,00	22,31
9	65,00	23,31
10	67,00	24,32
11	69,00	25,30
12	69,00	27,00
13	75,00	30,15
14	84,00	37,31

### Descrizione stratigrafia

#### Simbologia e convenzioni di segno adottate

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

Strato N° 1 costituito da terreno n° 1 (Rocce Alterate)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	10,90
2	0,00	0,00
3	84,00	0,00
4	84,00	-1,20
5	75,00	-6,78
6	69,00	-1,23
7	67,00	16,96
8	47,00	13,17
9	35,00	12,73
10	27,00	12,24
11	21,00	11,74

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Depositi di versante)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	55,18	17,59
2	52,16	18,35
3	38,86	22,62
4	65,82	26,61
5	84,00	32,50
6	84,00	24,34
7	73,83	30,15
8	65,03	27,09
9	65,07	25,39
10	57,36	24,32
11	53,24	23,31
12	51,74	22,34
13	47,89	21,30
14	43,89	20,26
15	43,79	20,26
16	35,86	19,04
17	27,87	19,79
18	21,00	19,77
19	0,00	18,77
20	0,00	17,30
21	0,00	12,50
22	21,00	13,10
23	27,80	13,46
24	35,85	13,90
25	43,81	15,17

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Detrito e Rocca)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	84,00	21,30
2	84,00	22,50
3	65,82	26,61
4	38,86	22,62
5	52,16	18,35
6	55,18	17,59
7	43,81	15,17
8	35,85	13,90
9	27,80	13,46
10	21,00	13,10
11	0,00	12,50
12	0,00	10,97
13	21,00	11,79
14	27,87	12,24
15	35,81	12,71
16	43,84	13,07
17	47,81	16,96
18	43,86	21,21
19	21,98	26,28

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	17,36
2	17,46	17,89
3	23,00	15,23
4	42,83	16,44
5	51,24	18,11
6	57,00	20,47
7	65,88	23,87
8	84,00	21,36

Dati normativa

Normativa :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Carichi morti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
Carichi vivi	Sfavorevole	$\gamma_{Q1}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,90	0,90
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q2}$	1,10	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\tan \phi$	1,25	1,00
Coesione efficace	$c$	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$c_u$	1,0	1,00
Peso del terreno saturato	$\gamma$	1,00	1,00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Parametri caratteristici	$\gamma_F$	1,00	1,00
Carichi e azioni	$\gamma_{F1}$	1,10	1,00

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]	$X_0 = 40,00$	$Y_0 = 35,00$
Passo maglia	[m]	$dx = 3,50$	$dy = 0,50$
Numero passi		$N_x = 10$	$N_y = 30$
Raggio	[m]	$R = 17,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=1,30$  [m] ed un numero di incrementi pari a 15

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:

- Parametri caratteristici (PC);

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

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di cerca inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1,00	[%]



**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate	11478
Coefficiente di sicurezza minimo	1.659
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>
ANAL.	11478	1.659	1	10.641	11478

**Caratteristiche delle superfici analizzate**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso valle  
 N° numero di linee della superficie analizzata  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio in esp. caso i  
 X<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (vale) espresso in m  
 X<sub>w</sub> ascissa nel punto di intersezione con il profilo (monte) espresso in m  
 V volume intercettato dalla superficie esp. caso j [mc]  
 F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza  
 caso di calcolo

**Metodo di JANBU (J)**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>w</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Risult
1	C	71.77	47.70	27.00	70.97	71.17	111.74	1.679 ( )	PC	--
2	C	74.77	48.70	26.00	72.54	72.57	112.62	1.661 ( )	PC	--
3	C	77.77	49.70	25.00	74.15	74.17	113.54	1.645 ( )	PC	--

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso valle  
 Iw = i<sub>w</sub> sono numeri di vala vale verso monte  
 N° numero di linee della striscia  
 C<sub>x</sub> ascissa sinistra della striscia esp. caso i  
 Y<sub>0</sub> ordinata superiore sinistra della striscia esp. caso i  
 C<sub>y</sub> ordinata inferiore sinistra della striscia esp. caso i  
 C<sub>z</sub> ascissa nel vertice della striscia esp. caso i  
 Y<sub>1</sub> ordinata del baricentro della striscia esp. caso i  
 α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale esp. caso i (positivo anzitutto)  
 β angolo dell'incavo del terreno lungo la base della striscia  
 c coesione del terreno lungo la base della striscia esp. caso i [kPa]  
 L sviluppo della base della striscia esp. caso i [m] (L=β/cosα)  
 α tensione neutra lungo la base della striscia esp. caso i [kPa]  
 W peso della striscia esp. caso i [kN]  
 Q carico applicato sulla striscia esp. caso i [kN]  
 N sforzi normali alla base della striscia esp. caso i [kN]  
 T sforzi tangenziali alla base della striscia esp. caso i [kN]  
 U pressione neutra alla base della striscia esp. caso i [kN]  
 E<sub>x</sub>, E<sub>y</sub> forze orizzontali alla base della striscia esp. caso i [kN]  
 X<sub>v</sub>, X<sub>w</sub> forze verticali sulla striscia esp. caso i sinistra e a destra esp. caso i [kN]  
 ID indice della superficie in presenza dell'incavo

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici

Numero di strisce 24  
 Coordinate del centro X[m]= 53.50 Y[m]= 47.00  
 Raggio del cerchio R[m]= 23.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 50.97 Y<sub>v</sub>[m]= 22.13  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 71.15 Y<sub>m</sub>[m]= 29.29  
 Coefficiente di sicurezza k<sub>s</sub>= 1.679

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>p</sub> [m]	Y <sub>11</sub> [m]	Y <sub>12</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>21</sub> [m]	Y <sub>22</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>3</sub> [m]	l [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	50.97	22.13	22.13	51.71	22.31	22.06	51.48	22.13	0.77	-1.03	21.00	5
2	51.71	22.31	22.06	52.56	22.38	22.02	52.29	22.25	0.83	-3.09	21.00	5
3	52.56	22.58	22.02	53.39	22.82	22.00	53.20	22.36	0.83	-1.20	21.00	5
4	53.39	22.82	22.00	54.22	23.07	22.01	53.92	22.45	0.83	0.69	21.00	5
5	54.22	23.07	22.01	55.07	23.31	22.03	54.71	22.61	0.83	2.39	21.00	5
6	55.07	23.31	22.03	55.91	23.65	22.11	55.47	22.73	0.79	4.42	21.00	5
7	55.91	23.65	22.11	56.79	23.98	22.19	56.21	22.93	0.79	6.20	21.00	5
8	56.79	23.98	22.19	57.59	24.32	22.30	56.99	23.20	0.79	7.99	21.00	5
9	57.59	24.32	22.30	58.39	24.65	22.41	57.79	23.43	0.83	9.83	21.00	5
10	58.39	24.65	22.41	59.21	24.99	22.62	58.51	23.67	0.83	11.80	21.00	5
11	59.21	24.99	22.62	59.96	25.31	22.82	59.15	23.93	0.81	13.73	21.00	5
12	59.96	25.31	22.82	60.77	25.79	22.89	59.97	24.10	0.82	14.99	21.00	5
13	60.77	25.79	22.89	61.56	26.33	23.17	60.77	24.28	1.03	16.42	21.00	5
14	61.56	26.33	23.17	62.35	26.07	23.51	61.56	24.62	1.03	18.01	21.00	5
15	62.35	26.07	23.51	63.15	26.41	23.89	62.35	24.97	1.00	21.23	21.00	5
16	63.15	26.41	23.89	64.07	26.73	24.30	63.21	25.31	1.03	23.69	21.00	5
17	64.07	26.73	24.30	65.00	27.09	24.82	64.00	25.71	1.11	26.20	21.00	5
18	65.00	27.09	24.82	65.99	27.40	25.29	65.16	26.13	1.00	28.61	21.00	5
19	65.99	27.40	25.29	66.79	27.72	25.82	66.35	26.30	1.02	30.91	21.00	5
20	66.79	27.72	25.82	67.55	28.03	26.39	67.20	26.99	1.03	33.23	21.00	5
21	67.55	28.03	26.39	68.35	28.33	27.02	68.17	27.41	1.03	35.71	21.00	5
22	68.35	28.33	27.02	69.40	28.60	27.71	69.34	27.93	1.00	38.29	21.00	5
23	69.40	28.60	27.71	70.27	28.98	28.46	69.79	28.43	1.00	40.89	21.00	5
24	70.27	28.98	28.46	71.15	29.29	29.29	70.57	28.91	1.00	43.59	21.00	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	1D
1	1.91	0.00	1.73	1.81	0.00	0.00	2.99	0.00	0.00	0.00
2	6.26	0.00	6.48	3.99	0.00	2.99	7.52	0.00	0.00	0.00
3	10.52	0.00	10.42	4.50	0.00	7.52	17.44	0.00	0.00	0.00
4	14.97	0.00	13.57	5.70	0.00	17.44	17.97	0.00	0.00	0.00
5	17.72	0.00	16.55	6.41	0.00	17.97	23.67	0.00	0.00	0.00
6	19.91	0.00	19.04	6.71	0.00	23.67	28.87	0.00	0.00	0.00
7	21.19	0.00	22.50	7.55	0.00	28.87	33.96	0.00	0.00	0.00
8	26.53	0.00	25.81	8.26	0.00	33.96	38.99	0.00	0.00	0.00
9	31.69	0.00	30.41	8.50	0.00	38.99	42.83	0.00	0.00	0.00
10	36.73	0.00	32.85	10.77	0.00	42.83	46.10	0.00	0.00	0.00
11	36.33	0.00	34.20	10.51	0.00	46.10	48.13	0.00	0.00	0.00
12	31.44	0.00	30.04	7.75	0.00	48.13	48.44	0.00	0.00	0.00
13	26.77	0.00	24.12	11.71	0.00	48.44	48.00	0.00	0.00	0.00
14	26.71	0.00	24.73	11.26	0.00	48.00	47.77	0.00	0.00	0.00
15	26.33	0.00	24.47	11.77	0.00	47.77	43.03	0.00	0.00	0.00
16	24.07	0.00	22.11	11.27	0.00	43.03	38.03	0.00	0.00	0.00
17	21.91	0.00	20.45	11.50	0.00	38.03	32.36	0.00	0.00	0.00
18	18.71	0.00	18.47	10.73	0.00	32.36	25.73	0.00	0.00	0.00
19	15.96	0.00	16.01	10.77	0.00	25.73	18.73	0.00	0.00	0.00
20	12.88	0.00	12.73	9.43	0.00	18.73	11.73	0.00	0.00	0.00
21	10.38	0.00	10.65	8.42	0.00	11.73	5.33	0.00	0.00	0.00
22	7.97	0.00	7.77	7.51	0.00	5.33	0.94	0.00	0.00	0.00
23	5.57	0.00	5.24	5.55	0.00	0.94	-1.72	0.00	0.00	0.00
24	3.05	0.00	2.73	4.11	0.00	-1.72	0.00	0.00	0.00	0.00

Superficie n° 2

Analisi della superficie 2 - valori caratteristici

Numero di strisce 23  
 Coordinate del centro X[m]= 54.50 Y[m]= 48.50  
 Raggio del cerchio R[m]= 26.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 52.54 Y<sub>v</sub>[m]= 22.57  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 72.57 Y<sub>m</sub>[m]= 29.83  
 Coefficiente di sicurezza k<sub>s</sub>= 1.661

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>p</sub> [m]	Y <sub>11</sub> [m]	Y <sub>12</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>21</sub> [m]	Y <sub>22</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>31</sub> [m]	l [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	52.54	22.57	22.57	53.37	22.82	22.52	53.19	22.61	0.81	-3.1	21.02	5
2	53.37	22.82	22.52	54.21	23.05	22.50	53.55	22.73	0.83	-1.57	21.02	5
3	54.21	23.05	22.50	55.07	23.3	22.51	54.05	22.83	0.83	0.27	21.02	5
4	55.07	23.3	22.51	55.91	23.63	22.53	54.45	23.02	0.77	2.04	21.02	5
5	55.91	23.63	22.53	56.79	23.96	22.58	55.21	23.19	0.77	3.73	21.02	5
6	56.79	23.96	22.50	57.56	24.32	22.66	55.98	23.35	0.73	5.43	21.02	5
7	57.56	24.32	22.66	58.33	24.63	22.76	56.79	23.62	0.81	7.21	21.02	5
8	58.33	24.63	22.76	59.03	24.93	22.90	57.52	23.83	0.81	9.12	21.02	5
9	59.03	24.93	22.90	59.76	25.3	23.06	58.15	24.02	0.83	10.93	21.02	5
10	59.76	25.3	23.06	60.57	25.75	23.10	58.97	24.2	0.2	12.63	21.02	5
11	60.57	25.75	23.10	61.36	25.73	23.31	60.17	24.35	1.02	13.45	21.02	5
12	61.36	25.73	23.31	62.15	26.07	23.62	61.36	24.65	1.03	13.73	21.02	5
13	62.15	26.07	23.62	63.05	26.4	23.81	62.55	25.0	1.01	14.01	21.02	5
14	63.05	26.4	23.81	64.07	26.73	24.31	63.74	25.33	1.02	20.33	21.02	5
15	64.07	26.73	24.31	65.02	27.05	24.73	64.92	25.72	1.03	22.7	21.02	5
16	65.02	27.05	24.73	65.97	27.43	25.17	65.93	26.12	1.01	23.01	21.02	5
17	65.97	27.43	25.17	66.91	27.77	25.66	66.97	26.32	1.02	27.33	21.02	5
18	66.91	27.77	25.66	67.86	28.1	26.19	67.98	26.93	1.03	29.72	21.02	5
19	67.86	28.1	26.19	68.83	28.43	26.73	68.92	27.33	1.11	32.4	21.02	5
20	68.83	28.43	26.73	69.74	28.75	27.14	69.85	27.83	1.03	34.63	21.02	5
21	69.74	28.75	27.14	70.78	29.13	28.15	70.8	28.32	1.03	37.3	21.02	5
22	70.78	29.13	28.15	71.82	29.42	28.94	71.8	28.83	1.03	39.83	21.02	5
23	71.82	29.42	28.94	72.87	29.82	29.83	72.84	29.42	1.03	42.6	21.02	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	1D
1	2.22	0.00	2.40	1.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	6.44	0.00	6.55	4.12	0.00	3.21	7.47	0.00	0.00	0.00
3	10.67	0.00	10.25	4.25	0.00	7.4	12.24	0.00	0.00	0.00
4	15.88	0.00	13.77	3.37	0.00	12.24	17.14	0.00	0.00	0.00
5	21.09	0.00	17.73	6.23	0.00	17.14	22.30	0.00	0.00	0.00
6	26.31	0.00	20.71	7.11	0.00	22.30	27.42	0.00	0.00	0.00
7	31.51	0.00	23.74	6.45	0.00	27.42	32.53	0.00	0.00	0.00
8	36.75	0.00	28.63	3.75	0.00	32.53	37.10	0.00	0.00	0.00
9	42.07	0.00	31.73	3.75	0.00	37.10	40.76	0.00	0.00	0.00
10	47.44	0.00	33.57	13.21	0.00	40.76	41.52	0.00	0.00	0.00
11	43.18	0.00	41.11	13.33	0.00	41.52	43.16	0.00	0.00	0.00
12	43.87	0.00	41.52	13.28	0.00	43.16	45.11	0.00	0.00	0.00
13	43.87	0.00	41.52	13.28	0.00	45.11	47.10	0.00	0.00	0.00
14	43.87	0.00	41.52	13.28	0.00	47.10	49.11	0.00	0.00	0.00
15	43.87	0.00	41.52	13.28	0.00	49.11	51.14	0.00	0.00	0.00
16	39.21	0.00	37.74	13.25	0.00	51.14	52.89	0.00	0.00	0.00
17	34.70	0.00	33.81	13.47	0.00	52.89	54.6	0.00	0.00	0.00
18	30.15	0.00	33.7	10.21	0.00	54.6	56.19	0.00	0.00	0.00
19	30.33	0.00	29.44	10.75	0.00	56.19	57.76	0.00	0.00	0.00
20	25.54	0.00	24.77	9.75	0.00	57.76	58.8	0.00	0.00	0.00
21	19.72	0.00	18.73	7.23	0.00	58.8	6.63	0.00	0.00	0.00
22	12.74	0.00	11.32	6.21	0.00	6.63	-1.78	0.00	0.00	0.00
23	5.7	0.00	2.0	4.3	0.00	-1.78	0.00	0.00	0.00	0.00

Superficie n° 3

## Analisi della superficie 3 - valori caratteristici

Numero di strisce	23	
Coordinate del centro	X[m]= 55.50	Y[m]= 43.50
Raggio del cerchio	R[m]= 21.00	
Insezione a valle con il profilo topografico	X <sub>v</sub> [m]= 52.85	Y <sub>v</sub> [m]= 22.67
Insezione a monte con il profilo topografico	X <sub>m</sub> [m]= 70.87	Y <sub>m</sub> [m]= 29.13
Coefficiente di sicurezza	F <sub>s</sub> = 1.663	

## Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>p</sub> [m]	Y <sub>11</sub> [m]	Y <sub>12</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>21</sub> [m]	Y <sub>22</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>31</sub> [m]	l [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	52.85	22.67	22.67	53.38	22.88	22.50	53.37	22.71	0.73	-0.21	21.00	5
2	53.38	22.88	22.50	54.31	23.10	22.50	53.88	22.73	0.73	-1.24	21.00	5
3	54.31	23.10	22.50	55.27	23.31	22.50	54.70	22.85	0.73	-2.23	21.00	5
4	55.01	23.31	22.50	55.81	23.63	22.50	55.15	23.00	0.77	-0.20	21.00	5
5	55.81	23.63	22.50	56.39	23.98	22.50	56.22	23.17	0.77	1.01	21.00	5
6	56.39	23.98	22.50	57.36	24.32	22.50	56.88	23.30	0.73	4.02	21.00	5
7	57.36	24.32	22.50	58.19	24.63	22.67	57.79	23.30	0.81	6.23	21.00	5
8	58.19	24.63	22.67	58.00	24.93	22.00	58.02	23.73	0.81	9.32	21.00	5
9	58.00	24.93	22.00	58.36	25.31	22.96	58.15	24.01	0.83	10.83	21.00	5
10	58.36	25.31	22.96	60.07	25.78	23.00	58.87	24.10	0.21	12.23	21.00	5
11	60.07	25.78	23.00	60.80	25.67	23.21	60.19	24.38	0.83	13.73	21.00	5
12	60.80	25.67	23.21	61.72	25.90	23.74	61.31	24.37	0.80	16.00	21.00	5
13	61.72	25.90	23.74	62.75	26.21	23.72	62.17	24.81	0.87	18.13	21.00	5
14	62.75	26.21	23.72	63.38	26.32	24.00	62.86	25.13	0.89	20.82	21.00	5
15	63.38	26.32	24.00	64.20	26.41	24.38	63.79	25.41	0.80	23.23	21.00	5
16	64.20	26.41	24.38	65.00	27.09	24.79	64.01	25.77	0.82	25.74	21.00	5
17	65.00	27.09	24.79	65.86	27.38	25.21	65.17	26.12	0.83	28.23	21.00	5
18	65.86	27.38	25.21	66.70	27.69	25.71	66.28	26.31	0.87	30.90	21.00	5
19	66.70	27.69	25.71	67.33	27.98	26.28	67.11	26.92	1.00	33.60	21.00	5
20	67.33	27.98	26.28	68.37	28.29	26.90	67.87	27.30	1.01	36.33	21.00	5
21	68.37	28.29	26.90	69.20	28.38	27.59	68.76	27.82	1.03	39.23	21.00	5
22	69.20	28.38	27.59	70.04	28.09	28.00	69.38	28.13	1.03	42.27	21.00	5
23	70.04	28.09	28.00	70.87	29.18	29.19	70.35	28.81	1.03	45.43	21.00	5

## Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	1D
1	1.93	0.00	1.94	1.72	0.00	0.00	2.94	0.00	0.00	
2	5.61	0.00	5.28	1.57	0.00	2.94	6.92	0.00	0.00	
3	8.97	0.00	5.74	4.20	0.00	6.92	11.58	0.00	0.00	
4	11.87	0.00	13.51	5.45	0.00	11.58	17.08	0.00	0.00	
5	18.09	0.00	17.21	6.45	0.00	17.08	22.93	0.00	0.00	
6	22.72	0.00	21.73	7.25	0.00	22.93	28.73	0.00	0.00	
7	27.18	0.00	27.02	8.78	0.00	28.73	34.50	0.00	0.00	
8	31.17	0.00	30.01	8.47	0.00	34.50	39.47	0.00	0.00	
9	34.97	0.00	32.65	10.25	0.00	39.47	43.18	0.00	0.00	
10	38.98	0.00	35.11	7.51	0.00	43.18	45.97	0.00	0.00	
11	36.12	0.00	34.67	10.31	0.00	45.97	48.94	0.00	0.00	
12	27.06	0.00	35.47	10.75	0.00	48.94	46.46	0.00	0.00	
13	27.46	0.00	35.85	10.25	0.00	46.46	48.46	0.00	0.00	
14	27.78	0.00	35.75	10.80	0.00	48.46	47.94	0.00	0.00	
15	36.52	0.00	35.77	10.20	0.00	47.94	48.93	0.00	0.00	
16	35.13	0.00	31.80	10.57	0.00	48.93	45.00	0.00	0.00	
17	33.49	0.00	32.47	10.31	0.00	45.00	47.52	0.00	0.00	
18	30.87	0.00	30.03	9.25	0.00	47.52	40.53	0.00	0.00	
19	27.47	0.00	26.22	9.70	0.00	40.53	35.33	0.00	0.00	
20	23.71	0.00	22.67	8.31	0.00	35.33	6.00	0.00	0.00	
21	17.97	0.00	17.41	7.21	0.00	6.00	1.24	0.00	0.00	
22	11.86	0.00	10.45	5.80	0.00	1.24	-1.57	0.00	0.00	
23	-11	0.00	-1.21	3.99	0.00	-1.51	0.00	0.00	0.00	

## 2) DM2018\_STATO ATTUALE\_CONDIZIONE DINAMICA [PC]

### Dati

#### Descrizione terreno

##### Simbologia adottata

$M$	Indice del terreno
$Q_{saturato}$	Quota satura terreno
$q$	Carico di volume del terreno espresso in kN/m <sup>2</sup>
$q_{vol}$	Carico di volume saturo del terreno espresso in kN/m <sup>2</sup>
$\beta$	Angolo di attrito interno efficace del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione del terreno espresso in kPa
$\phi$	Angolo di attrito interno totale del terreno espresso in gradi
$c_u$	Coesione totale del terreno espresso in kPa

n°	Descrizione	$q$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{vol}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\beta$ [°]	$c$ [kPa]
1	Depositi di Versine	15,00	18,00	21,00	0,00
3	Beltine e Rocce	21,00	21,00	21,00	10,00
4	Rocce Alterate	21,00	21,00	35,00	40,00

#### Profilo del piano campagna

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa  $X$  è l'asse positivo da sinistra verso destra e l'ordinata  $Y$  è l'asse positivo verso l'alto.

$M$	Interdistanza 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	18,72
2	21,00	19,52
3	27,00	19,20
4	35,25	19,84
5	42,00	20,28
6	45,00	20,28
7	47,00	21,30
8	57,00	22,31
9	65,00	23,31
10	67,00	24,32
11	69,00	25,31
12	69,00	27,00
13	75,00	30,15
14	84,00	37,31

#### 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° 1 (Rocce Alterate)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	10,90
2	0,00	0,00
3	84,00	0,00
4	84,00	-1,20
5	75,00	-6,78
6	69,00	-11,23
7	67,00	-16,96
8	47,00	-13,87
9	35,25	-12,73
10	27,00	-12,24
11	21,00	-11,74



Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Depositi di versante)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	52,18	17,59
2	52,16	18,35
3	58,86	22,62
4	65,52	26,61
5	84,00	32,50
6	84,00	24,34
7	73,33	30,15
8	65,03	27,09
9	62,07	25,39
10	57,36	24,32
11	53,04	23,31
12	51,74	22,34
13	47,89	21,30
14	43,89	20,26
15	43,79	20,26
16	35,36	19,04
17	27,87	19,79
18	21,00	19,37
19	0,00	18,77
20	0,00	17,30
21	0,00	12,50
22	21,00	13,10
23	27,80	13,46
24	35,35	13,90
25	43,01	15,17

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Detrito e Rocca)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	84,00	21,30
2	84,00	22,50
3	65,52	26,61
4	58,86	22,62
5	52,16	18,35
6	52,18	17,59
7	43,01	15,17
8	35,35	13,90
9	27,80	13,46
10	21,00	13,10
11	0,00	12,50
12	0,00	10,97
13	21,00	11,79
14	27,87	12,24
15	35,01	12,71
16	43,14	13,07
17	47,81	16,96
18	43,86	21,21
19	21,48	26,28

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	17,36
2	17,46	17,89
3	23,00	15,23
4	42,33	16,44
5	51,04	18,11
6	57,00	20,47
7	62,38	23,87
8	84,00	21,36

Dati zona sismica

Accelerazione al suolo $a_g$	2.930 [m/s <sup>2</sup> ]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.39
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_0^*$	0.31
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.00
Coefficiente riduzione periodo naturale ( $\beta$ )	0.30
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Periodo naturale	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (\tau_v / g + \beta + S_t + S_s) = 8.316$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 + k_h = 4.48$

### Dati normativa

#### Normativa:

Norma Tecnica sulle Costruzioni 17/01/2018

#### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto	Simbologia	$\Delta 7$ Statico	$\Delta 7$ Sismico
Permanenti	Favorevole	$\psi_{1d}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\psi_{2d}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\psi_{1v}$	0.90	0.60
Variabili	Sfavorevole	$\psi_{2v}$	1.10	1.00

#### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Angolo di attrito interno $\phi$	$\gamma_{\phi}$	1.25	1.00
Coesione $c$	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata $s_u$	$\gamma_{s_u}$	1.10	1.00
Peso del terreno $\gamma$	$\gamma$	1.00	1.00

#### Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Periodo naturale	$\gamma$	1.00	1.00
Periodo di sovrapposizione	$\gamma_p$	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]	$X_0 = 40,00$	$Y_0 = 35,00$
Passo maglia	[m]	$\Delta X = 2,50$	$\Delta Y = 0,50$
Numero passi		$NX = 40$	$Ny = 30$
Raggio	[m]	$R = 17,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $\Delta R = 1,00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 10

### 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:

- Parametri caratteristici (RC);

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

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

**Condizioni di esclusione**

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corsa inferiore a 1.00 m
- freccia inferiore a 0.50 m
- volume inferiore a 2.00 mc
- pendenza media della superficie inferiore a 1.00 [%]

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate 22956  
 Coefficiente di sicurezza minimo 1.296  
 Superficie non rassicuranti di sicurezza minima 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>
ANAL.	22956	1.296	1	7.481	27953

**Caratteristiche delle superfici analizzate**

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
- Le ordinate Y sono considerate positive verso falda
- N° numero di punti della superficie analizzata
- X<sub>0</sub> ascissa x del centro della strada [m]
- C<sub>x</sub> centrata / del centro [m]
- R raggio del cerchio espresso in m
- X<sub>v</sub> ascissa del centro di intersezione del profilo (vertice) espresso in m
- X<sub>u</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (inverte) espresso in m
- V volume intersecati della superficie espresso in mc
- F<sub>1</sub> coefficiente di sicurezza
- Caso caso di calcolo

**Metodo di JANBU (3)**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>u</sub> [m]	V [mc]	F <sub>1</sub>	Caso	Sistema
1	C	50.00	47.00	25.00	30.97	71.13	33.21	1.296 (C)	PC	I-V
2	C	51.00	48.00	25.00	32.57	72.57	32.62	1.290 (C)	PC	I-V
3	C	56.00	48.00	25.00	34.20	73.49	31.62	1.300 (C)	PC	I-V

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

- Le ascisse X sono considerate positive verso monte
- Le ordinate Y sono considerate positive verso falda
- Le ascisse sono numerate da valle verso monte
- N° numero di punti della strada
- X<sub>0</sub> ascissa sinistra della strada espresso in m
- C<sub>x</sub> centrata superficie sinistra della strada espresso in m
- C<sub>y</sub> centrata inferiore / sinistra della strada espresso in m
- C<sub>z</sub> apice del cerchio della strada espresso in m
- Y<sub>0</sub> centrata del cerchio della strada espresso in m
- α angolo fra la base della strada e l'orizzontale espresso in (positivo o negativo)
- β angolo d'attrito nel terreno lungo la base della strada
- c coesione del terreno lungo la base della strada espresso in KPa
- Z sviluppo della base della strada espresso in m (L=0/caso)
- u pressione neutra lungo la base della strada espresso in kPa
- W peso della strada espresso in KN
- Q carico applicato sulla strada espresso in KN
- N sforzo normale alla base della strada espresso in KN
- T sforzo tangenziale alla base della strada espresso in KN
- U pressione neutra alla base della strada espresso in kN
- E<sub>x</sub>, E<sub>y</sub> forze orizzontali sulla strada e sinistra e destra espresso in kN
- C<sub>x</sub>, C<sub>y</sub> forze verticali sulla strada e sinistra e destra espresso in kN
- ID indice della superficie interseca dell'intersezione

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - valori caratteristici e stima verso il basso

Numero di strisce 24  
 Coordinate del centro X[m]= 53.50 Y[m]= 47.00  
 Raggio del cerchio R[m]= 23.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 50.97 Y<sub>v</sub>[m]= 22.13  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 71.15 Y<sub>m</sub>[m]= 29.29  
 Coefficiente di sicurezza k<sub>s</sub>= 1.296

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>p</sub> [m]	Y <sub>11</sub> [m]	Y <sub>12</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>21</sub> [m]	Y <sub>22</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>3</sub> [m]	l [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	50.97	22.13	22.13	51.74	22.31	22.06	51.48	22.13	0.77	-1.03	21.00	5
2	51.74	22.31	22.06	52.56	22.38	22.02	52.20	22.23	0.83	-3.09	21.00	5
3	52.56	22.58	22.02	53.39	22.82	22.00	53.00	22.38	0.83	-1.20	21.00	5
4	53.39	22.82	22.00	54.22	23.07	22.01	53.82	22.45	0.83	0.69	21.00	5
5	54.22	23.07	22.01	55.07	23.31	22.03	54.67	22.61	0.83	2.39	21.00	5
6	55.07	23.31	22.03	55.91	23.65	22.11	55.47	22.73	0.79	4.42	21.00	5
7	55.91	23.65	22.11	56.79	23.98	22.19	56.21	22.93	0.79	6.20	21.00	5
8	56.79	23.98	22.19	57.59	24.32	22.30	56.99	23.20	0.79	7.99	21.00	5
9	57.59	24.32	22.30	58.39	24.65	22.44	57.79	23.43	0.83	9.83	21.00	5
10	58.39	24.65	22.44	59.21	24.98	22.62	58.61	23.67	0.83	11.80	21.00	5
11	59.21	24.98	22.62	59.99	25.31	22.82	59.45	23.93	0.81	13.73	21.00	5
12	59.99	25.31	22.82	60.77	25.79	22.88	60.27	24.10	0.82	14.99	21.00	5
13	60.77	25.79	22.88	61.59	26.33	23.17	61.07	24.28	1.03	16.42	21.00	5
14	61.59	26.33	23.17	62.35	26.07	23.51	61.79	24.62	1.03	18.01	21.00	5
15	62.35	26.07	23.51	63.15	26.41	23.89	62.55	24.97	1.00	21.23	21.00	5
16	63.15	26.41	23.89	64.07	26.73	24.30	63.34	25.31	1.03	23.69	21.00	5
17	64.07	26.73	24.30	65.00	27.08	24.82	64.21	25.71	1.11	26.20	21.00	5
18	65.00	27.08	24.82	65.99	27.40	25.29	65.16	26.13	1.00	28.61	21.00	5
19	65.99	27.40	25.29	66.79	27.72	25.82	66.21	26.30	1.03	30.91	21.00	5
20	66.79	27.72	25.82	67.55	28.03	26.39	67.20	26.99	1.03	33.23	21.00	5
21	67.55	28.03	26.39	68.33	28.33	27.02	68.17	27.41	1.03	35.71	21.00	5
22	68.33	28.33	27.02	69.10	28.61	27.71	69.14	27.93	1.00	38.29	21.00	5
23	69.10	28.61	27.71	70.27	28.98	28.46	69.79	28.43	1.00	40.89	21.00	5
24	70.27	28.98	28.46	71.15	29.29	29.29	70.57	28.91	1.00	43.59	21.00	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	1D
1	1.91	0.00	2.12	1.31	0.00	0.00	3.66	0.00	0.00	
2	6.26	0.00	6.26	3.71	0.00	3.66	8.68	0.00	0.00	
3	10.52	0.00	10.52	6.42	0.00	3.68	14.40	0.00	0.00	
4	14.57	0.00	14.57	9.45	0.00	3.60	20.53	0.00	0.00	
5	17.72	0.00	17.72	12.81	0.00	3.48	26.92	0.00	0.00	
6	19.91	0.00	19.91	16.25	0.00	3.32	33.57	0.00	0.00	
7	21.19	0.00	21.19	19.60	0.00	3.17	39.97	0.00	0.00	
8	21.83	0.00	21.83	22.85	0.00	3.02	46.19	0.00	0.00	
9	21.89	0.00	21.89	26.07	0.00	2.88	52.18	0.00	0.00	
10	21.33	0.00	21.33	29.25	0.00	2.75	57.99	0.00	0.00	
11	20.13	0.00	20.13	32.38	0.00	2.63	63.57	0.00	0.00	
12	18.34	0.00	18.34	35.45	0.00	2.52	68.97	0.00	0.00	
13	16.00	0.00	16.00	38.47	0.00	2.42	74.14	0.00	0.00	
14	13.16	0.00	13.16	41.43	0.00	2.33	79.13	0.00	0.00	
15	9.87	0.00	9.87	44.34	0.00	2.25	83.89	0.00	0.00	
16	6.19	0.00	6.19	47.20	0.00	2.18	88.48	0.00	0.00	
17	2.19	0.00	2.19	50.00	0.00	2.12	92.85	0.00	0.00	
18	0.00	0.00	0.00	52.75	0.00	2.07	97.00	0.00	0.00	
19	0.00	0.00	0.00	55.45	0.00	2.03	100.97	0.00	0.00	
20	0.00	0.00	0.00	58.10	0.00	2.00	104.71	0.00	0.00	
21	0.00	0.00	0.00	60.70	0.00	1.97	108.27	0.00	0.00	
22	0.00	0.00	0.00	63.25	0.00	1.95	111.69	0.00	0.00	
23	0.00	0.00	0.00	65.75	0.00	1.93	114.99	0.00	0.00	
24	0.00	0.00	0.00	68.20	0.00	1.92	118.11	0.00	0.00	

Superficie n° 2

Analisi della superficie 2 - valori caratteristici e stima verso il basso

Numero di strisce 23  
 Coordinate del centro X[m]= 54.50 Y[m]= 48.50  
 Raggio del cerchio R[m]= 26.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 52.54 Y<sub>v</sub>[m]= 22.57  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 72.57 Y<sub>m</sub>[m]= 29.83  
 Coefficiente di sicurezza k<sub>s</sub>= 1.238

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>p</sub> [m]	Y <sub>11</sub> [m]	Y <sub>12</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>21</sub> [m]	Y <sub>22</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>31</sub> [m]	l [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	52.54	22.57	22.57	53.37	22.82	22.52	53.19	22.61	0.81	-3.1	21.02	5
2	53.37	22.82	22.52	54.21	23.05	22.50	53.95	22.73	0.83	-1.57	21.02	5
3	54.21	23.05	22.50	55.07	23.3	22.51	54.75	22.83	0.83	0.27	21.02	5
4	55.07	23.3	22.51	55.91	23.63	22.53	55.55	23.01	0.77	2.04	21.02	5
5	55.91	23.63	22.53	56.73	23.96	22.58	56.21	23.15	0.77	3.73	21.02	5
6	56.73	23.96	22.50	57.53	24.32	22.66	56.98	23.35	0.73	5.43	21.02	5
7	57.53	24.32	22.66	58.32	24.63	22.76	57.73	23.62	0.81	7.21	21.02	5
8	58.32	24.63	22.76	59.09	24.93	22.90	58.52	23.83	0.81	9.15	21.02	5
9	59.09	24.93	22.90	59.85	25.3	23.06	59.25	24.02	0.83	10.93	21.02	5
10	59.85	25.3	23.06	60.57	25.75	23.10	59.97	24.2	0.2	12.13	21.02	5
11	60.57	25.75	23.10	61.26	26.23	23.31	60.67	24.35	1.02	13.45	21.02	5
12	61.26	26.23	23.27	62.05	26.67	23.62	61.36	24.65	1.03	15.73	21.02	5
13	62.05	26.67	23.62	62.75	26.1	23.81	62.05	25.0	1.01	18.01	21.02	5
14	62.75	26.1	23.87	63.47	26.73	24.31	62.74	25.33	1.02	20.33	21.02	5
15	63.47	26.73	24.31	64.12	27.05	24.73	63.42	25.72	1.03	22.7	21.02	5
16	64.12	27.05	24.73	64.87	27.43	25.17	64.13	26.12	1.01	25.01	21.02	5
17	64.87	27.43	25.17	65.61	27.77	25.66	64.87	26.52	1.02	27.33	21.02	5
18	65.61	27.77	25.66	66.33	28.1	26.19	65.58	26.93	1.03	29.72	21.02	5
19	66.33	28.1	26.19	67.03	28.45	26.73	66.32	27.33	1.11	32.14	21.02	5
20	67.03	28.45	26.73	67.74	28.75	27.14	67.05	27.83	1.03	34.63	21.02	5
21	67.74	28.75	27.14	68.48	29.13	28.15	67.79	28.32	1.03	37.13	21.02	5
22	68.48	29.13	28.15	69.15	29.41	28.94	68.4	28.85	1.03	39.63	21.02	5
23	69.15	29.41	28.94	69.77	29.82	29.80	69.04	29.42	1.05	42.6	21.02	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	1D
1	2.22	0.00	2.22	1.85	0.00	0.00	3.92	0.00	0.00	0.00
2	6.44	0.00	6.44	5.25	0.00	3.92	8.78	0.00	0.00	0.00
3	10.67	0.00	10.67	8.25	0.00	8.78	14.19	0.00	0.00	0.00
4	14.88	0.00	14.88	10.75	0.00	14.19	19.54	0.00	0.00	0.00
5	19.09	0.00	19.09	13.25	0.00	19.54	25.04	0.00	0.00	0.00
6	23.31	0.00	23.31	15.25	0.00	25.04	30.39	0.00	0.00	0.00
7	27.51	0.00	27.51	17.11	0.00	30.39	35.67	0.00	0.00	0.00
8	31.75	0.00	31.75	18.70	0.00	35.67	40.88	0.00	0.00	0.00
9	36.02	0.00	36.02	19.75	0.00	40.88	45.93	0.00	0.00	0.00
10	40.31	0.00	40.31	20.21	0.00	45.93	50.83	0.00	0.00	0.00
11	44.64	0.00	44.64	19.75	0.00	50.83	55.67	0.00	0.00	0.00
12	49.01	0.00	49.01	18.47	0.00	55.67	60.48	0.00	0.00	0.00
13	53.42	0.00	53.42	16.57	0.00	60.48	65.23	0.00	0.00	0.00
14	57.87	0.00	57.87	14.25	0.00	65.23	69.90	0.00	0.00	0.00
15	62.35	0.00	62.35	11.64	0.00	69.90	74.49	0.00	0.00	0.00
16	66.87	0.00	66.87	8.77	0.00	74.49	79.07	0.00	0.00	0.00
17	71.42	0.00	71.42	5.75	0.00	79.07	83.61	0.00	0.00	0.00
18	76.01	0.00	76.01	2.62	0.00	83.61	88.17	0.00	0.00	0.00
19	80.63	0.00	80.63	0.33	0.00	88.17	92.74	0.00	0.00	0.00
20	85.29	0.00	85.29	-2.17	0.00	92.74	97.31	0.00	0.00	0.00
21	89.99	0.00	89.99	-4.57	0.00	97.31	101.89	0.00	0.00	0.00
22	94.74	0.00	94.74	-6.77	0.00	101.89	106.47	0.00	0.00	0.00
23	99.53	0.00	99.53	-8.75	0.00	106.47	111.04	0.00	0.00	0.00



Superficie n° 3

Analisi della superficie 3 - valori caratteristici e stima verso il basso

Numero di strisce 22  
 Coordinate del centro X[m]= 56.30 Y[m]= 48.00  
 Raggio del cerchio R[m]= 23.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 54.23 Y<sub>v</sub>[m]= 23.06  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 73.49 Y<sub>m</sub>[m]= 30.13  
 Coefficiente di sicurezza k<sub>s</sub>= 1.300

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>p</sub> [m]	Y <sub>11</sub> [m]	Y <sub>12</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>21</sub> [m]	Y <sub>22</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>31</sub> [m]	l [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	54.23	23.06	23.06	55.27	23.31	23.02	54.76	23.23	0.91	-3.13	21.02	5
2	55.04	23.31	23.02	55.51	23.63	23.00	55.49	23.23	0.77	-1.31	21.02	5
3	55.21	23.63	23.00	55.39	23.98	23.01	55.23	23.42	0.77	0.43	21.02	5
4	55.59	23.98	23.01	57.35	24.32	23.04	55.99	23.39	0.77	2.23	21.02	5
5	57.35	24.32	23.01	58.26	24.68	23.10	57.33	23.79	0.91	4.13	21.02	5
6	58.26	24.68	23.10	58.17	25.03	23.20	58.73	24.01	0.91	6.24	21.02	5
7	58.17	25.03	23.20	60.17	23.38	23.30	58.02	24.24	0.91	9.33	21.02	5
8	60.17	23.38	23.30	60.50	23.67	23.40	60.49	24.47	0.91	10.33	21.02	5
9	60.50	23.67	23.40	61.72	23.95	23.66	61.31	24.72	0.93	12.23	21.02	5
10	61.72	23.95	23.66	62.75	26.24	23.87	62.17	24.93	0.93	14.21	21.02	5
11	62.75	26.24	23.87	63.38	26.32	24.11	62.59	23.33	0.91	16.13	21.02	5
12	63.38	26.32	24.11	64.20	26.91	24.39	63.79	23.42	0.93	18.13	21.02	5
13	64.20	26.91	24.39	65.02	27.09	24.69	64.32	23.74	0.93	20.13	21.02	5
14	65.02	27.09	24.69	65.97	27.43	25.07	65.10	26.07	1.02	22.34	21.02	5
15	65.97	27.43	25.07	66.51	27.77	25.51	66.47	26.41	1.03	24.68	21.02	5
16	66.51	27.77	25.51	67.35	28.11	25.99	67.37	26.84	1.03	27.03	21.02	5
17	67.35	28.11	25.99	68.79	28.41	26.52	68.31	27.22	1.03	29.53	21.02	5
18	68.79	28.41	26.52	69.73	28.79	27.11	69.25	27.71	1.01	32.04	21.02	5
19	69.73	28.79	27.11	70.27	29.12	27.76	70.18	28.13	1.04	34.63	21.02	5
20	70.27	29.12	27.76	71.01	29.45	28.47	71.11	28.69	1.03	37.23	21.02	5
21	71.01	29.45	28.47	72.35	29.80	29.26	72.03	29.22	1.23	40.04	21.02	5
22	72.35	29.80	29.26	73.49	30.13	30.13	73.50	29.73	1.29	42.93	21.02	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	3D
1	2.19	0.00	2.57	1.85	0.00	0.00	3.90	0.00	0.00	0.00
2	6.53	0.00	6.87	5.02	0.00	3.90	8.49	0.00	0.00	0.00
3	11.29	0.00	12.71	8.44	0.00	8.49	13.03	0.00	0.00	0.00
4	15.73	0.00	16.74	12.11	0.00	13.03	19.58	0.00	0.00	0.00
5	20.23	0.00	22.57	16.45	0.00	19.58	26.16	0.00	0.00	0.00
6	24.89	0.00	27.23	21.21	0.00	26.16	32.80	0.00	0.00	0.00
7	29.61	0.00	31.57	26.27	0.00	32.80	39.59	0.00	0.00	0.00
8	34.39	0.00	35.77	31.47	0.00	39.59	46.42	0.00	0.00	0.00
9	39.34	0.00	39.84	36.85	0.00	46.42	53.21	0.00	0.00	0.00
10	44.37	0.00	43.89	42.32	0.00	53.21	60.05	0.00	0.00	0.00
11	49.54	0.00	47.91	47.87	0.00	60.05	66.94	0.00	0.00	0.00
12	54.96	0.00	52.04	53.50	0.00	66.94	73.87	0.00	0.00	0.00
13	60.59	0.00	56.27	59.20	0.00	73.87	80.84	0.00	0.00	0.00
14	66.43	0.00	60.60	64.95	0.00	80.84	87.85	0.00	0.00	0.00
15	72.04	0.00	65.03	70.75	0.00	87.85	94.90	0.00	0.00	0.00
16	77.04	0.00	69.56	76.59	0.00	94.90	101.99	0.00	0.00	0.00
17	82.21	0.00	74.19	82.37	0.00	101.99	109.12	0.00	0.00	0.00
18	87.44	0.00	78.91	88.10	0.00	109.12	116.29	0.00	0.00	0.00
19	92.71	0.00	83.72	93.77	0.00	116.29	123.50	0.00	0.00	0.00
20	98.09	0.00	88.62	100.00	0.00	123.50	130.74	0.00	0.00	0.00
21	103.58	0.00	93.60	106.67	0.00	130.74	138.01	0.00	0.00	0.00
22	109.13	0.00	98.67	113.77	0.00	138.01	145.31	0.00	0.00	0.00

### 3) DM2018\_STATO ATTUALE\_CONDIZIONE STATICA [A2M2]

#### Dati

##### Descrizione terreno

###### Simbologia adottata

$M$	Indice del terreno
$Q_{saturato}$	Quota del terreno
$q$	Carico di volume del terreno espresso in kN/m <sup>3</sup>
$q_{vol}$	Carico di volume saturato del terreno espresso in kN/m <sup>3</sup>
$\phi$	Angolo di attrito interno efficace del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione del terreno espresso in kPa
$\delta$	Angolo d'attrito interno totale del terreno espresso in gradi
$\gamma$	Coesione totale del terreno espresso in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$c$ (kPa)
1	Depositi di Versine	18,00	18,00	21,00	0,00
3	Bedme e Rocce	21,00	21,00	21,00	0,00
4	Rocce Alterate	21,00	21,00	35,00	4,00

##### Profilo del piano campagna

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

L'ascissa  $X$  è l'asse positivo da sinistra verso destra e l'ordinata  $Y$  è l'asse positivo verso l'alto.

$M$	Interdistanza 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	18,72
2	21,00	19,52
3	27,00	19,20
4	35,25	19,84
5	42,00	20,28
6	45,00	20,28
7	47,00	21,30
8	57,00	22,31
9	65,00	23,31
10	67,00	24,32
11	69,00	25,31
12	69,00	27,00
13	75,00	30,15
14	84,00	37,31

##### 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° 1 (Rocce Alterate)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	10,90
2	0,00	0,00
3	84,00	0,00
4	84,00	-1,20
5	75,00	-6,78
6	69,00	-1,23
7	67,00	16,96
8	47,00	13,87
9	35,00	12,73
10	27,00	12,24
11	21,00	11,74

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Depositi di versante)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	55,18	17,59
2	52,16	18,35
3	38,86	22,62
4	65,82	26,61
5	84,00	32,50
6	84,00	24,34
7	73,83	30,15
8	65,03	27,09
9	65,07	25,39
10	57,36	24,32
11	53,24	23,31
12	51,74	22,34
13	47,89	21,30
14	43,89	20,26
15	43,79	20,26
16	35,86	19,04
17	27,87	19,79
18	21,00	19,77
19	0,00	18,77
20	0,00	17,30
21	0,00	12,50
22	21,00	13,10
23	27,80	13,46
24	35,85	13,90
25	43,81	15,17

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Detrito e Rocca)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	84,00	21,30
2	84,00	22,50
3	65,82	26,61
4	38,86	22,62
5	52,16	18,35
6	55,18	17,59
7	43,81	15,17
8	35,85	13,90
9	27,80	13,46
10	21,00	13,10
11	0,00	12,50
12	0,00	10,97
13	21,00	11,79
14	27,87	12,24
15	35,81	12,71
16	43,84	13,07
17	47,81	16,96
18	43,86	21,21
19	21,98	26,28

Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	17,36
2	17,46	17,89
3	23,00	15,23
4	42,83	16,44
5	51,24	18,11
6	57,00	20,47
7	65,88	23,87
8	84,00	21,36

Dati normativa

Normativa:

Norme Tecniche sulle Costruzioni 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Carichi morti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1,00	1,00
Carichi vivi	Sfavorevole	$\gamma_{Q1}$	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,90	0,90
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Q2}$	1,10	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\tan \phi$	1,25	1,00
Coeficiente d'attrito	$\mu$	1,25	1,00
Resistenza non drenata	$c_u$	1,0	1,00
Peso del terreno di volume	$\gamma$	1,00	1,00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Parametri del terreno	$\gamma$	1,00	1,00
Carichi vivi	$\gamma$	1,10	1,00

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]	$X_0 = 40,00$	$Y_0 = 35,00$
Passo maglia	[m]	$dX = 3,50$	$dY = 0,50$
Numero passi		$Nx = 10$	$Ny = 30$
Raggio	[m]	$R = 17,00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $dR=1,00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 15

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:

- Parametri di progetto [A2-M2]

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

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

Condizioni di esclusione

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di cerca inferiore a	1,00	m
- freccia inferiore a	0,50	m
- volume inferiore a	2,00	mc
- pendenza media delle superfici inferiore a	1,00	[%]

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate	11478
Coefficiente di sicurezza minimo	1.327
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

**Quadro sintetico coefficienti di sicurezza**

Metodo	Nr. superfici	FS <sub>min</sub>	S <sub>crit</sub>	FS <sub>max</sub>	S <sub>crit</sub>
ANAL.	11478	1.327	1	4.516	11478

**Caratteristiche delle superfici analizzate**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso valle  
 N° numero di linee della superficie analizzata  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio in esp. caso i  
 X<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (vale) espresso in m  
 X<sub>w</sub> ascissa nel punto di intersezione con il profilo (monte) espresso in m  
 V volume intersecato da la superficie esp. caso j [mc]  
 F<sub>s</sub> coefficiente di sicurezza  
 caso di calcolo

**Metodo di JANBU (J)**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>w</sub> [m]	V [mc]	F <sub>s</sub>	Caso	Risult
1	C	71.77	47.70	71.70	70.97	71.15	71.74	1.327 ( )	A2M2	--
2	C	74.77	48.70	75.70	72.54	72.57	72.62	1.329 ( )	A2M2	--
3	C	77.77	49.70	77.70	73.85	73.87	73.84	1.332 ( )	A2M2	--

**Analisi della superficie critica**

**Simbologia adottata**

Le ascisse X sono considerate positive verso destra  
 Le ordinate Y sono considerate positive verso valle  
 I = indice di sicurezza in valle verso monte  
 N° numero di linee della strada  
 C<sub>x</sub> ascissa sinistra della strada esp. caso i  
 Y<sub>0</sub> ordinata superiore sinistra della strada esp. caso i  
 C<sub>y</sub> ordinata inferiore sinistra della strada esp. caso i  
 C<sub>z</sub> ascissa nel vertice della strada esp. caso i  
 Y<sub>1</sub> ordinata del baricentro della strada esp. caso i  
 α angolo fra la base della strada e l'orizzontale esp. caso i (positivo a sinistra)  
 β angolo dell'incavo del terreno lungo la base della strada  
 c coesione del terreno lungo la base della strada esp. caso i [kPa]  
 L sviluppo della base della strada esp. caso i [m] (L=β/cosα)  
 α tensione neutra lungo la base della strada esp. caso i [kPa]  
 W peso della strada esp. caso i [kN]  
 Q carico applicato sulla strada esp. caso i [kN]  
 N sforzi normali alla base della strada esp. caso i [kN]  
 T sforzi tangenziali alla base della strada esp. caso i [kN]  
 U pressione neutra alla base della strada esp. caso i [kN]  
 E<sub>x</sub>, E<sub>y</sub> forze orizzontali alla base della strada a destra esp. caso i [kN]  
 X<sub>v</sub>, X<sub>w</sub> forze verticali sulla strada a sinistra e a destra esp. caso i [kN]  
 ID indice della superficie in presenza dell'incavo



Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce 24  
 Coordinate del centro X[m]= 53.50 Y[m]= 47.00  
 Raggio del cerchio R[m]= 23.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 50.97 Y<sub>v</sub>[m]= 22.13  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 71.15 Y<sub>m</sub>[m]= 29.29  
 Coefficiente di sicurezza k<sub>s</sub>= 1.327

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>p</sub> [m]	Y <sub>11</sub> [m]	Y <sub>12</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>21</sub> [m]	Y <sub>22</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>3</sub> [m]	l [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	50.97	22.13	22.13	51.71	22.31	22.06	51.48	22.13	0.77	-1.03	17.07	1
2	51.71	22.31	22.06	52.56	22.38	22.02	52.29	22.25	0.83	-3.09	17.07	1
3	52.56	22.58	22.02	53.39	22.82	22.00	53.20	22.38	0.83	-1.22	17.07	1
4	53.39	22.82	22.00	54.22	23.07	22.01	53.92	22.48	0.83	0.69	17.07	1
5	54.22	23.07	22.01	55.07	23.31	22.03	54.77	22.61	0.83	2.39	17.07	1
6	55.07	23.31	22.03	55.91	23.65	22.11	55.47	22.79	0.79	4.42	17.07	1
7	55.91	23.65	22.11	56.79	23.98	22.19	56.21	22.98	0.79	6.22	17.07	1
8	56.79	23.98	22.19	57.39	24.32	22.30	56.99	23.21	0.79	7.99	17.07	1
9	57.39	24.32	22.30	58.19	24.65	22.41	57.78	23.43	0.83	9.83	17.07	1
10	58.19	24.65	22.41	59.01	24.98	22.62	58.51	23.67	0.83	11.83	17.07	1
11	59.01	24.98	22.62	59.89	25.31	22.82	59.45	23.93	0.81	13.73	17.07	1
12	59.89	25.31	22.82	60.77	25.79	22.89	60.37	24.11	0.22	14.99	17.07	1
13	60.77	25.79	22.89	61.59	25.73	23.17	61.17	24.28	1.03	16.42	17.07	1
14	61.59	25.73	23.17	62.35	26.07	23.51	61.79	24.62	1.03	18.01	17.07	1
15	62.35	26.07	23.51	63.15	26.41	23.89	62.35	24.97	1.01	21.23	17.07	1
16	63.15	26.41	23.89	64.07	26.73	24.33	63.17	25.31	1.03	23.69	17.07	1
17	64.07	26.73	24.33	65.01	27.08	24.82	64.01	25.71	1.11	26.22	17.07	1
18	65.01	27.08	24.82	65.99	27.41	25.29	65.19	26.13	1.01	28.61	17.07	1
19	65.99	27.41	25.29	66.79	27.72	25.82	66.31	26.31	1.03	30.91	17.07	1
20	66.79	27.72	25.82	67.55	28.03	26.39	67.20	26.99	1.03	33.23	17.07	1
21	67.55	28.03	26.39	68.31	28.33	27.02	68.17	27.41	1.03	35.71	17.07	1
22	68.31	28.33	27.02	69.49	28.61	27.71	69.34	27.93	1.11	38.29	17.07	4
23	69.49	28.61	27.71	70.27	28.98	28.46	69.79	28.43	1.11	40.89	17.07	4
24	70.27	28.98	28.46	71.15	29.29	29.29	70.57	28.91	1.11	43.39	17.07	4

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	3D
1	1.91	0.00	1.73	1.81	0.00	0.00	2.98	0.00	0.00	
2	6.26	0.00	6.48	3.97	0.00	2.99	7.52	0.00	0.00	
3	10.52	0.00	10.42	4.80	0.00	7.52	17.44	0.00	0.00	
4	14.97	0.00	13.57	5.70	0.00	17.44	17.97	0.00	0.00	
5	17.72	0.00	16.55	6.41	0.00	17.97	23.67	0.00	0.00	
6	19.91	0.00	19.04	6.74	0.00	23.67	28.87	0.00	0.00	
7	21.19	0.00	22.51	7.55	0.00	28.87	33.96	0.00	0.00	
8	26.53	0.00	25.81	8.26	0.00	33.96	38.99	0.00	0.00	
9	31.69	0.00	30.41	8.80	0.00	38.99	47.83	0.00	0.00	
10	36.73	0.00	32.85	10.77	0.00	47.83	46.17	0.00	0.00	
11	41.33	0.00	34.21	10.84	0.00	46.17	41.13	0.00	0.00	
12	45.44	0.00	35.64	11.75	0.00	41.13	41.44	0.00	0.00	
13	49.77	0.00	41.12	11.74	0.00	41.44	41.03	0.00	0.00	
14	49.71	0.00	41.73	11.76	0.00	41.03	47.77	0.00	0.00	
15	49.33	0.00	41.47	11.77	0.00	47.77	43.03	0.00	0.00	
16	48.07	0.00	42.11	11.77	0.00	43.03	38.03	0.00	0.00	
17	41.91	0.00	40.45	11.57	0.00	38.03	37.38	0.00	0.00	
18	35.77	0.00	33.47	10.73	0.00	37.38	25.73	0.00	0.00	
19	31.56	0.00	30.51	10.77	0.00	25.73	18.73	0.00	0.00	
20	27.88	0.00	27.73	9.43	0.00	18.73	11.73	0.00	0.00	
21	23.38	0.00	22.65	8.47	0.00	11.73	5.33	0.00	0.00	
22	17.97	0.00	17.77	7.57	0.00	5.33	0.54	0.00	0.00	
23	11.57	0.00	10.24	5.85	0.00	0.54	-1.72	0.00	0.00	
24	-0.15	0.00	1.73	4.11	0.00	-1.72	0.00	0.00	0.00	

Superficie n° 2

Analisi della superficie 2 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce 23  
 Coordinate del centro X[m]= 54.50 Y[m]= 48.50  
 Raggio del cerchio R[m]= 26.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 52.54 Y<sub>v</sub>[m]= 22.57  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 72.57 Y<sub>m</sub>[m]= 29.83  
 Coefficiente di sicurezza k<sub>s</sub>= 1.320

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>p</sub> [m]	Y <sub>11</sub> [m]	Y <sub>12</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>21</sub> [m]	Y <sub>22</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>31</sub> [m]	l [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	52.54	22.57	22.57	53.37	22.82	22.52	53.19	22.61	0.81	-3.1	17.07	1
2	53.37	22.82	22.52	54.21	23.05	22.50	53.03	22.73	0.83	-1.57	17.07	1
3	54.21	23.05	22.50	55.07	23.3	22.51	54.25	22.83	0.83	0.27	17.07	1
4	55.07	23.3	22.51	55.91	23.63	22.53	55.15	23.01	0.77	2.04	17.07	1
5	55.91	23.63	22.53	56.79	23.96	22.58	56.21	23.29	0.77	3.73	17.07	1
6	56.79	23.96	22.50	57.36	24.32	22.66	56.98	23.76	0.79	5.43	17.07	1
7	57.36	24.32	22.66	58.19	24.63	22.76	57.79	23.61	0.81	7.21	17.07	1
8	58.19	24.63	22.76	59.03	24.93	22.90	58.52	23.82	0.81	9.13	17.07	1
9	59.03	24.93	22.90	59.86	25.3	23.06	59.15	24.01	0.83	10.93	17.07	1
10	59.86	25.3	23.06	60.77	25.76	23.10	59.97	24.2	0.2	12.13	17.07	1
11	60.77	25.76	23.10	61.06	25.73	23.31	60.77	24.76	1.02	13.48	17.07	1
12	61.06	25.73	23.31	62.05	26.07	23.62	61.76	24.69	1.03	13.73	17.07	1
13	62.05	26.07	23.62	63.05	26.4	23.81	62.75	25.0	1.01	14.01	17.07	1
14	63.05	26.4	23.81	64.07	26.73	24.31	63.74	25.33	1.01	20.33	17.07	1
15	64.07	26.73	24.31	65.03	27.06	24.73	64.71	25.72	1.03	22.7	17.07	1
16	65.03	27.06	24.73	65.97	27.43	25.17	65.70	26.13	1.01	23.01	17.07	1
17	65.97	27.43	25.17	66.91	27.77	25.66	66.71	26.31	1.01	27.33	17.07	1
18	66.91	27.77	25.66	67.86	28.1	26.19	67.78	26.93	1.03	29.72	17.07	1
19	67.86	28.1	26.19	68.80	28.43	26.70	68.82	27.38	1.11	32.14	17.07	1
20	68.80	28.43	26.70	69.74	28.75	27.14	69.85	27.83	1.03	34.63	17.07	1
21	69.74	28.75	27.14	70.78	29.13	28.15	70.89	28.31	1.03	37.13	17.07	1
22	70.78	29.13	28.15	71.07	29.41	28.94	71.1	28.89	1.73	39.03	17.07	4
23	71.07	29.41	28.94	72.57	29.01	29.00	71.34	29.41	1.75	42.6	17.07	4

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	1D
1	2.22	0.00	2.40	1.57	0.00	0.00	3.21	0.00	0.00	
2	6.44	0.00	6.55	4.11	0.00	3.21	7.47	0.00	0.00	
3	10.67	0.00	10.25	4.25	0.00	7.47	12.24	0.00	0.00	
4	15.88	0.00	13.77	3.37	0.00	12.24	17.14	0.00	0.00	
5	21.09	0.00	17.73	6.79	0.00	17.14	22.30	0.00	0.00	
6	26.31	0.00	20.71	7.11	0.00	22.30	27.42	0.00	0.00	
7	31.51	0.00	23.74	6.45	0.00	27.42	32.59	0.00	0.00	
8	36.76	0.00	28.63	5.75	0.00	32.59	37.10	0.00	0.00	
9	42.07	0.00	31.73	5.75	0.00	37.10	40.76	0.00	0.00	
10	47.34	0.00	32.22	3.35	0.00	40.76	41.52	0.00	0.00	
11	47.74	0.00	36.57	13.21	0.00	41.52	41.52	0.00	0.00	
12	43.18	0.00	41.11	13.55	0.00	41.52	41.16	0.00	0.00	
13	43.67	0.00	41.52	13.28	0.00	41.16	40.71	0.00	0.00	
14	43.77	0.00	41.57	13.27	0.00	40.71	40.31	0.00	0.00	
15	43.15	0.00	41.73	13.78	0.00	40.31	41.01	0.00	0.00	
16	39.21	0.00	37.74	13.25	0.00	41.01	37.69	0.00	0.00	
17	37.10	0.00	35.81	13.47	0.00	37.69	36.19	0.00	0.00	
18	34.75	0.00	33.7	10.21	0.00	36.19	34.26	0.00	0.00	
19	30.33	0.00	29.44	10.75	0.00	34.26	32.13	0.00	0.00	
20	25.54	0.00	24.77	9.75	0.00	32.13	29.68	0.00	0.00	
21	19.72	0.00	18.73	7.29	0.00	29.68	26.63	0.00	0.00	
22	17.74	0.00	17.32	6.21	0.00	26.63	23.78	0.00	0.00	
23	9.7	0.00	9.07	4.38	0.00	23.78	20.00	0.00	0.00	

Superficie n° 3

Analisi della superficie 3 - coefficienti parziali caso A2M2

Numero di strisce 23  
 Coordinate del centro X[m]= 55.50 Y[m]= 43.50  
 Raggio del cerchio R[m]= 21.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 52.85 Y<sub>v</sub>[m]= 22.67  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 70.87 Y<sub>m</sub>[m]= 29.13  
 Coefficiente di sicurezza k<sub>s</sub>= 1.332

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>p</sub> [m]	Y <sub>11</sub> [m]	Y <sub>12</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>21</sub> [m]	Y <sub>22</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>31</sub> [m]	l [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	52.85	22.67	22.67	53.38	22.88	22.50	53.31	22.71	0.73	-0.21	17.07	1
2	53.38	22.88	22.50	54.31	23.10	22.53	53.98	22.73	0.73	-1.24	17.07	1
3	54.31	23.10	22.53	55.21	23.31	22.51	54.70	22.85	0.73	-2.23	17.07	1
4	55.01	23.31	22.51	55.91	23.63	22.50	55.15	23.01	0.77	-0.23	17.07	1
5	55.81	23.63	22.50	56.39	23.96	22.53	56.22	23.17	0.77	1.01	17.07	1
6	56.39	23.96	22.53	57.36	24.32	22.50	56.98	23.31	0.73	4.02	17.07	1
7	57.36	24.32	22.50	58.19	24.63	22.67	57.79	23.33	0.81	6.23	17.07	1
8	58.19	24.63	22.67	58.01	24.93	22.00	58.22	23.73	0.81	9.32	17.07	1
9	58.01	24.93	22.00	58.36	25.31	22.96	58.15	24.01	0.83	10.83	17.07	1
10	58.36	25.31	22.96	60.07	25.79	23.00	58.97	24.13	0.21	12.23	17.07	1
11	60.07	25.79	23.00	60.80	25.67	23.21	60.19	24.32	0.83	13.73	17.07	1
12	60.80	25.67	23.21	61.72	25.93	23.14	61.31	24.37	0.81	16.03	17.07	1
13	61.72	25.93	23.14	62.35	26.21	23.72	62.1	24.81	0.87	18.13	17.07	1
14	62.35	26.21	23.72	63.38	26.32	24.03	62.56	25.13	0.83	20.82	17.07	1
15	63.38	26.32	24.03	64.20	26.91	24.38	63.79	25.41	0.81	23.23	17.07	1
16	64.20	26.91	24.38	65.01	27.05	24.79	64.21	25.77	0.82	25.74	17.07	1
17	65.01	27.05	24.79	65.36	27.38	25.21	65.11	26.12	0.83	28.23	17.07	1
18	65.36	27.38	25.21	65.70	27.65	25.71	65.28	26.31	0.87	30.93	17.07	1
19	65.70	27.65	25.71	67.33	27.96	26.28	67.11	26.92	1.01	33.62	17.07	1
20	67.33	27.96	26.28	68.37	28.25	26.90	67.91	27.31	1.01	36.33	17.07	1
21	68.37	28.25	26.90	68.20	28.38	27.59	68.76	27.82	1.03	39.23	17.07	1
22	68.20	28.38	27.59	70.04	28.05	28.55	69.38	28.33	1.13	42.27	17.07	4
23	70.04	28.05	28.55	70.87	29.18	29.19	70.35	28.8	1.13	45.43	17.07	4

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	1D
1	1.93	0.00	1.94	1.72	0.00	0.00	2.94	0.00	0.00	
2	5.61	0.00	5.28	1.51	0.00	2.94	6.92	0.00	0.00	
3	8.97	0.00	5.14	4.20	0.00	6.92	11.58	0.00	0.00	
4	11.87	0.00	13.51	5.45	0.00	11.58	17.08	0.00	0.00	
5	18.09	0.00	17.21	6.45	0.00	17.08	22.93	0.00	0.00	
6	22.72	0.00	21.73	7.25	0.00	22.93	28.73	0.00	0.00	
7	27.18	0.00	27.02	8.15	0.00	28.73	34.50	0.00	0.00	
8	31.17	0.00	30.01	8.47	0.00	34.50	39.41	0.00	0.00	
9	34.97	0.00	32.62	10.25	0.00	39.41	43.18	0.00	0.00	
10	38.98	0.00	34.51	11.51	0.00	43.18	45.92	0.00	0.00	
11	38.12	0.00	34.67	10.31	0.00	45.92	46.94	0.00	0.00	
12	27.06	0.00	35.47	10.75	0.00	46.94	46.46	0.00	0.00	
13	17.46	0.00	35.85	10.25	0.00	46.46	45.46	0.00	0.00	
14	17.78	0.00	35.75	10.50	0.00	45.46	42.94	0.00	0.00	
15	16.52	0.00	35.77	10.20	0.00	42.94	38.93	0.00	0.00	
16	15.13	0.00	31.51	10.57	0.00	38.93	33.03	0.00	0.00	
17	13.49	0.00	32.47	10.31	0.00	33.03	27.52	0.00	0.00	
18	10.87	0.00	30.33	9.25	0.00	27.52	20.53	0.00	0.00	
19	17.47	0.00	26.22	9.70	0.00	20.53	15.33	0.00	0.00	
20	23.71	0.00	22.67	8.31	0.00	15.33	6.00	0.00	0.00	
21	17.97	0.00	17.41	7.21	0.00	6.00	1.24	0.00	0.00	
22	11.86	0.00	10.45	5.20	0.00	1.24	-1.51	0.00	0.00	
23	-11	0.00	1.21	3.52	0.00	-1.51	0.00	0.00	0.00	

## 4) DM2018\_STATO ATTUALE\_CONDIZIONE DINAMICA [A2M2]

### Dati

#### Descrizione terreno

##### Simbologia adottata

$M_i$	Indice del terreno
$Q_{saturazione}$	Quota di saturazione
$q$	Peso di volume del terreno espresso in kN/m <sup>3</sup>
$q_{sat}$	Peso di volume saturo del terreno espresso in kN/m <sup>3</sup>
$\beta$	Angolo di attrito interno efficace del terreno espresso in gradi
$c$	Coesione del terreno espresso in kPa
$\delta$	Angolo di attrito interno totale del terreno espresso in gradi
$c_u$	Coesione totale del terreno espresso in kPa

n°	Descrizione	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\beta$ (°)	$c$ (kPa)
1	Depositi di Versine	18,00	18,00	21,00	0,00
3	Bedme e Rocce	21,00	21,00	21,00	10,00
4	Rocce Alterate	21,00	21,00	35,00	40,00

#### Profilo del piano campagna

##### Simbologia e convenzioni di segno adottate

L'ascissa  $X$  è l'asse positivo da sinistra verso destra e l'ordinata  $Y$  è l'asse positivo verso l'alto.

$M_i$	Indice del terreno
$X$	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	18,72
2	21,00	19,52
3	27,00	19,20
4	35,25	19,84
5	42,00	20,28
6	45,00	20,28
7	47,00	21,30
8	57,00	22,31
9	65,00	23,31
10	67,00	24,32
11	69,00	25,31
12	69,00	27,00
13	75,00	30,15
14	84,00	37,31

#### 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° 1 (Rocce Alterate)

Coordinate dei vertici dello strato n° 1

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	10,90
2	0,00	0,00
3	84,00	0,00
4	84,00	-1,20
5	75,00	-6,78
6	69,00	-1,23
7	67,00	16,96
8	47,00	13,87
9	35,00	12,73
10	27,00	12,24
11	21,00	11,74

Strato N° 2 costituito da terreno n° 1 (Depositi di versante)

Coordinate dei vertici dello strato n° 2

n°	X [m]	Y [m]
1	55,18	17,59
2	52,16	18,35
3	38,86	22,62
4	65,82	26,61
5	84,00	32,50
6	84,00	24,34
7	73,83	30,15
8	65,03	27,09
9	65,07	25,39
10	57,36	24,32
11	53,24	23,31
12	51,74	22,34
13	47,89	21,30
14	43,89	20,26
15	43,79	20,26
16	35,86	19,04
17	27,87	19,79
18	21,00	19,77
19	0,00	18,77
20	0,00	17,30
21	0,00	12,50
22	21,00	13,10
23	27,80	13,46
24	35,85	13,90
25	43,81	15,17

Strato N° 3 costituito da terreno n° 3 (Detrito e Rocca)

Coordinate dei vertici dello strato n° 3

n°	X [m]	Y [m]
1	84,00	21,30
2	84,00	32,50
3	65,82	26,61
4	38,86	22,62
5	52,16	18,35
6	55,18	17,59
7	43,81	15,17
8	35,85	13,90
9	27,80	13,46
10	21,00	13,10
11	0,00	12,50
12	0,00	10,97
13	21,00	11,79
14	27,87	12,24
15	35,81	12,71
16	43,84	13,07
17	47,81	16,96
18	43,86	21,21
19	21,48	26,28

### Descrizione falda

*Livello di falda*

n°	X [m]	Y [m]
1	0,00	17,36
2	17,46	17,89
3	23,00	15,23
4	42,83	16,44
5	51,21	18,11
6	57,00	20,47
7	65,88	23,87
8	84,00	21,36

Dati zona sismica

Accelerazione al suolo $a_s$	2.930 [m/s <sup>2</sup> ]
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale $F_0$	2.39
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante $T_0^*$	0.31
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo ( $S_s$ )	1.00
Coefficiente di amplificazione topografica ( $S_t$ )	1.00
Coefficiente riduzione fronti di scavo ( $I_s$ )	0.38
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Fronti di scavo	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (\tau_1 / g) \beta_s \cdot S_s \cdot S_t = 11.35$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 \cdot k_h = 5.67$

Dati normativaNormativa:

Norme Tecniche alle Costruzioni 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorabile	$\psi_{1d}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavovente	$\psi_{2d}$	1.00	1.00
Variabili	Favorabile	$\psi_{1d}$	0.90	0.90
Variabili	Sfavovente	$\psi_{2d}$	1.10	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\tan \phi$	1.25	1.00
Coesione embaso	$c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$s_u$	1.10	1.00
Peso del volume di volume	$\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza minimo

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Stato limite ultimo	$\gamma_f$	1.00	1.00
Stato limite serviziale	$\gamma_s$	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]	$X_0 = 40.00$	$Y_0 = 35.00$
Passo maglia	[m]	$\Delta X = 3.50$	$\Delta Y = 0.50$
Numero passi		$N_x = 40$	$N_y = 30$
Raggio	[m]	$R = 17.00$	

Si utilizza un raggio variabile con passo  $\Delta R = 1.00$  [m] ed un numero di incrementi pari a 10

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:

- Parametri di progetto [A2-M2]



- Sistema orizzontale e Sistema verticale (verso il basso e verso l'alto)  
 Analisi condotta in termini di tensioni efficaci  
 Presenza di falda

**Condizioni di esclusione**

Sono state escluse dall'analisi le superfici aventi:

- lunghezza di corsa inferiore a	1.00	m
- Treccia inferiore a	0.50	m
- volume inferiore a	2.00	mc
- pendenza media della superficie inferiore a	1.00	[%]

**Risultati analisi**

Numero di superfici analizzate	22956
Coefficiente di sicurezza minimo	1.225
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>
ANM	22956	1.225	1	1.481	22956

**Caratteristiche delle superfici analizzate**

*Simbologia adottata*

Le distese Y sono considerate positive verso monte  
 Le distese X sono considerate positive verso valle  
 N# numero d'ordine della superficie analizzata  
 C<sub>x</sub> ascissa x del centro [m]  
 C<sub>y</sub> ordinata y del centro [m]  
 R raggio del cerchio di copertura [m]  
 X<sub>v</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (valle) espresso in m  
 X<sub>d</sub> ascissa del punto di intersezione con il profilo (monte) espresso in m  
 V volume (ricoperto) della superficie distesa [mc]  
 F<sub>d</sub> coefficiente di sicurezza  
 S<sub>min</sub> caso di pericolo

**Metodo di JANBIL (1)**

N°	Forma	C <sub>x</sub> [m]	C <sub>y</sub> [m]	R [m]	X <sub>v</sub> [m]	X <sub>d</sub> [m]	V [mc]	F <sub>d</sub>	Caso	Sistema
1	C	53.52	47.00	25.00	50.97	71.15	33.51	1.225 (C)	[A2M2]	F-V
2	C	54.52	48.50	25.00	52.51	72.57	32.62	1.227 (C)	[A2M2]	F-V
3	C	56.02	48.00	25.00	54.20	73.49	31.62	1.229 (C)	[A2M2]	F-V

**Analisi della superficie critica**

*Simbologia adottata*

Le distese Y sono considerate positive verso destra  
 Le distese X sono considerate positive verso l'alto  
 Le distese sono numerate da valle verso monte  
 N# numero d'ordine della analisi  
 X<sub>0</sub> ascissa sinistra della strada espressa in m  
 Y<sub>0</sub> ordinata superiore sinistra della strada espressa in m  
 Y<sub>1</sub> ordinata inferiore sinistra della strada espressa in m  
 X<sub>1</sub> abscissa del caricamento della strada espressa in m  
 X<sub>2</sub> ordinata del punto fine della strada espressa in m  
 α angolo fra la normale e l'orizzontale espresso in gradi (positivo in orario)  
 β angolo d'attrito del terreno lungo la base della strada  
 c coesione del terreno lungo la base della strada espressa in kN/m  
 γ sviluppo della base della strada espressa in m (compreso)  
 σ pressione neutra lungo la base della strada espressa in kPa  
 W peso della strada espressa in kN  
 Q carico applicato sulla strada espressa in kN  
 N sforzo normale alla base della strada espressa in kN  
 T sforzo tangenziale alla base della strada espresso in kN  
 U pressione neutra alla base della strada espressa in kN  
 E, E<sub>1</sub> forze orizzontali alla strada a sinistra e a destra espressa in kN  
 X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> forze verticali sulla strada a sinistra e a destra espressa in kN  
 ID indice della superficie incassata dell'intersezione

Superficie n° 1

Analisi della superficie 1 - coefficienti parziali caso A2M2 e slisma verso il basso

Numero di strisce 24  
 Coordinate del centro X[m]= 53.50 Y[m]= 47.00  
 Raggio del cerchio R[m]= 23.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 50.97 Y<sub>v</sub>[m]= 22.13  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 71.15 Y<sub>m</sub>[m]= 29.29  
 Coefficiente di sicurezza k<sub>s</sub>= 1.225

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>p</sub> [m]	Y <sub>11</sub> [m]	Y <sub>12</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>21</sub> [m]	Y <sub>22</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>3</sub> [m]	l [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	50.97	22.13	22.13	51.71	22.31	22.06	51.48	22.13	0.77	-1.03	21.00	5
2	51.71	22.31	22.06	52.56	22.38	22.02	52.29	22.25	0.83	-3.09	21.00	5
3	52.56	22.58	22.02	53.39	22.81	22.00	53.10	22.36	0.83	-1.20	21.00	5
4	53.39	22.82	22.00	54.22	23.07	22.01	53.92	22.45	0.83	0.69	21.00	5
5	54.22	23.07	22.01	55.07	23.31	22.03	54.77	22.61	0.83	2.39	21.00	5
6	55.07	23.31	22.03	55.91	23.65	22.11	55.61	22.73	0.79	4.43	21.00	5
7	55.91	23.65	22.11	56.79	23.98	22.19	56.21	22.93	0.79	6.20	21.00	5
8	56.79	23.98	22.19	57.36	24.31	22.30	56.99	23.20	0.79	7.99	21.00	5
9	57.36	24.32	22.30	58.19	24.65	22.41	57.78	23.43	0.83	9.83	21.00	5
10	58.19	24.65	22.41	59.01	24.98	22.62	58.51	23.67	0.83	11.80	21.00	5
11	59.01	24.98	22.62	59.86	25.31	22.82	59.15	23.93	0.81	13.73	21.00	5
12	59.86	25.31	22.82	60.67	25.79	22.89	59.97	24.10	0.22	14.99	21.00	5
13	60.67	25.79	22.89	61.26	25.73	23.17	60.57	24.28	1.03	16.43	21.00	5
14	61.26	25.73	23.17	62.05	26.07	23.51	61.36	24.63	1.03	18.01	21.00	5
15	62.05	26.07	23.51	63.05	26.41	23.89	62.35	24.97	1.00	21.23	21.00	5
16	63.05	26.41	23.89	64.07	26.73	24.30	63.37	25.31	1.03	23.69	21.00	5
17	64.07	26.73	24.30	65.01	27.06	24.82	64.31	25.71	1.11	26.20	21.00	5
18	65.01	27.06	24.82	65.99	27.40	25.29	65.16	26.13	1.00	28.61	21.00	5
19	65.99	27.40	25.29	66.78	27.71	25.82	66.31	26.30	1.03	30.91	21.00	5
20	66.78	27.72	25.82	67.25	28.03	26.39	67.20	26.99	1.03	33.23	21.00	5
21	67.25	28.03	26.39	68.31	28.31	27.02	68.17	27.41	1.03	35.71	21.00	5
22	68.31	28.31	27.02	69.40	28.60	27.71	69.34	27.93	1.00	38.29	21.00	5
23	69.40	28.60	27.71	70.27	28.98	28.46	69.79	28.43	1.00	40.89	21.00	5
24	70.27	28.98	28.46	71.15	29.29	29.29	70.57	28.91	1.00	43.39	21.00	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	1D
1	1.91	0.00	2.15	1.87	0.00	0.00	3.03	0.00	0.00	0.00
2	6.26	0.00	6.52	5.81	0.00	8.26	9.04	0.00	0.00	0.00
3	10.52	0.00	11.05	8.21	0.00	9.04	11.93	0.00	0.00	0.00
4	14.97	0.00	14.67	7.57	0.00	11.93	11.13	0.00	0.00	0.00
5	17.72	0.00	17.27	8.35	0.00	11.13	17.32	0.00	0.00	0.00
6	19.50	0.00	19.54	8.41	0.00	17.32	12.93	0.00	0.00	0.00
7	23.19	0.00	23.51	10.11	0.00	12.93	18.26	0.00	0.00	0.00
8	26.53	0.00	26.61	11.35	0.00	18.26	12.98	0.00	0.00	0.00
9	31.69	0.00	31.63	13.37	0.00	12.98	17.14	0.00	0.00	0.00
10	34.23	0.00	34.60	14.71	0.00	17.14	10.14	0.00	0.00	0.00
11	36.33	0.00	35.57	14.75	0.00	10.14	11.07	0.00	0.00	0.00
12	39.4	0.00	39.17	14.90	0.00	11.07	12.07	0.00	0.00	0.00
13	43.77	0.00	44.57	15.77	0.00	12.07	11.77	0.00	0.00	0.00
14	48.71	0.00	44.71	15.31	0.00	11.77	19.49	0.00	0.00	0.00
15	48.33	0.00	44.11	15.71	0.00	19.49	15.72	0.00	0.00	0.00
16	48.07	0.00	41.60	17.80	0.00	15.72	19.31	0.00	0.00	0.00
17	41.90	0.00	40.21	17.37	0.00	19.31	12.08	0.00	0.00	0.00
18	38.7	0.00	33.35	14.35	0.00	12.08	14.90	0.00	0.00	0.00
19	31.56	0.00	30.31	13.75	0.00	14.90	17.33	0.00	0.00	0.00
20	27.88	0.00	26.57	13.70	0.00	17.33	10.08	0.00	0.00	0.00
21	23.38	0.00	22.25	17.37	0.00	10.08	3.66	0.00	0.00	0.00
22	17.97	0.00	16.32	9.77	0.00	3.66	0.06	0.00	0.00	0.00
23	11.57	0.00	5.17	1.52	0.00	0.06	2.67	0.00	0.00	0.00
24	8.05	0.00	0.55	0.22	0.00	2.67	0.00	0.00	0.00	0.00

Superficie n° 2

**Analisi della superficie 2 - coefficienti parziali caso A2M2 e sisma verso il basso**

Numero di strisce 23  
 Coordinate del centro  $X_C[m] = 51.50$   $Y_C[m] = 18.80$   
 Raggio del cerchio  $R[m] = 26.00$   
 Intersezione a valle con il profilo topografico  $X_M[m] = 52.54$   $Y_M[m] = 22.57$   
 Intersezione a monte con il profilo topografico  $X_n[m] = 72.57$   $Y_n[m] = 29.83$   
 Coefficiente di sicurezza  $F_s = 1.227$

**Geometria e caratteristiche strisce**

N°	X <sub>1</sub> [m]	Y [m]	Y <sub>1</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>2k</sub> [m]	Y <sub>2n</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>3</sub> [m]	L [m]	α [°]	β [°]	c [kg/m]
1	52.54	22.57	22.57	51.57	22.07	22.07	51.79	22.64	0.94	-1.47	27.00	1
2	51.17	22.07	22.57	49.21	21.07	22.50	49.51	22.71	0.91	-1.17	27.00	1
3	54.27	23.06	22.50	53.24	21.17	22.51	49.51	22.81	0.91	-0.77	27.00	1
4	51.54	23.07	22.51	51.81	21.61	22.51	51.41	21.07	0.77	2.04	27.00	1
5	51.57	23.61	22.51	51.39	21.98	22.50	51.21	21.78	0.77	3.71	27.00	1
6	56.58	23.90	22.50	57.35	24.17	22.66	57.39	21.08	0.78	1.47	27.00	1
7	57.35	24.37	22.56	58.79	24.61	22.76	57.79	21.60	0.94	7.24	27.00	1
8	58.79	24.65	22.76	58.27	24.98	22.90	58.57	21.87	0.94	9.10	27.00	1
9	58.27	24.98	22.90	58.25	25.37	23.06	58.41	24.07	0.91	10.95	27.00	1
10	58.25	25.37	23.06	60.27	25.38	23.10	58.97	24.27	0.27	12.71	27.00	1
11	60.27	25.38	23.10	61.25	25.71	23.24	60.27	24.28	1.02	13.48	27.00	1
12	61.25	25.71	23.24	61.25	26.07	23.32	61.25	24.68	1.03	15.71	27.00	1
13	61.25	26.07	23.32	61.25	26.47	23.34	61.25	25.07	1.04	18.04	27.00	1
14	61.25	26.47	23.34	64.24	26.71	24.31	61.24	25.21	1.03	20.28	27.00	1
15	64.24	26.71	24.31	65.27	27.08	24.71	64.27	25.77	1.03	22.77	27.00	1
16	65.27	27.08	24.71	65.97	27.41	25.17	65.20	26.10	1.04	25.04	27.00	1
17	65.97	27.41	25.17	65.97	27.77	25.56	65.44	26.30	1.03	27.21	27.00	1
18	65.97	27.77	25.56	67.85	28.17	26.14	67.35	26.91	1.03	29.77	27.00	1
19	67.85	28.17	26.14	68.20	28.41	26.78	68.11	27.28	1.07	32.74	27.00	1
20	68.20	28.41	26.78	68.74	28.78	27.44	68.25	27.81	1.07	34.61	27.00	1
21	68.74	28.78	27.44	70.25	29.11	28.15	70.29	28.31	1.08	37.28	27.00	1
22	70.25	29.11	28.15	71.57	29.41	28.94	71.71	28.88	1.01	39.81	27.00	1
23	71.57	29.41	28.94	72.57	29.81	29.81	72.57	29.40	1.03	42.67	27.00	1

**Forze applicate sulle strisce [JANBU]**

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	JD
1	2.22	0.00	2.80	1.22	0.00	0.00	1.11	0.00	0.00	
2	6.71	0.00	8.58	3.85	0.00	1.11	9.12	0.00	0.00	
3	10.27	0.00	13.22	6.79	0.00	2.15	11.72	0.00	0.00	
4	13.35	0.00	18.85	7.45	0.00	1.72	20.26	0.00	0.00	
5	17.19	0.00	17.95	8.77	0.00	20.20	25.79	0.00	0.00	
6	21.31	0.00	21.87	9.95	0.00	25.79	31.21	0.00	0.00	
7	26.61	0.00	26.81	11.22	0.00	31.21	36.54	0.00	0.00	
8	29.75	0.00	29.77	12.75	0.00	36.54	41.05	0.00	0.00	
9	32.77	0.00	32.32	13.57	0.00	41.05	45.53	0.00	0.00	
10	35.57	0.00	35.30	13.57	0.00	45.53	49.25	0.00	0.00	
11	41.71	0.00	41.26	17.17	0.00	49.25	47.78	0.00	0.00	
12	43.18	0.00	42.45	17.45	0.00	47.78	47.88	0.00	0.00	
13	43.87	0.00	42.90	17.70	0.00	47.88	46.72	0.00	0.00	
14	43.77	0.00	42.77	17.70	0.00	46.72	43.16	0.00	0.00	
15	42.85	0.00	41.73	17.45	0.00	43.16	38.28	0.00	0.00	
16	39.21	0.00	38.17	16.15	0.00	38.28	32.33	0.00	0.00	
17	37.10	0.00	36.08	15.31	0.00	32.33	25.72	0.00	0.00	
18	34.15	0.00	33.12	14.75	0.00	25.72	17.96	0.00	0.00	
19	30.33	0.00	29.25	13.33	0.00	17.96	10.55	0.00	0.00	
20	25.54	0.00	24.32	12.25	0.00	10.55	3.93	0.00	0.00	
21	19.72	0.00	18.13	10.31	0.00	3.93	0.92	0.00	0.00	
22	12.71	0.00	10.33	8.32	0.00	0.92	2.77	0.00	0.00	
23	1.77	0.00	1.26	3.31	0.00	2.77	0.00	0.00	0.00	

Superficie n° 3

Analisi della superficie 3 - coefficienti parziali caso A2M2 e slisma verso il basso

Numero di strisce 22  
 Coordinate del centro X[m]= 56.30 Y[m]= 48.00  
 Raggio del cerchio R[m]= 23.00  
 Intersezione a valle con il profilo topografico X<sub>v</sub>[m]= 54.23 Y<sub>v</sub>[m]= 23.06  
 Intersezione a monte con il profilo topografico X<sub>m</sub>[m]= 73.49 Y<sub>m</sub>[m]= 30.13  
 Coefficiente di sicurezza F<sub>s</sub>= 1.220

Geometria e caratteristiche strisce

N°	X <sub>p</sub> [m]	Y <sub>11</sub> [m]	Y <sub>12</sub> [m]	X <sub>2</sub> [m]	Y <sub>21</sub> [m]	Y <sub>22</sub> [m]	X <sub>3</sub> [m]	Y <sub>31</sub> [m]	l [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]
1	54.23	23.06	23.06	55.27	23.31	23.02	54.76	23.13	0.91	-3.13	21.03	5
2	55.04	23.31	23.02	55.51	23.65	23.00	55.49	23.23	0.77	-1.31	21.03	5
3	55.81	23.63	23.00	56.39	23.98	23.01	56.23	23.42	0.77	0.43	21.03	5
4	56.59	23.98	23.01	57.36	24.32	23.04	56.99	23.79	0.77	2.23	21.03	5
5	57.35	24.32	23.07	58.26	24.66	23.10	57.53	23.79	0.91	4.13	21.03	5
6	58.25	24.68	23.10	59.17	25.03	23.20	58.73	24.01	0.91	6.24	21.03	5
7	59.17	25.03	23.20	60.07	25.38	23.30	59.01	24.24	0.91	9.03	21.03	5
8	60.07	25.39	23.33	60.99	25.67	23.40	60.49	24.47	0.91	10.73	21.03	5
9	60.99	25.67	23.40	61.92	25.95	23.66	61.31	24.72	0.93	12.23	21.03	5
10	61.73	25.96	23.66	62.75	26.24	23.87	62.17	24.93	0.93	14.21	21.03	5
11	62.75	26.24	23.87	63.58	26.52	24.11	62.99	25.15	0.91	16.13	21.03	5
12	63.58	26.52	24.11	64.20	26.91	24.39	63.79	25.41	0.97	18.13	21.03	5
13	64.23	26.91	24.39	65.01	27.09	24.69	64.52	25.74	0.93	20.13	21.03	5
14	65.01	27.09	24.69	65.97	27.43	25.07	65.30	26.07	1.02	22.34	21.03	5
15	65.97	27.43	25.07	66.91	27.77	25.51	66.47	26.41	1.03	24.68	21.03	5
16	66.91	27.77	25.51	67.85	28.11	25.99	67.37	26.84	1.01	27.03	21.03	5
17	67.85	28.10	25.99	68.79	28.41	26.52	68.31	27.21	1.03	29.53	21.03	5
18	68.79	28.41	26.52	69.73	28.79	27.11	69.25	27.71	1.01	32.04	21.03	5
19	69.73	28.79	27.11	70.67	29.12	27.76	70.19	28.13	1.04	34.63	21.03	5
20	70.67	29.12	27.76	71.61	29.41	28.47	71.11	28.69	1.03	37.23	21.03	5
21	71.61	29.41	28.47	72.55	29.81	29.26	72.03	29.23	1.23	40.04	21.03	5
22	72.55	29.80	29.26	73.49	30.13	30.13	72.95	29.73	1.29	42.93	21.03	5

Forze applicate sulle strisce [JANBU]

N°	W [kN]	Q [kN]	N [kN]	T [kN]	U [kN]	E <sub>1</sub> [kN]	E <sub>2</sub> [kN]	X <sub>1</sub> [kN]	X <sub>2</sub> [kN]	3D
1	2.19	0.00	2.19	4.70	0.00	0.00	4.08	0.00	0.00	
2	6.53	0.00	7.02	1.34	0.00	4.09	3.05	0.00	0.00	
3	11.29	0.00	17.28	5.25	0.00	13.75	14.33	0.00	0.00	
4	15.73	0.00	16.27	6.71	0.00	7.83	20.15	0.00	0.00	
5	20.23	0.00	23.25	17.77	0.00	20.75	26.98	0.00	0.00	
6	27.69	0.00	28.67	17.47	0.00	26.38	33.08	0.00	0.00	
7	31.61	0.00	37.77	13.51	0.00	33.08	38.33	0.00	0.00	
8	31.59	0.00	37.57	13.75	0.00	33.39	42.70	0.00	0.00	
9	33.34	0.00	33.67	13.77	0.00	42.70	47.35	0.00	0.00	
10	36.67	0.00	34.25	14.75	0.00	47.35	52.24	0.00	0.00	
11	35.54	0.00	34.97	14.41	0.00	46.24	56.97	0.00	0.00	
12	35.96	0.00	35.27	14.51	0.00	46.92	61.43	0.00	0.00	
13	35.90	0.00	35.67	14.51	0.00	46.08	65.57	0.00	0.00	
14	40.23	0.00	38.25	16.19	0.00	42.57	69.25	0.00	0.00	
15	39.04	0.00	39.67	16.25	0.00	35.25	72.56	0.00	0.00	
16	37.04	0.00	36.67	15.25	0.00	32.56	75.00	0.00	0.00	
17	36.20	0.00	31.77	14.75	0.00	25.00	76.57	0.00	0.00	
18	30.4	0.00	28.19	13.57	0.00	18.51	70.98	0.00	0.00	
19	25.70	0.00	24.57	12.50	0.00	10.98	67.26	0.00	0.00	
20	19.89	0.00	18.45	10.55	0.00	6.26	60.74	0.00	0.00	
21	12.88	0.00	10.75	6.25	0.00	0.74	57.72	0.00	0.00	
22	5.53	0.00	7.41	3.51	0.00	2.72	0.00	0.00	0.00	





ACUSTICA, AMBIENTE, SICUREZZA,  
BENE DEL LAVORO

AGNESE COSTI

Cellulare: 339 264 37 33

E-mail: [studio.costi@gmail.com](mailto:studio.costi@gmail.com)

[www.studio-costi.it](http://www.studio-costi.it)

*Relazione tecnica in materia di inquinamento acustico  
ai sensi della L.R. 447/95 e relativi decreti  
applicativi*

**Valutazione Clima Acustico per nuovo progetto di  
insediamento residenziale in**

**Via Guglielmo Marconi**

**41026 Pavullo nel Frignano (MO)**



DOTT.SSA AGNESE COSTI  
TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA AMBIENTALE  
N. ISCRIZIONE ELENCO NAZIONALE: 5077  
N. ISCRIZIONE ELENCO REGIONALE: RER/00090

21/11/2020



## INDICE

PREMESSA .....	3
RIFERIMENTI E DEFINIZIONI .....	4
DESCRIZIONE DELL'AREA ANALIZZATA ACUSTICAMENTE .....	7
DESCRIZIONE DELLE SORGENTI DI RUMORE: .....	8
INDICAZIONE DEI LIVELLI DI RUMORE ESISTENTI .....	10
VERIFICA DEI LIMITI DI IMMISSIONE .....	17
CONCLUSIONE E CONFRONTO CON I LIMITI. ....	17

## PREMESSA

Il principale obiettivo della valutazione di clima acustico è la valutazione dei livelli di rumore nelle aree interessate dalla realizzazione di:

- ci scuole e asili nido;

- ospedali;

  - case di cura e di riposo;

  - parchi pubblici urbani ed extraurbani;

- nuovi insediamenti residenziali prossimi alle opere indicate dalla Legge 41//1995 (art.8 comma2);

in ottemperanza alla L.R. 09/05/01 e secondo le indicazioni della Direttiva regionale 2004/673 del 14/04/2004.

**L'obiettivo della presente relazione è pertanto quello di verificare la compatibilità acustica della zona interessata dall'insediamento di un'area con nuovi edifici ad uso abitativo.**

## RIFERIMENTI E DEFINIZIONI

I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

- La normativa nazionale sull'inquinamento acustico a cui si fa riferimento è costituita dal D.P.C.M. del 1 marzo del 1991, dalla legge del 26 ottobre 1995 n. 447 " Legge quadro su l'inquinamento acustico" e dai relativi decreti attuativi:
- D.P.C.M. del 14/11/1997 relativo alla "Determinazione dei valori limite d'emissione delle sorgenti sonore"
- D.P.C.M. del 16/03/1998 relativo alle "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"
- DM 11/12/96 Applicazione del criterio differenziale per numerosi impianti a ciclo produttivo con
- DGR 45/02 Criteri per il rilascio delle autorizzazioni per particolari attività
- DGR 673/04 Criteri tecnici per la redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e della valutazione del clima acustico.
- Relativamente alla normativa regionale si fa riferimento ai seguenti:
- Delibera di giunta. n. 2001/2053 del 09/10/2001 "Criteri e condizioni per la classificazione acustica del territorio ai sensi del comma 3 dell'art.2 della L.R. 9 maggio 2001 n. 15" recante disposizione in materia di inquinamento acustico.
- Legge regionale n. 15 del 9 maggio 2001 " disposizioni in materia di inquinamento acustico".

Le principali definizioni utilizzate sono le seguenti :

1. *Sorgente sonora* -S

Qualsiasi oggetto, dispositivo, macchina o impianto o essere vivente idoneo a produrre emissioni sonore.

2. *Sorgente specifica*: -SS sorgente sonora se effettivamente identificabile che costituisce la causa del potenziale inquinamento acustico.

3 *Livello di rumore ambientale (LA)*: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato «A», prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti disturbanti, con l'esclusione degli eventi sonori singolarmente identificabili di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona. È il livello che si confronta con i limiti massimi di esposizione:

1) nel caso dei limiti differenziali, è riferito a *TM* ;

2) nel caso di limiti assoluti è riferita a  $TR$ .

4 *Livello di rumore residuo (LR)*: è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato «A», che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante. Deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale e non deve contenere eventi sonori atipici.

5 *Livello differenziale di rumore (LD<sup>1</sup>)*: differenza tra il livello di rumore ambientale (LA) e quello di rumore residuo (LR):

$$LD = \{LA - LR\}$$

#### 6 *Valori limite di emissione*

Il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa.

#### 7 *Valori limite di immissione*

Il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità del ricettore.

8. *Tempo di riferimento (TR)*: rappresenta il periodo della giornata all'interno del quale si eseguono le misure. La durata della giornata è articolata in due tempi di riferimento: quello diurno compreso tra le h 6,00 e le h 22,00 e quello notturno compreso tra le h 22,00 e le h 6,00.

9. *Tempo di osservazione (TO)*: è un periodo di tempo compreso in TR nel quale si verificano le condizioni di rumorosità che si intendono valutare.

10. *Tempo di misura (TM)*: all'interno di ciascun tempo di osservazione, si individuano uno o più tempi di misura (IM) di durata pari o minore del tempo di osservazione in funzione delle caratteristiche di variabilità del rumore ed in modo tale che la misura sia rappresentativa del fenomeno.

11. *Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata «A»*: valore del livello di pressione sonora ponderata «A» di un suono costante che, nel corso di un periodo specificato T, ha la medesima pressione quadratica media di un suono considerato, il cui livello varia in funzione del tempo:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] dB(A)$$

dove  $L_{Aeq}$  è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata «A» considerato in un intervallo di tempo che inizia all'istante  $t_1$  e termina all'istante  $t_2$ ;  $p_A(t)$  è il valore istantaneo della

---

<sup>1</sup> Il criterio differenziale non si applica: 1) alle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali, marittime né alle attività non connesse con esigenze produttive, commerciali e professionali; 2) alle aree classificate nella classe VI; 3) se il rumore misurato a finestre aperte è <50 dB(A) durante il periodo diurno <40 dB(A) durante il periodo notturno; 4) se il livello di rumore ambientale misurato a finestre chiuse è <35 dB(A) durante il periodo diurno e <25 dB(A) durante il periodo notturno.

pressione sonora ponderata «A» del segnale acustico in Pascal (Pa);  $p_0 = 20 \mu Pa$  è la pressione sonora di riferimento.

#### *12 Livello di pressione sonora*

Esprime il valore della pressione acustica di un fenomeno sonoro mediante la scala logaritmica dei decibel (dB) ed è dato dalla seguente relazione:

$$L_p = 10 \text{ Log } (p/p_0)^2 \text{ dB}$$

Dove  $P$  è il valore efficace della pressione sonora misurata in Pascal (Pa) e  $p_0$  è la pressione di riferimento che si assume uguale a 20 micropascal in condizioni standard.

#### *13 Rumore con componente impulsiva*

Emissione sonora nella quale siano chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili eventi sonori di durata inferiore a un secondo. A tal fine si effettua la misura del livello massimo del rumore rispettivamente con costante di tempo «slow» ed «Impulse». Qualora l'evento sia ripetitivo, abbia durata inferiore a 1 sec. E la differenza dei valori massimi delle misure suddette sia superiore a 6 dB(A), viene riconosciuta la presenza di componenti impulsive penalizzabili nel rumore. In tal caso il valore del rumore misurato il  $Leq(A)$  dev'essere maggiorato di un  $K_i = 3 \text{ dB(A)}$ .

#### *14 Rumore con componente tonale*

Emissioni sonore all'interno delle quali siano evidenziabili suoni corrispondenti ad un loro puro o contenuti entro 1/3 ottava e che siano chiaramente udibili e strumentalmente rilevabili. A tal fine si effettua un'analisi spettrale del rumore per bande di 1/3 di ottava. Quando all'interno di una banda di 1/3 d'ottava, il livello di pressione sonora supera di almeno 5 dB i livelli di pressione sonora di ambedue le bande adiacenti nel rumore, il valore del rumore misurato in  $Leq(A)$  dev'essere maggiorato di un  $K_t = 3 \text{ dB(A)}$ .

## DESCRIZIONE DELL'AREA ANALIZZATA ACUSTICAMENTE

La realizzazione delle opere descritte in premessa avverrà in via Guglielmo Marconi in Pavullo nel Frignano (MO).

Nella planimetria generale seguente sono indicati i tre blocchi abitativi di futura costruzione; come possiamo notare tali edifici abitativi sono collocati in fascia stradale.





## DESCRIZIONE DELLE SORGENTI DI RUMORE:

La sorgente che potrebbe portare rumore alle future abitazioni è data da traffico veicolare leggero e pesante che percorre via Marconi (strada extraurbana secondaria C-Cb).

Il traffico sulla via suddetta è caratterizzato principalmente da autovetture.

La valutazione riguarda il rispetto dei limiti di legge delle infrastrutture stradali secondo il Decreto Strade n. 142/2004.

I fabbricati verranno costruiti in fascia stradale A.



TABELLA 2 - Strade esistenti e assimilabili (ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti)

TIPO DI STRADA <i>(secondo codice della strada)</i>	SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI <i>(secondo norma CNR 1980 e direttive PUT)</i>	Ampiezza fascia di pertinenza acustica <i>(m)</i>	Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo		Altri ricettori	
			Diurno <i>dB(A)</i>	Notturmo <i>dB(A)</i>	Diurno <i>dB(A)</i>	Notturmo <i>dB(A)</i>
<b>A</b> - autostrada		100 <i>(fascia A)</i>	50	40	70	60
		150 <i>(fascia B)</i>			65	55
<b>B</b> - extraurbana principale		100 <i>(fascia A)</i>	50	40	70	60
		150 <i>(fascia B)</i>			65	55
<b>C</b> - extraurbana secondaria	<b>C a</b> <i>(strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980)</i>	100 <i>(fascia A)</i>	50	40	70	60
		150 <i>(fascia B)</i>			65	55
	<b>C b</b> <i>(tutte le altre strade extraurbane secondarie)</i>	100 <i>(fascia A)</i>	50	40	70	60
		50 <i>(fascia B)</i>			65	55
<b>D</b> - urbana di scorrimento	<b>D a</b> <i>(strade a carreggiate separate e interquartiere)</i>	100	50	40	70	60
	<b>D b</b> <i>(tutte le altre strade urbane di scorrimento)</i>	100	50	40	65	55
<b>E</b> - urbane di quartiere		30	<i>Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabelle C allegata al D.P.C.M. 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alle zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a) della Legge n. 447/95.</i>			
<b>F</b> - locale		30				

(\*) per le scuole vale il solo limite diurno

Osservando la tabella soprastante la zona di interesse dovrà rispettare i seguenti limiti 70 dbA di giorno, 60 dbA durante la notte.

## INDICAZIONE DEI LIVELLI DI RUMORE ESISTENTI

Le misure fonometriche sono state effettuate sia nel periodo diurno che nel periodo notturno.

**Tenendo conto dell'ultimo DPCM del 3/11/2020 art.1 comma 3 che stabilisce il coprifuoco dalle 22 alle 5 del giorno successivo, la misura fonometrica notturna è stata fatta dalle 5 alle 6.**

Nella planimetria generale riportata in pagina seguente viene indicato il punto dove sono state fatte le misure fonometriche per la rilevazione del rumore di zona.

Tale microfono è stato posizionato in P1 non tenendo conto delle diverse distanze degli edifici in progetto ma cautelativamente in posizione più vicina alla strada.

Sono stati rilevati i Leq. pesati (A), nelle date sotto riportate e nell'arco della giornata in cui si ritiene essere presente un rumore più rappresentativo della zona.

17/11/2020 Posizione P1

La prima misura è stata eseguita alle ore 07:30:30

La seconda misura è stata eseguita alle ore 17:08:06

La terza misura è stata eseguita alle ore 17:55:45

18/11/2020 Posizione P1

La quarta misura è stata eseguita alle ore 05:05:09

I rilevamenti fonometrici sono stati effettuati con fonometro integratore di precisione CESVA SC310 (strumentazione conforme ai requisiti di classe 1 norme I.E.C. (International Electrotechnical Commission) n. EN 60651/1994 e n. 60804/1994), in attuazione di quanto previsto dal D.M. 16/03/98 per le misurazioni di acustica ambientale.

La strumentazione è stata sottoposta a controlli di taratura nel mese di luglio 2019 presso il centro SIT L.C.E. n. 68/E di cui si allegano i certificati.

Il fonometro è stato calibrato all'inizio e al termine del ciclo di misure: con la verifica di calibrazione a differenza è risultata dell'ordine di 0,2 dB.

Come indicato dal D.M. 16/03/98, le misurazioni sono state eseguite in assenza di precipitazioni atmosferiche, di nebbia, di neve e in assenza di vento.

La catena di misura era compatibile con le condizioni meteorologiche del periodo in cui si sono effettuate le misurazioni e in accordo con le norme CEI 29-10 ed EN 60804/1994.

**Le misure allo stato attuale sono rappresentative della attività diurna e notturna compatibilmente con la pandemia che stiamo vivendo.**



Numerico modo analizzatore -C:\Users\sjudi\Desktop\VARIANTE VIA MARCONI\T222860\_2020-11-17\_RT.A.ccf

	10Hz	12,5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	12,5kHz	16kHz	20kHz
LT	---	---	---	---	5,6	13,3	25,0	26,0	29,8	33,9	28,0	30,1	34,2	35,4	39,9	41,4	43,7	48,9	46,7	48,7	49,4	47,5	47,3	45,1	47,4	40,1	37,3	34,6	32,3	28,7	23,9	18,4	12,3	6,5

LAT: 57,0 dBA

LCI: 64,1 dBC

LZT: 66,9 dBZ

LAIT: 60,7 dBA

LAFmax: 70,6 dBA

LAI max: 71,8 dBA

LASmax: 67,3 dBA

LAIT LAT: 3,7 dBA

LAFmax-LAT: 13,6 dBA

LAI max-LAFmax: 1,2 dBA

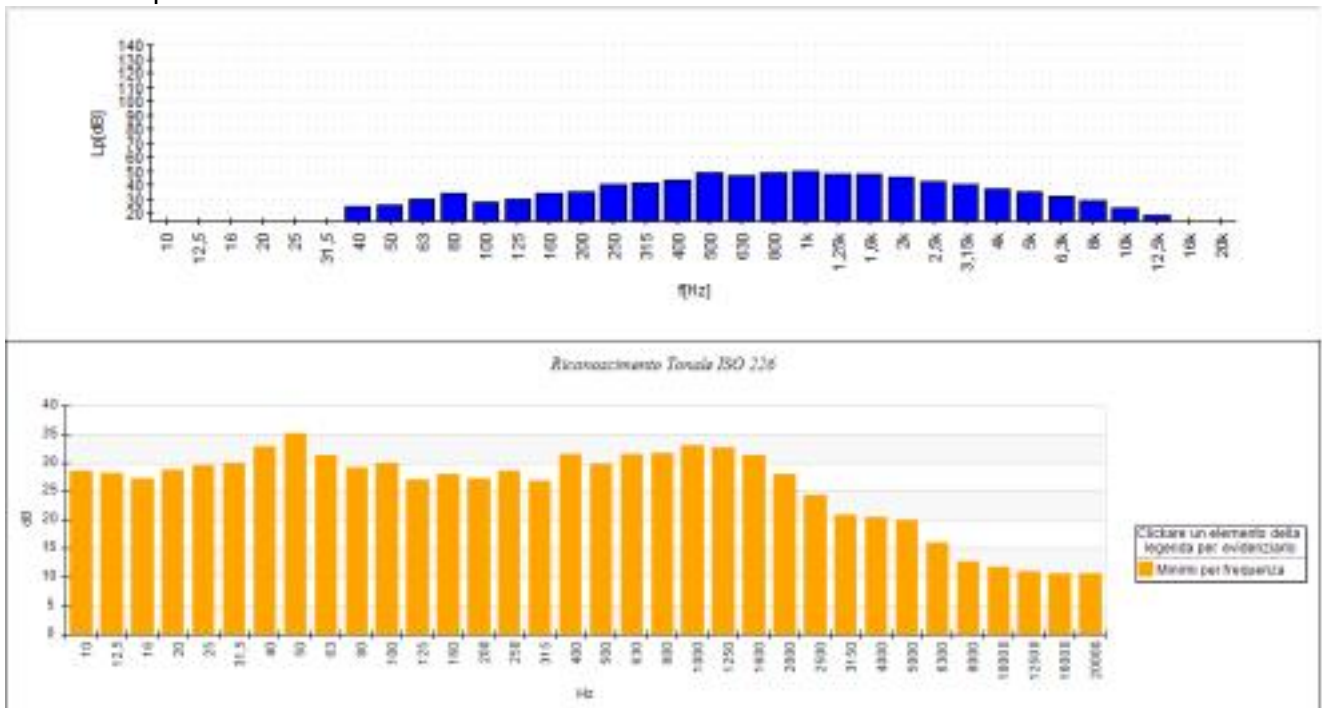
LAI max LASmax: 4,5 dBA

Durata: 0001:30:34

Inizio: 17/11/2020 07:30:30

Fine: 17/11/2020 09:01:04

### Grafico frequenziale



Numerico modo analizzatore C:\Users\studi\Desktop\VARIANTE VIA MARCONI\T222860\_2020 11 17\_RTA.ccf

	10Hz	12,5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz
	700Hz	750Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,75kHz		1,6kHz	7kHz	
	2,5kHz	3.15kHz		1kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	12,5kHz		16kHz	20kHz	
LT	6,0	12,6	19,1	25,2	31,0	36,0	40,5	44,5	47,2	48,3	49,9	49,6	47,1
	45,4	43,4	47,0	47,0	41,8	47,9	44,6	45,7	44,5	44,7	47,5	41,9	41,7
	40,3	39,0	38,3	36,6	34,5	32,0	28,1	23,4					

LAT: 58,3 dBA

LCI: 81,1 dBC

LZT: 86,2 dBZ

LAIT: 64,6 dBA

LAFmax: 70,9 dBA

LAI max: 73,6 dBA

LASmax: 64,2 dBA

LAIT LAT: 6,3 dBA

LAFmax-LAT: 12,6 dBA

LAI max-LAFmax: 2,7 dBA

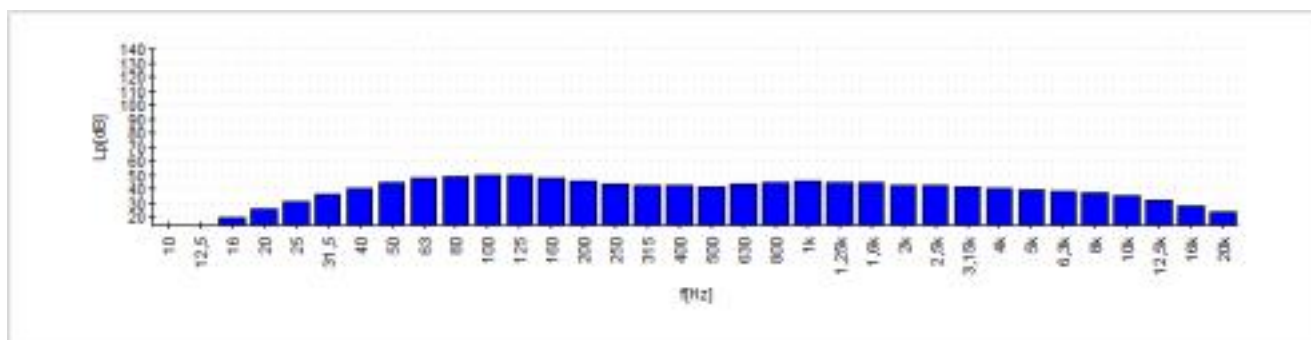
LAI max LASmax: 9,4 dBA

Durata: 0001:33:37

Inizio: 17/11/2020 17:08:06

Fine: 17/11/2020 18:41:43

### Grafico frequenziale





Numerico modo analizzatore C:\Users\studi\Desktop\VARIANTE VIA MARCONI\T222860\_2020 11 17\_RTA.ccf

	10Hz	12,5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz
	700Hz	750Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,75kHz		1,6kHz	7kHz	
	2,5kHz	3.15kHz		7kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	12,5kHz		16kHz	20kHz	
LT	---	4,6	10,9	15,8	20,9	24,3	30,4	35,0	33,9	33,8	35,0	35,0	35,9
	37,1	40,9	47,7	40,3	44,1	46,0	48,5	50,7	50,1	49,4	48,8	44,5	47,8
	39,5	36,2	33,6	29,1	24,4	20,2	15,2	8,6					

LAT: 57,9 dBA

LCI: 70,6 dBC

LZT: 77,4 dBZ

LAIT: 63,1 dBA

LAFmax: 68,5 dBA

LAI max: 73,8 dBA

LASmax: 65,3 dBA

LAIT LAT: 5,2 dBA

LAFmax-LAT: 10,6 dBA

LAI max-LAFmax: 5,3 dBA

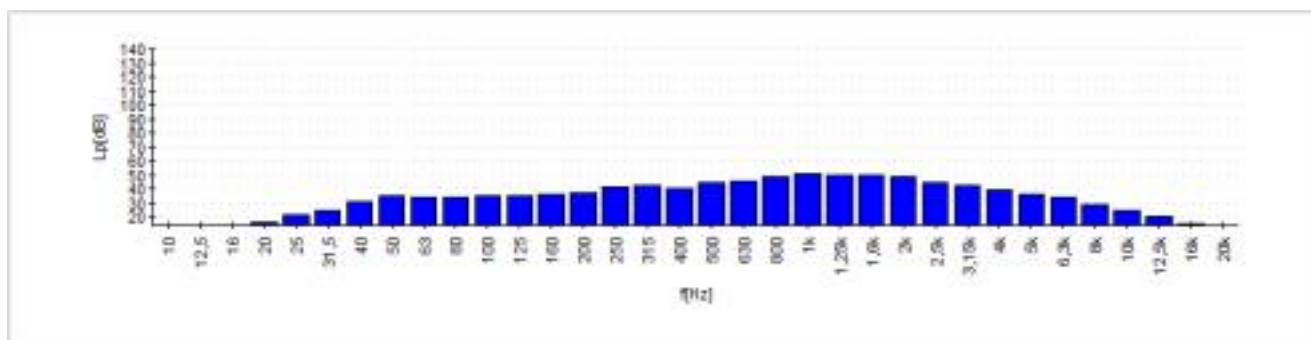
LAI max LASmax: 8,5 dBA

Durata: 0001:40:28

Inizio: 17/11/2020 17:55:45

Fine: 17/11/2020 19:36:13

### Grafico frequenziale



Numerico modo analizzatore C:\Users\studi\Desktop\VARIANTE VIA MARCONI\T222860\_2020 11 18\_RTA.ccf

	10Hz	12,5Hz	16Hz	20Hz	25Hz	31,5Hz	40Hz	50Hz	63Hz	80Hz	100Hz	125Hz	160Hz	200Hz	250Hz	315Hz	400Hz	500Hz	630Hz	800Hz	1kHz	1,25kHz	1,6kHz	2kHz	2,5kHz	3,15kHz	4kHz	5kHz	6,3kHz	8kHz	10kHz	12,5kHz	16kHz	20kHz
IT	---	---	---	---	---	7,5	6,1	9,6	17,7	13,1	17,0	14,7	13,7	16,3	17,5	19,7	22,6	26,8	28,6	31,0	33,1	31,9	30,4	28,0	26,2	25,9	25,7	25,6	24,3	23,4	21,3	18,4	14,6	9,9

LAI: 40,1 dBA

LCT: 48,9 dBC

L7T: 58,6 dBZ

LAIT: 43,2 dBA

LAFmax: 47,6 dBA

LAI max: 50,4 dBA

LASmax: 44,8 dBA

LAIT-LAT: 3,1 dBA

LAFmax-LAT: 7,5 dBA

LAI max LAFmax: 2,8 dBA

LAI max-LASmax: 5,6 dBA

Durata: 0000:50:26

Inizio: 18/11/2020 05:05:09

Fine: 18/11/2020 05:55:35

### Grafico frequenziale

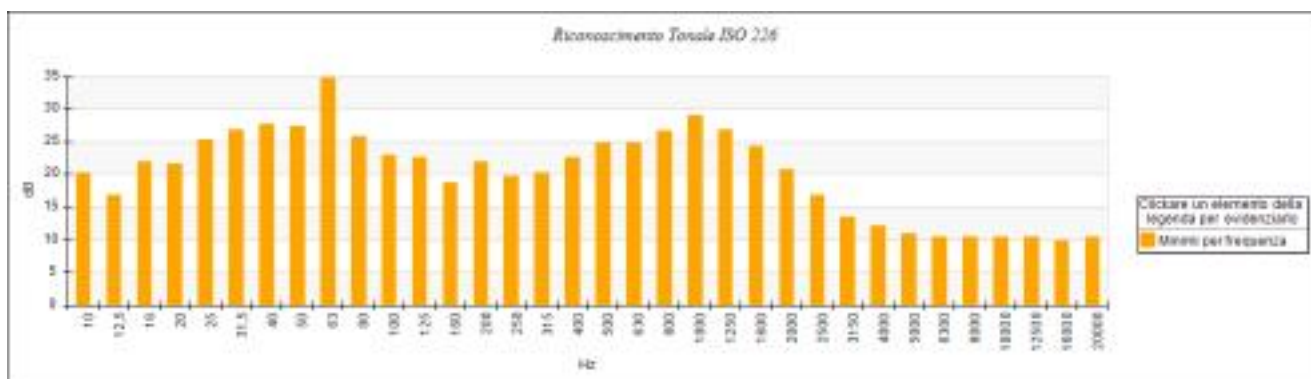
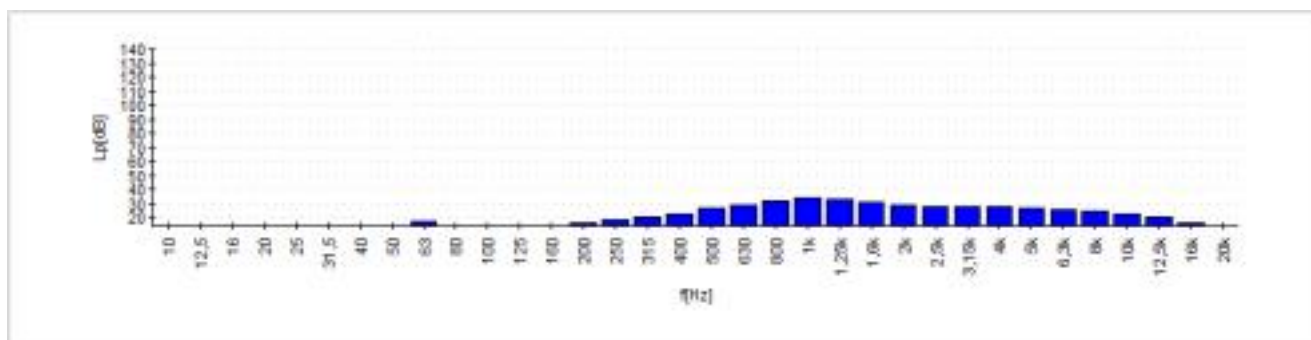


Tabella riepilogativa delle misure posizione P1

Numero misura	Data	Ora di misura	Durata della misura	Leq. dB(A)	Note
1	17/11/2020	07:30:30	1 ora 30	57,0	Rumore generato esclusivamente dal traffico stradale
2	17/11/2020	12:08:06	1 ora 33	58,3	Rumore generato esclusivamente dal traffico stradale
3	17/11/2020	17:55:45	1 ora 40	57,9	Rumore generato esclusivamente dal traffico stradale
4	18/11/2020	05:05:09	50 minuti	40,1	Rumore generato esclusivamente dal traffico stradale

## VERIFICA DEI LIMITI DI IMMISSIONE

Per trovare il livello di rumore ambientale (LA) del sito, dove poi sorgeranno gli edifici abitativi è necessario applicare la seguente formula.:

$$L_{Aeq,TR} = 10 \log \left[ \frac{1}{T_R} \sum_{i=1}^n (T_{0,i}) \cdot 10^{0,1 L_{Aeq}(T_{0,i})} \right] dB(A)$$

**Periodo diurno posizione P1**

$$L_{Aeq,TR} = 10 \log \left[ \frac{1}{960} ( 90 \cdot 10^{37,0/10} + 93 \cdot 10^{38,5/10} + 100 \cdot 10^{57,5/10} ) \right] = 52,4$$

**Periodo notturno posizione P1**

$$L_{Aeq,TR} = 10 \log \left[ \frac{1}{480} ( 50 \cdot 10^{40,0/10} ) \right] = 30,2$$

## CONCLUSIONE E CONFRONTO CON I LIMITI.

Livelli di rumore calcolati dB(A)		Limiti Decreto Strade n. 142/2004 (strade esistenti e assimilabili) dB(A)	
giorno	notte	Strada di tipo C	
52,4	30,2	70,0	60,0

Dalla tabella sopra riportata si evince che l'infrastruttura stradale via Marconi in Pavullo rispetta i limiti di legge secondo il decreto strade n. 142/2004.

Allegati :

- Certificati di taratura



**L.C.E. S.p.A.**  
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)  
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

Centro di Taratura LAT N° 068  
Calibration Centre  
Laboratorio Accreditato di  
Taratura



LAT N° 068

Pagina 1 di 4  
Page 1 of 4

**CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 43529-A**  
*Certificate of Calibration LAT 068 43529-A*

- data di emissione  
date of issue 2019-07-01  
- cliente  
customer STUDIO COSTI DOTT.SSA AGNESE COSTI  
41026 - PAVULLO N/F (MO)  
- destinatario  
receiver STUDIO COSTI DOTT.SSA AGNESE COSTI  
41026 - PAVULLO N/F (MO)  
- richiesta  
application 19-00421-T  
- in data  
date 2019-06-24

**Si riferisce a**

*Referring to*  
- oggetto  
item Calibratore  
- costruttore  
manufacturer NTG INSTRUMENTS  
- modello  
model DS1  
- matricola  
serial number 524670  
- data di ricevimento oggetto  
date of receipt of item 2019-07-01  
- data delle misure  
date of measurement 2019-07-01  
- registro di laboratorio  
laboratory reference Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

*This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.*

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

*The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.*

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

*The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.*

*Il Responsabile del Centro*  
*Head of the Centre*





**L.C.E. S.r.l.**  
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)  
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

Centro di Taratura LAT N° 068  
Calibration Centre  
Laboratorio Accreditato di  
Taratura



LAT N° 068

Pagina 1 di 8  
Page 1 of 8

**CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 43530-A**  
*Certificate of Calibration LAT 068 43530-A*

- data di emissione date of issue	2019-07-01
- cliente customer	STUDIO COSTI DOTT.SSA AGNESE COSTI 41026 - PAVULLO NF (MO)
- destinatario receiver	STUDIO COSTI DOTT.SSA AGNESE COSTI 41026 - PAVULLO NF (MO)
- richiesta application	19-00421-T
- in data date	2019-06-24
<b>Si riferisce a</b> <i>Referring to</i>	
- oggetto item	Fonometro
- costruttore manufacturer	Cesva
- modello model	SC310
- matricola serial number	T222860
- data di ricevimento oggetto date of receipt of item	2019-07-01
- data delle misure date of measurements	2019-07-01
- registro di laboratorio laboratory reference	Reg. 03

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

*This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.*

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

*The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.*

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

*The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.*

  
 Il Responsabile del Centro  
 Head of the Centre  








Comune di  
**Pavullo nel Frignano**

Provincia di Modena

# PSC

Piano Strutturale Comunale

L.R. 20/2000

## Valsat

Valutazione di sostenibilità ambientale e territoriale

# RAPPORTI GEOLOGICI - PARTE 2

## AMBITO ANS 3.2

Adozione: D.C.C. n. 46 del 24/7/2008

Approvazione: D.C.C. n.....del ..../../....

Il sindaco:

Sig. Romano Canovi

Il segretario generale:

Dott. Giampaolo Giovanelli

Responsabile dell'elaborato

Dott. Geol. Fabrizio Anderlini



## GRUPPO DI LAVORO

### Coordinamento comunale

*arch. Grazia De Luca - responsabile dell'Ufficio di Piano Comunale*

*Ufficio di Piano - geom. Ivan Fiorentini, Laila Picchietti*

### Consulente generale per il PSC: **tecnicoop**

*arch. Rudi Fallaci - arch. Carlo Santacroce - dott. agr. Fabio Tunioli*

*arch. Giulio Verdini - cartografia: Andrea Franceschini*

### Consulenti per le zone agricole:

*dott. agr. Alessandra Furlani - dott. agr. Maurizio Pirazzoli*

### Consulente per le aree boscate:

*dott. for. Paolo Vincenzo Filetto*

### Consulenti per gli aspetti geologici:

*dott. geol. Valeriano Franchi - dott. geol. Fabrizio Anderlini*

### Consulente per la zonizzazione acustica:

*dott. Carlo Odarici*

### Ricognizione storico-culturale del sistema insediativo rurale:

*dott. Claudia Chiodi*

## **1 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELLA ZONA**

L'area oggetto del presente studio, denominata ambito **ANS 3.2**, è ubicata in località Cà del Vento, a nord-ovest rispetto al centro del capoluogo, ad una quota altimetrica compresa tra 725 e 730 m s.l.m.

Inoltre, la zona viene anche ubicata sulla Carta Corografica in scala 1:25.000 – *Estratto dalla C.T.R. – Regione Emilia Romagna – Tavole n. 236 NO "Lama Mocogno", 236 NE "Pavullo nel Frignano"*, sulla Carta Topografica in scala 1:10.000 - *Estratto dalla C.T.R. – Regione Emilia Romagna – Sezioni 236060 "Montecenere" – 236070 "Pavullo nel Frignano"*, che compaiono in allegato.

## **2. INDAGINI ESEGUITE**

Sull'ambito ANS 3.2 sono state eseguite n. 5 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH (n. 3 nel marzo 2008 e n. 2 nel giugno 2009), mediante strumento a sganciamento automatico, conforme all'Eurocodice 7, avente:

- maglio kg. 63,50
- volata cm. 75
- angolo alla punta 90°
- area sezione di punta cmq. 20

Al termine delle prove del marzo 2008, nei fori di sondaggio sono stati inseriti tubi piezometrici in PVC allo scopo di misurare nel tempo il livello dell'acqua.

Sono stati eseguiti anche n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di -15,0 m dal p.c. attuale, mediante sonda idraulica Ellettari EK200S, attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm. I fori di sondaggio sono stati strumentati con tubi inclinometrici a 4 gole, in alluminio, aventi diametro pari a 75 mm, per il monitoraggio nel

tempo dei versanti in esame. I tubi inclinometrici sono stati rivestiti esternamente, da -1,0 m a fondo foro, con ghiaietto 2-4 mm allo scopo di utilizzare tali tubi anche come piezometri per la misura del livello di falda.

Ubicazione delle prove e dei sondaggi, nonché i relativi certificati di prova sono riportati in allegato.

### **3. CENNI GEOMORFOLOGICI E GEOLITOLOGICI**

L'ambito ANS 3.2 risulta caratterizzato dalla presenza di un substrato costituito da litotipi attribuibili alla Successione Epiligure. In particolare (Tav. 3), risultano affioranti i seguenti litotipi:

- **Brecce argillose della Val Tiepido – Canossa (MVT)** – Già classificate nell'ambito della Formazione di Antognola come **Unità di Canossa (ANT<sub>3</sub>)**, sono caratterizzate da brecce a matrice argillosa grigia o grigio-scura, talora varicolore, con clasti decimetrici o di dimensioni maggiori di prevalenti calcilutiti biancastre tipo "palombino", calcari marnosi, marne, siltiti e arenarie, e inclusi da decametrici ad ettometrici di formazioni liguri o epiliguri. Il limite inferiore è netto, su MMP o graduale rapido su AVS, spesso meccanico; questa unità presenta evidenti rapporti di eteropia con ANT. Depositi di colata gravitativa (*mud e debris flow*). La potenza massima varia da qualche decina ad oltre 500 m. *Chattiano? – Aquitaniano*.
- **Formazione di Cigarello (CIG)** – Già classificata nell'ambito della **Formazione di Bismantova (ora elevata al rango di gruppo) – Membro delle marne di Cigarello (ABI<sub>3</sub>)**, è costituita da Marne siltoso-sabbiose, talora argillose, grigie, grigio scure o beiges se alterate, bioturbate e fossilifere. Stratificazione generalmente poco evidente per l'assenza di livelli grossolani e per la bioturbazione. Localmente affiorano intervalli di strati sottili arenaceo-pelitici tabulari

con  $A/P < 1$  o litofacies marnose franche. Ambiente di sedimentazione di piattaforma esterna e scarpata-bacino. Il limite inferiore è per alternanza o sfumato con PAT. Lo potenza varia da qualche decina di metri a circa 200 m. *Langhiano – Serravalliano*.

Come emerso nel corso delle indagini in sito, il lotto è caratterizzato dalla presenza di una coltre detritica superficiale, avente spessore non omogeneo, compreso tra -4,0 m (DPSH n. 1) -6,3 m (Sondaggio n. 3). Dal punto di vista litologico la coltre detritica è caratterizzata da argille limose, nocciola o grigio-nocciola, alterate, da mediamente consistenti a consistenti, localmente sature, con sostanza organica nerastra e abbondanti clasti carbonatici. Si tratta, probabilmente, di un deposito eluvio-colluviale, caratterizzato, secondo lo schema della carta geologica regionale, da una coltre di materiale detritico, generalmente fine (sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.

Dal punto di vista geotecnico, le prove hanno messo in evidenza un Rpd medio, per questo livello, pari a circa 2,0 MPa.

Al di sotto del detrito è presente il substrato delle unità formazionali, alterato per alcuni metri, e caratterizzato da argilliti e siltiti grigie, o nocciola dove alterate, sovraconsolidate, con livelli di arenarie fini, attribuibili alle Breccie della Val Tiepido – Canossa. Le prove DPSH hanno misurato un valore medio di Rpd pari a circa 4,0 MPa per il substrato alterato, e di circa 10,0 MPa per il substrato non alterato.

Nel corso di alcune indagini in sito è stata rilevata la locale presenza di infiltrazione delle acque superficiali in sottili livelli detritici. In particolare, sono stati rilevati due livelli saturi nel corso del sondaggio n. 1 (a -4,0/4,3 m e a -4,9/5,1 m) e si è rilevata acqua nel corso della prova DPSH n. 2 a -2,15 m.



Nel corso dei rilievi effettuati è stata infine rinvenuta una tubazione in PVC, proveniente da una casa della zona, scaricante acque reflue direttamente nel corpo detritico.

#### **4. STABILITA'**

Specificatamente per l'ambito 3.2 si è definita una carta della stabilità, con suddivisione della zona in classi di stabilità generale, definite in base ai seguenti parametri:

- caratteristiche litostratigrafiche del litotipo affiorante;
- stato di alterazione e/o fessurazione della roccia;
- presenza e spessore della copertura detritica, desunta dalle prove penetrometriche e dai sondaggi;
- natura e caratteristiche fisico-meccaniche del litotipo (coesivo-incoerente) in relazione alla presenza di acqua nel terreno;
- esistenza ed efficienza della rete scolante superficiale, naturale o artificiale;
- modificazioni indotte da interventi antropici;
- osservazione di fotografie aeree;
- presenza di emergenze morfologiche significative, con particolare riferimento a quelle relative a movimenti gravitativi antichi o recenti, individuati nella cartografia esistente (es: PTCP, carta geologica RER, ecc.).

La carta redatta ha messo in evidenza, per il perimetro in oggetto, una fascia, a ridosso del crinale nord-sud, di terreno mediamente stabile, caratterizzato dalla presenza di alcuni metri di detrito (si vedano le prove penetrometriche ed i sondaggi) ma da un'acclività non elevata (massimo 10%); tutto l'ambito ANS 3.2 ricade in tale fascia.

Per quanto riguarda l'area nord, posta esternamente all'ambito in oggetto, sono cartografate una serie di lingue franose attive (Tav. 4), le quali, nell'area posta immediatamente a valle del crinale che da Cà del Vento porta a Il Fossato, prendono

origine da tre distinte lingue, che confluiscono in un unico corpo franoso verso il Rio Cavo. Il coronamento raggiunge con uno dei lobi più avanzati la via Fossato interessando anche, l'area posta a nord dell'ambito 3.2. Tale lingua nella realtà è di dimensione apparentemente ridotte rispetto a quanto indicato nel Quadro Conoscitivo del PSC (concorde al PTCP 2009 della Provincia di Modena), e più simile ai perimetri individuati dalla carta geologica della Regione Emilia-Romagna, come desunto dai sopralluoghi e dai rilievi in loco.

Questa ipotesi è stata confermata anche con il sondaggio n. 1, il quale ha permesso di individuare la presenza sicuramente di una coltre detritica sino a -5,1 m dal p.c. attuale, le cui caratteristiche litologiche e di consistenza permettono di non classificarlo come frana, e che pertanto non sembra ipotizzabile un'interazione della frana stessa con l'ambito in oggetto.

Il condizionamento dei fori di sondaggio e di prova penetrometrica a inclinometri e piezometri ha consentito, nel periodo compreso tra l'aprile 2008 e il febbraio 2009, di monitorare la fascia di crinale interessata dall'ambito ANS 3.2 in modo da definire con precisione l'effettiva perimetro di frana (vedi paragrafo 6).

## 5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

### Primo livello di approfondimento

L'ambito ANS 3.2 è localizzato ad est del toponimo "Il Fossato".

La carta Comunale delle aree suscettibili di effetti locali (Tav. 5) contraddistingue l'areale come principalmente soggetto ad amplificazione per caratteristiche litologiche, ciò è dovuto sia alle caratteristiche litotecniche di **"MVT" Breccie Argillose della Valtiepido Canossa** che di **"CIG" Formazione di Cigarello**, paragonabili dal punto di vista del comportamento geomeccanico, sia a depositi di copertura superficiale.

 **1) Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche**

studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.

Tali classi, in relazione alla valutazione della microzonazione sismica (art.16 - L.R. 20/2000), determinano di realizzare approfondimenti di *II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico*.

Nel versante ovest dell'areale è presente un fenomeno gravitativo che lambisce parzialmente l'areale:

 **2) Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche**

studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudo statiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); microzonazione sismica: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.

 **3) Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche**

studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello.

**Secondo livello di approfondimento**

Una volta identificati gli scenari che individuano il livello di approfondimento del lotto in oggetto, trattandosi di zona potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche

litologiche si è valutato anche il coefficiente di amplificazione. A tal fine è fondamentale ricostruire il modello sismotratigrafico dell'area utilizzando specifiche indagini geognostiche dirette (prove penetrometriche o carotaggi) e opportune indagini geofisiche per la caratterizzazione degli spessori di copertura e della velocità delle onde di propagazione di taglio all'interno di tali depositi ( $V_{sh}$ ).

### INDAGINE GEOFISICA

L'elaborazione (relativa all'indagine sismica del vicino ambito ANS 2.1), in allegato, restituisce un grafico che riporta la curva di dispersione attraverso un'immagine a colori che mostra il profilo delle velocità delle onde di Rayleigh come Velocità di fase e frequenza. Analizzando tale grafico si ottiene un modello teorico dell'andamento delle  $V_s$  con la profondità fino ad una quota di - 40.00 m da p.c. dal quale si ricava, attraverso la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum h_i/V_{s_i}}$$

Il valore di  $V_{s30}$  dalla base della fondazione, nell'area indagata, che, per la classificazione sismica dei terreni di fondazione seguendo le indicazioni della nuova normativa D.M. 14/01/2008, risulta per la **Linea 1**  $V_{s30} = 271,7$ .

Mentre utilizzando la formula:

$$V_{sh} = \frac{h}{\sum h_i/V_{s_i}}$$

si è ricavato il valore delle  $V_s$  dello strato di copertura che, per l'area di indagine, è stato definito in 6,0 m per un valore di  $V_{sh}$  risultante pari a **235 m/s**.

Secondo la classificazione del suolo, sulla base della nuova normativa sismica per gli edifici (**D.M. 14 gennaio 2008**) in base ai dati ottenuti dalle indagini geofisiche in sito, con la realizzazione di un'indagine sismica a rifrazione, attraverso il metodo dei microtremori

(Re.Mi.) si classifica il terreno appartenente alla categoria **C**, corrispondente a depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{SPT} < 50$ ;  $70 < c_u < 250$  kPa ).

Inoltre, sulla base della classificazione nazionale che fa ricadere l'area in esame in **classe 3**, i valori di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in tale classe sono pari ad  $a_g = 0.15g$ .

### AMPLIFICAZIONE SISMICA

Quale sintesi dei risultati delle indagini per la definizione del modello sismostratigrafico e dei profili di velocità di propagazione del onde di Taglio  $V_s$  si riportano, per l'area sismica oggetto di studio, i coefficienti di amplificazione sismica rispetto al suolo di riferimento secondo le tabelle con i coefficienti normalizzati riportati in tab. A2.1.1 del D.R. 112. Per l'area oggetto di studio sono stati determinati dalle nostre analisi come illustrato in tavola i seguenti fattori di amplificazione sismica **F.A. P.G.A. = 2,0** e **F.A. SI ( $0,1 < T_0 < 0,5$ ) = 1,7** e **F.A. SI ( $0,5 < T_0 < 1,0$ ) = 1.4**

F.A. P.G.A.

$V_{s,H}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	<b>2.0</b>	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0



F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

Vs <sub>H</sub> H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

Vs <sub>H</sub> H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Elementi di potenziale amplificazione

All'estremità sud del lotto è cartografato un contatto tettonico formazionale la cui attività appare incerta o presunta.



## **6. VERIFICHE DEL CINEMATISMO DEI MOVIMENTI FRANOSI**

A nord dell'ambito 3.2 in oggetto, sono stati condizionati ad inclinometro i fori di sondaggio n°S1 e n°S3 che hanno permesso un successivo controllo, da aprile 2008 sino a Febbraio 2009, della cinematica dei dissesti evidenziati in cartografia. Nel particolare il Sondaggio S1 è stato effettuato all'interno del lobo franoso ritenuto attivo mentre il sondaggio S3 è stato effettuato successivamente nel perimetro contermini per verificare se tale fenomeno era in espansione verso sud.

L'inclinometro n°1 mostra uno spostamento di circa 1,5 – 2,0 mm alla profondità di 2,5/3,0 m indicando un lieve movimento verso valle ed una blanda attività del lobo franoso.

L'inclinometro n°3 mostra invece un debole creep superficiale, pertanto non è correlabile alla cinematica della frana attiva poco più a nord.

Gli inclinometri quindi evidenziano il permanere dello stato di blanda attività del lobo franoso indicato in carta ma comunque non in regressione od espansione nell'areale in studio.

## **7. EDIFICABILITA' E PROPOSTA DI ZONIZZAZIONE (Tav. 7)**

A nord dell'ANS 3.2 permane l'attività di un lobo di frana attiva per cui è stato necessario stralciare, rispetto alla prima versione del perimetro dell'ambito, tale fascia. Tuttavia è opportuno inserire cautelativamente anche una ulteriore fascia di interposizione e sicurezza di almeno 20,0 m a sud del margine del fenomeno gravitativo. La restante porzione a sud dell'areale non presenta limiti o vincoli edificatori, se si esclude l'estremità sud dell'areale caratterizzata da consistenti spessori detritici (vedi Dpsh n. 2 del luglio 2009), per la quale si propone, senza che ciò rappresenti prescrizione cogente, una

destinazione d'uso a dotazioni territoriali, parcheggi o aree verdi attrezzate pubbliche o private (Tav. 7).

In occasione degli strumenti urbanistici operativi (POC), occorrerà provvedere ad approfondire ulteriormente i caratteri idrogeologici e stratigrafici, individuando le opportune opere di tutela della stabilità dell'area e di regimazione delle acque superficiali, in funzione delle previsioni urbanistiche.

Per quanto riguarda la microzonazione sismica, in sede di POC, sarà necessario condurre approfondimenti di II e III livello per l'area in oggetto, come prescritto dalla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2/5/2007.

In sede di progetti esecutivi occorrerà valutare la possibilità di prescrivere fondazioni profonde da innestare direttamente entro il substrato costituito dalla formazione in posto.

Per l'inserimento dell'ambito nel Piano Operativo Comunale si dovranno implementare gli studi geologici e sismici previsti dalla L.R. 19/2008 – D.A.L. 112/2007, tale approfondimento dovrà essere soggetto alla verifica di cui all'art. 5 della L.R. 19/2008.

Castelnuovo Rangone, Gennaio 2011

Dott. Fabrizio Anderlini

## ANS 3.2 - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1 - Operazioni di perforazione nel corso del sondaggio n. 1



Foto 2 - Parte nord dell'ambito ANS 3.2, parzialmente interessato da fenomeni di dissesto

***ALLEGATO CARTOGRAFICO***







# INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Estratto dalla C.T.R. - R.E.R. - Sezioni 236020 - 236030 - 236060 - 236070

Scala 1:10.000

Legenda



Ubicazione area in esame





# CARTA GEOLOGICA

Estratto da "Cartografia Geologica - Il Progetto CARG in scala 1:25.000" - Regione Emilia-Romagna  
Fonte: <http://geo.regione.emilia-romagna.it>

Scala 1:5000

## Legenda



### a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento

Deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto o recenti, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici.



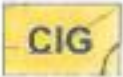
### a1d - Deposito di frana attiva per colamento lento

Deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto o recenti, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici.



### a3 - Deposito di versante s.l.

Deposito costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.



### CIG - FORMAZIONE DI CIGARELLO

Marne silteso-sabbiose, talora argillose, grigie, grigio scure o beige se alterate, bioturbate e fossilifere. Stratificazione generalmente poco evidente per l'assenza di livelli grossolani e per la bioturbazione. Localmente affiorano intervalli di strati sottili arenaceo-pelitici tabulari con A/P < 1 o litofacies marnose franche. Ambiente di sedimentazione di piattaforma esterna e scarpata-bacino. Il limite inferiore è per alternanza o sfumato con PAT. Lo potenza varia da qualche decina di metri a circa 200 m.  
*Langhiano - Serravalle*

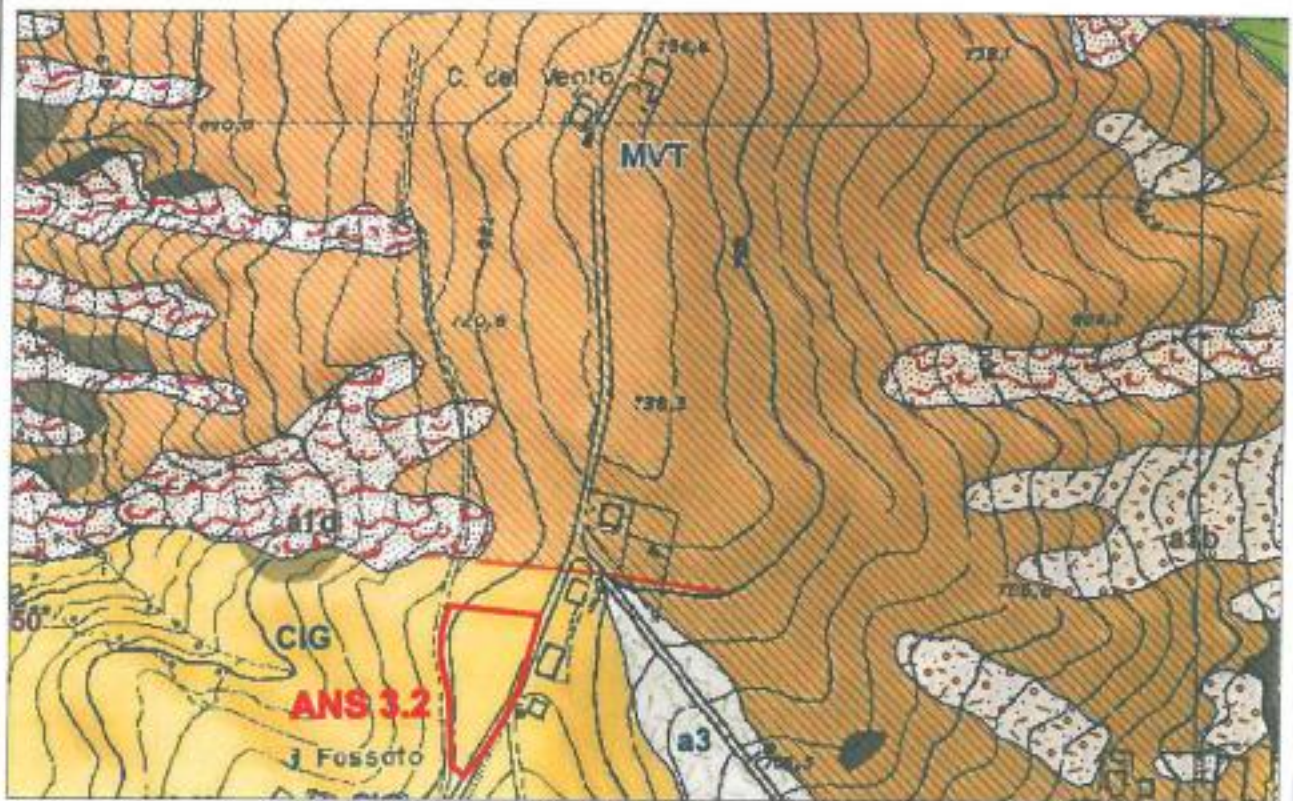


### MVT - BRECCIE ARGILLOSE DELLA VAL TIEPIDO-CANOSSA

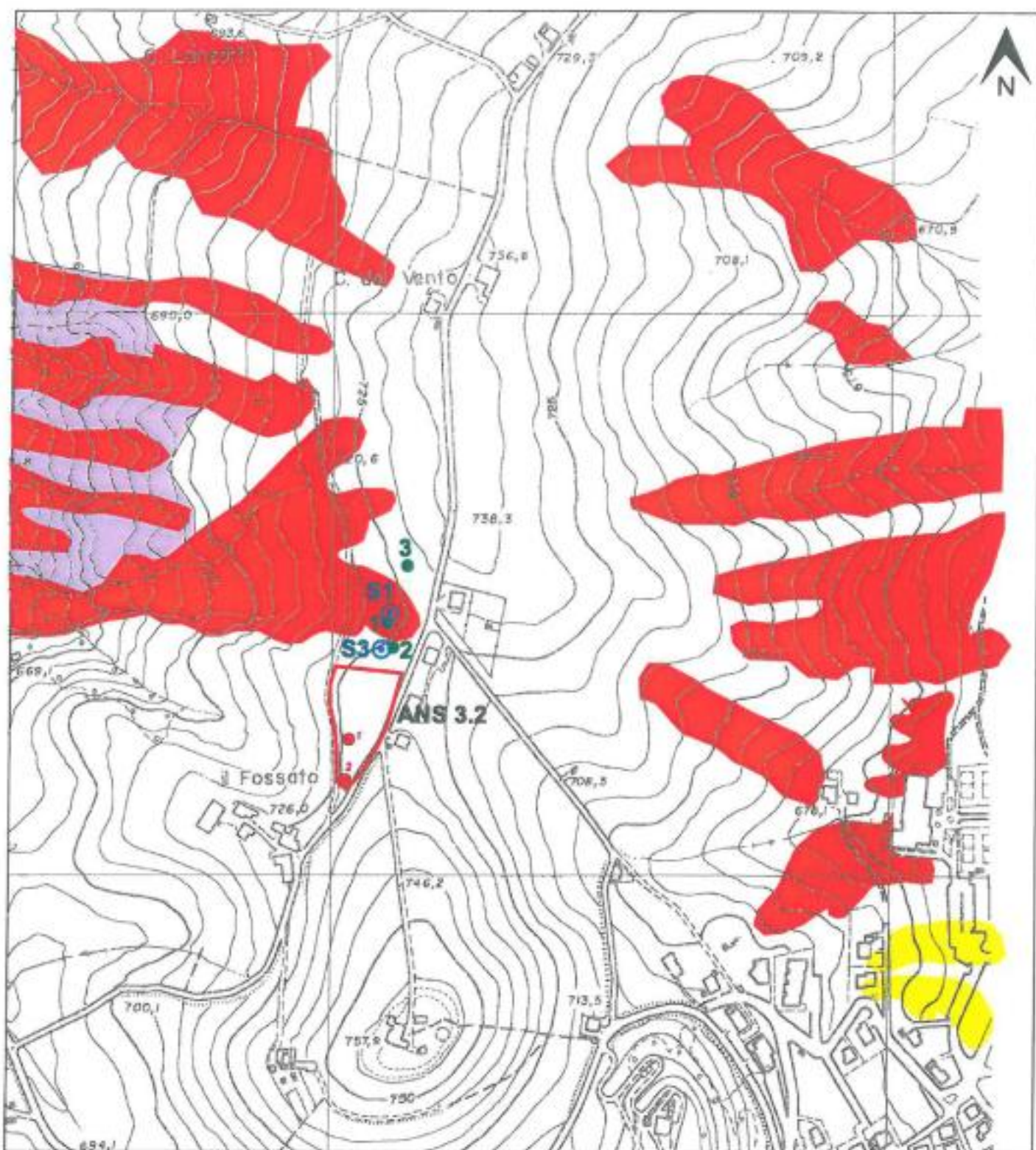
Breccie a matrice argillosa grigia o grigio-scuro, talora varicolore, con clasti decimetrici o di dimensioni maggiori di prevalenti calcilutiti biancastre tipo "palombino", calcari marnosi, marne, silti e arenarie, e inclusi da decametrici ad ettometrici di formazioni liguri o epiliguri. Depositi di colata gravitativa (*mud e debris flow*). La potenza massima varia da qualche decina ad oltre 500 m. *Chattiano? - Aquitaniano*



Perimero area in esame







Tav.4

### CARTA DEL DISSESTO DEL PSC

scala 1:5.000

#### Legenda

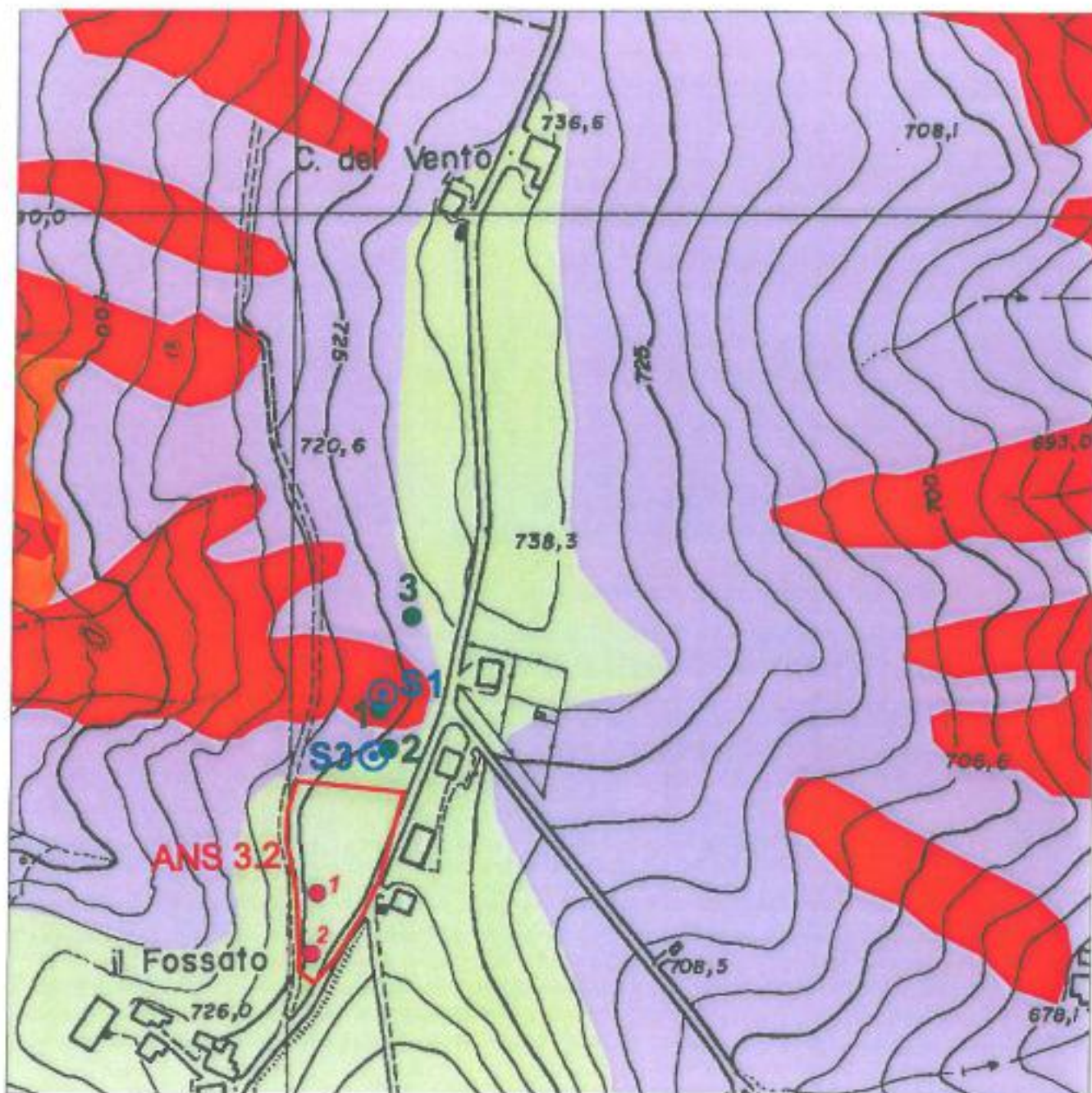
- |   |   |
|---|---|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> Aree interessate da frane attive        | <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: green; border-radius: 50%; border: 1px solid black;"></span> Prove penetrometriche DPSH - Marzo 2008 |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> Aree interessate da frane quiescenti | <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid blue; border-radius: 50%; border-style: dashed;"></span> Sondaggi a carotaggio continuo - Marzo 2008 |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: purple; border: 1px solid black;"></span> Aree dissestate                      | <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; border-radius: 50%; border: 1px solid black;"></span> Prove penetrometriche DPSH - Giugno 2009  |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px solid black;"></span> Area di interesse   |   |



**CARTA DELLA STABILITA'**  
**Scala 1:2.500**

**Legenda**

- Aree interessate da frane attive
- Aree dissestate
- Terreni predisposti al dissesto
- Terreni mediamente stabili

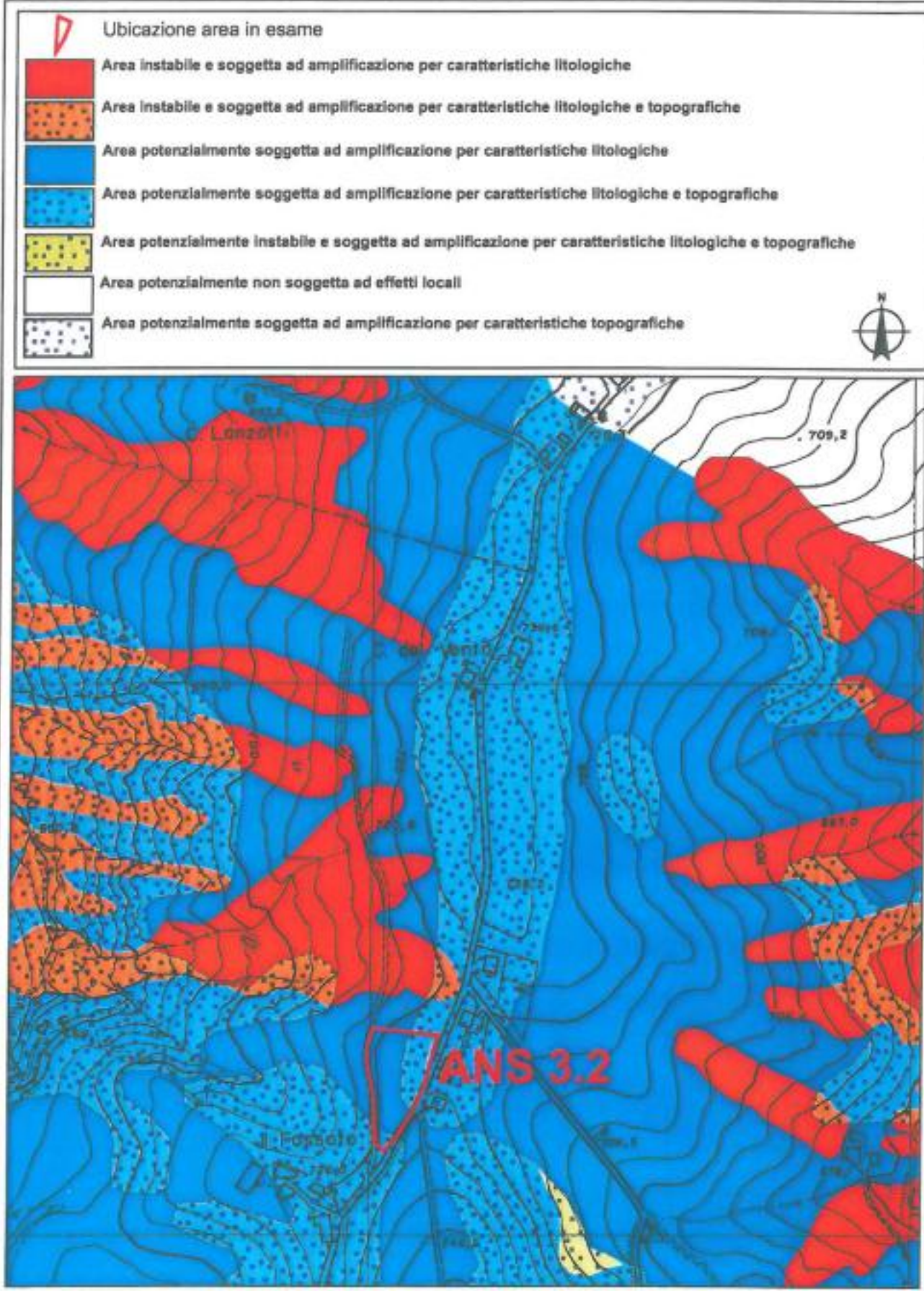




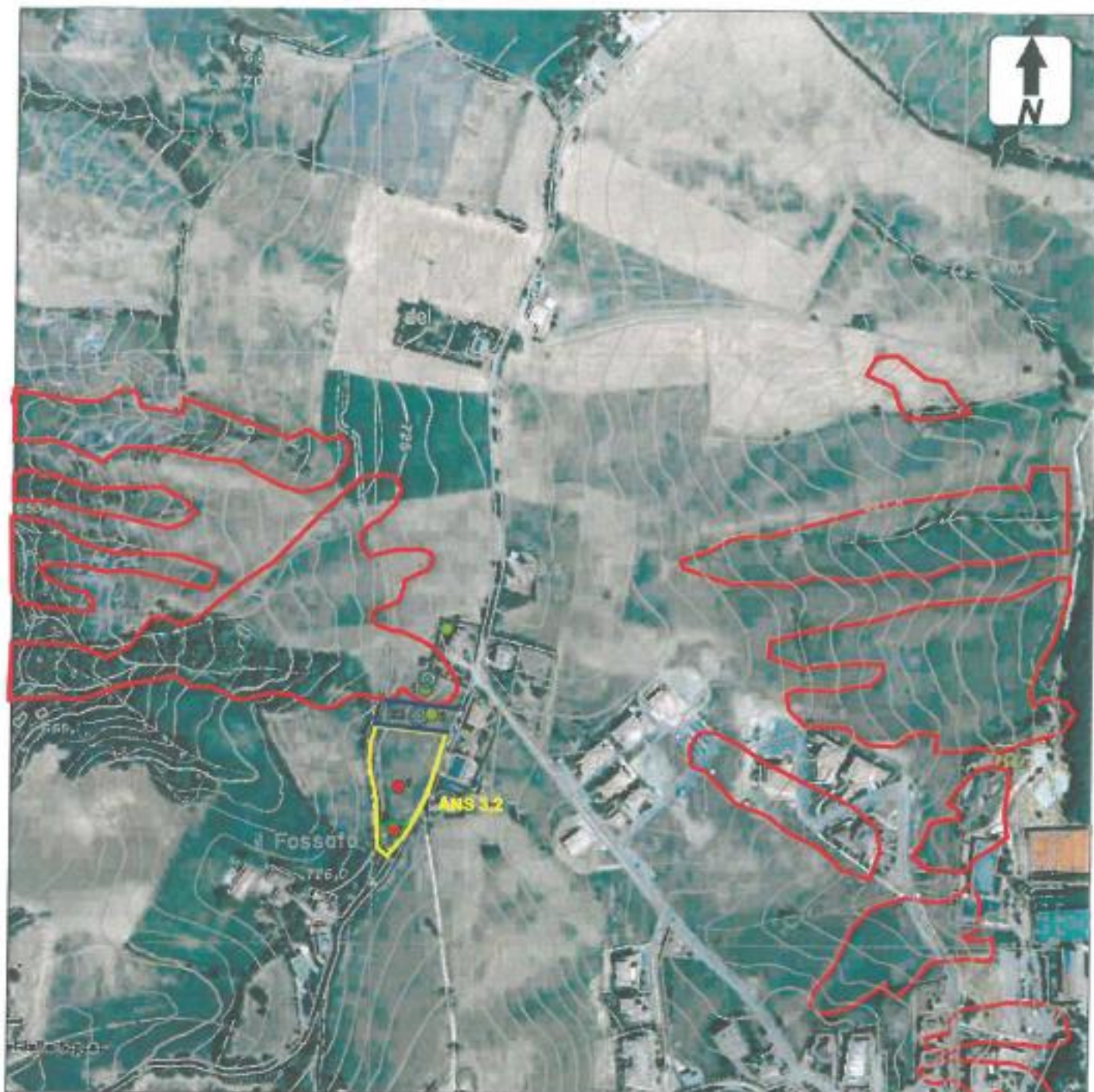
# Piano Strutturale Comunale

Estretto da "Carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali"  
Elaborato QC.B.TAV.5.6\_Coscogno

Scala 1:5.000







**TAV. 7 - Proposta di Zonizzazione ed Edificabilità**  
*scala 1:5000*

**DOTT. FABRIZIO ANDERLINI - STUDIO GEOLOGICO**

Via per Modena, 8 - 41051 - Castelnuovo Rangone (MO)  
 Tel 059/535046 - Fax 059/539166 - e-mail: fabrizio.anderlini@libero.it  
 P. IVA 00646730366 - c.f. NDR FRZ 46B23 H214L



edificabile



dotazioni territoriali, parcheggi  
 area verde pubblico o privato



fascia di interposizione  
 e sicurezza ans. 3.2



frana inedificabile



Prove penetrometriche  
 (marzo 2008)



Sondaggi geognostici



Prove penetrometriche  
 (giugno 2009)

***ALLEGATO INDAGINI GEOGNOSTICHE***





**PROVE PENETROMETRICHE SRL**  
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)  
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166  
e-mail: prove\_penetrometriche@virgilio.it  
www.provepenetrometriche.com

05/13.00

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1**

Pagina 1/6

**CERTIFICATO N. 01265**

Verbale di Accettazione n. **0415**

Committente: **Amm.ne comunale di Pavullo n/F (MO)**

Località: **Pavullo (MO), loc. Ca' del Vento**

Cantiere: **Studio terreno**

Data prova: **17/03/2008**

Data emissione certificato: **18/03/2008**

**Attrezzatura utilizzata, prove in foro effettuate, strumentazione foro**

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una Sonda Idraulica Ellettari EK200S (anno di fabbrica: 2001 - matr. n. 2301) montata su sottocarro cingolato semovente con pettini in acciaio, carreggiata pari a 1300 m e velocità di spostamento 0-2 km/h. La sonda è dotata di motore diesel VM mod. D706LT da 117 CV a 2.600 g/min, insonorizzato a 85 db. L'antenna, di lunghezza massima 4.500 mm, è caratterizzata da un tiro di 5.000 kg, spinta 3.000 kg, corsa 3.500 mm, mentre la testa idraulica di rotazione, avente n. 5 rapporti, presenta una coppia massima di 750 kgm e una velocità massima di 500 g/min. La sonda è infine dotata di n. 2 pompe idrauliche: una pompa fanghi Nova Rotors mod. MC 0080-2 ed una pompa acqua Imovilli P93.

Nel corso delle operazioni di sondaggio la sonda è stata attrezzata con un carotiere semplice T1 avente diametro  $\phi$  101 mm e si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento di diametro  $\phi$  127 mm per 1.50 m totali, in seguito alla scarsa stabilità del foro di sondaggio.

Nel corso del sondaggio sono state eseguite, dove possibile, alcuni Pocket Penetrometer Test e Vane Test sulle carote prelevate; i risultati, in kPa, sono riportati a pagina 4/6 del presente certificato.

Al termine delle operazioni di perforazione, nel foro di sondaggio è stato messo in posa, a -12.0 m, un tubo inclinometrico in alluminio da 75 mm a 4 gole. Dal p.c. a -1.0 m si è provveduto all'impermeabilizzazione del foro per mezzo di miscela cemento-bentonite, mentre nella restante parte della colonna è stato realizzato un mantello drenante utilizzando ghiaietto siliceo ben lavato di dimensioni 2-4 mm.

La sistemazione della bocca dell'inclinometro è stata effettuata con la messa in posa e cementazione di chiusino lucchettabile in acciaio e pozzetto in C.V..

**IL DIRETTORE DEL LABORATORIO**

Dott.  Gerardo Luigi Dallari

**LO SPERIMENTATORE**

Dott.  Fabrizio Vecchi



**PROVE PENETROMETRICHE SRL**  
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)  
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166  
e-mail: prove\_penetrometriche@virgilio.it  
www.provepenetrometriche.com

05/13.00

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1**

Pagina 2/6

**CERTIFICATO N. 01265**

Verbale di Accettazione n. **0415**

Committente: **Amm.ne comunale di Pavullo n/F (MO)**

Località: **Pavullo (MO), loc. Ca' del Vento**

Cantiere: **Studio terreno**

Data prova: **17/03/2008**

Data emissione certificato: **18/03/2008**

**Procedure di campionamento**

Le carote prelevate nel corso del sondaggio (campioni tipo Q1) sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pagg. 5/6 e 6/6).

Durante il sondaggio non sono stati prelevati campioni indisturbati o a disturbo limitato.

**Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni**

Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.

**Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate**

Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento:

- AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".

**Annotazioni, anomalie riscontrate e/o incertezze nelle misure**

Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure e nella perforazione

**IL DIRETTORE DEL LABORATORIO**

Dott. Geol.  Pier Luigi Dallari

**LO SPERIMENTATORE**

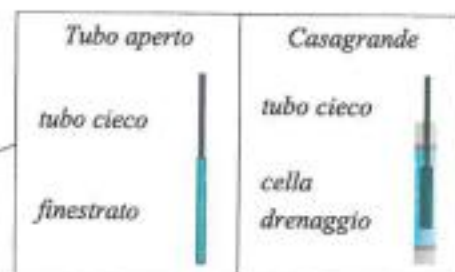
Dott.  Fabrizio Vecchi

Committente: Amm.ne Comunale di Pavullo nel Frignano		Certificato n°: 01265 Pagina 3/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)		Verbale di accettazione n°: 0415
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Pier Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Fabrizio Vecchi	Data esecuzione: 17/03/2008
		Data emissione: 18/03/2008
		Sondaggio: 1

## LEGENDA STRATIGRAFIA

# mm	metri lat.	R v	P <sub>z</sub>	A r	LITOLOGIA	prof. m	spes. m	DESCRIZIONE	RP	VT	DATI TECNICI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 3) Rivestimento
- 4) Piezometri
- 5) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Profondità della base dello strato (m)
- 8) Spessore dello strato (m)
- 9) Descrizione della litologia dello strato
- 10) Resistenza alla punta (kPa)
- 11) Vane test (kPa)
- 12) Dati tecnici





Committente: Amm.ne Comunale di Pavullo nel Frignano	Certificato n°: 01265 Pagina 4/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)	Verbale di accettazione n°: 0415
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Fabrizio Vecchi
	Data esecuzione: 17/03/2008
	Data emissione: 18/03/2008
Sondaggio: 1	

α mm	metri lati	R V	Pz	A F	LITOLOGIA	prof. m	Spes. m	DESCRIZIONE	RP	VT	DATI TECNICI
						0,8	0,6			245	Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda idraulica Elettar EK200S, attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm.
101	1							Argille nocciola o rossastre tra 1,0 e 2,0 m, alterate, asciutte, da mediamente consistenti a consistenti, con locale presenza di clasti carbonatici e sostanza organica		245	Diametro rivestimento: 127 mm per 1,5 m totali
	2									196	inserto a -12,0 m tubo inclinometrico in alluminio da 75 mm a 4 gole, cementato dal p.c. a -1,0 m; da -1,0 a -12,0 rivestito con ghiaietto siliceo 2-4 mm per utilizzo anche da piezometro.
	3					2,8	2,3	Argille limose, nocciola, alterate, mediamente consistenti, asciutte, con sostanza organica nerasta		245	Sperimentatore: Dott. Vecchi Fabrizio
	4					4,0	1,1			294	Aiuto-Sperimentatore: Sig. Francesco Tuosto Dott. Davide Gualdi
	5					4,3	0,3	Argille limose, grigio-nocciola, da mediamente consistenti a consistenti, con livello saturo da 4,0 a 4,3 m, con abbondanti clasti carbonatici biancastri		294	Elaborazione grafica della stratigrafia: Dott. Gianni Lorici
	6					4,8	0,6	Argille limose, grigio-nocciola, da mediamente consistenti a consistenti, asciutte, con abbondanti clasti carbonatici biancastri		>500	
	7					5,1	0,2	Silti argilloso-limose, nocciola-grigie, poco consistenti, sature, con abbondanti clasti carbonatici biancastri		88 275	49
	8							Silti mediamente cementate, nocciola-chiaro, asciutte		>500	100
	9									>500	100
	10					6,5	1,4	Silti localmente argillose, grigie, consistenti, asciutte			
	11										
	12					12,0	5,5				

Committente: Amm.ne Comunale di Pavullo nel Frignano		Certificato n°: 01265 Pagina 5/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)		Verbale di accettazione n°: 0415
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Piero Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Fabrizio Vecchi	Data esecuzione: 17/03/2008
		Data emissione: 18/03/2008
		Sondaggio: 1



Da p.c. a -5.0 m



da -5.0 a -10.0 m da p.c.



Committente: Amm.ne Comunale di Pavullo nel Frignano		Certificato n°: 01265 Pagina 6/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)		Verbale di accettazione n°: 0415
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Prof. Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Fabrizio Vecchi	Data esecuzione: 17/03/2008
		Data emissione: 18/03/2008
		Sondaggio: 1



Da 10.0 a 12.0 m da p.c.





**PROVE PENETROMETRICHE SRL**  
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)  
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166  
e-mail: prove\_penetrometriche@virgilio.it  
www.provepenetrometriche.com

05/13.00

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 3**

Pagina 1/6

**CERTIFICATO N. 01418**

Verbale di Accettazione n. **0456**

Committente: **Sig. Soci Luciano**

Località: **Pavullo (MO), loc. Ca' del Vento**

Cantiere: **Studio terreno**

Data prova: **29/08/2008**

Data emissione certificato: **02/09/2008**

**Attrezzatura utilizzata, prove in foro effettuate, strumentazione foro**

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una Sonda Idraulica Ellettari EK200S (anno di fabbrica: 2001 - matr. n. 2301) montata su sottocarro cingolato semovente con pattini in acciaio, carreggiata pari a 1300 m e velocità di spostamento 0-2 km/h. La sonda è dotata di motore diesel VM mod. D706LT da 117 CV a 2.600 g/min, insonorizzato a 85 db. L'antenna, di lunghezza massima 4.500 mm, è caratterizzata da un tiro di 5.000 kg, spinta 3.000 kg, corsa 3.500 mm, mentre la testa idraulica di rotazione, avente n. 5 rapporti, presenta una coppia massima di 750 kgm e una velocità massima di 500 g/min. La sonda è infine dotata di n. 2 pompe idrauliche: una pompa fanghi Nova Rotors mod. MC 0080-2 ed una pompa acqua Imovilli P93.

Nel corso delle operazioni di sondaggio la sonda è stata attrezzata con un carotiere semplice T1 avente diametro  $\phi$  101 mm e si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento di diametro  $\phi$  127 mm per 15.0 m totali, in seguito alla scarsa stabilità del foro di sondaggio.

Nel corso del sondaggio sono state eseguite, dove possibile, alcuni Pocket Penetrometer Test e Vane Test sulle carote prelevate; i risultati, in kPa, sono riportati a pagina 4 del presente certificato.

Al termine delle operazioni di perforazione, nel foro di sondaggio è stato messo in posa, a -15.0 m, un tubo inclinometrico in alluminio da 75 mm a 4 gole..

La sistemazione della bocca dell'inclinometro è stata effettuata con la messa in posa e cementazione di chiusino lucchettabile in acciaio e pozzetto in C.V.

**IL DIRETTORE DEL LABORATORIO**

Dott. Geol.  Pier Luigi Dallari

**LO SPERIMENTATORE**

 Dott. Emilio Guerzoni



**PROVE PENETROMETRICHE SRL**  
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuovo R. (MO)  
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166  
e-mail: prove\_penetrometriche@virgilio.it  
www.provepenetrometriche.com

05/13.00

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 3**

Pagina 2/6

**CERTIFICATO N. 01418**

Verbale di Accettazione n. **0456**

Committente: **Sig. Soci Luciano**

Località: **Pavullo (MO), loc. Ca' del Vento**

Cantiere: **Studio terreno**

Data prova: **29/08/2008**

Data emissione certificato: **02/09/2008**

**Procedure di campionamento**

Le carote prelevate nel corso del sondaggio (campioni tipo Q1) sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pagg. 5 e 6).

Durante il sondaggio non sono stati prelevati campioni indisturbati o a disturbo limitato.

**Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni**

Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.

**Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate**

Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento:

- AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".

**Annotazioni, anomalie riscontrate e/o incertezze nelle misure**

Non si sono riscontrate anomalie e/o incertezze nelle misure e nella perforazione

**IL DIRETTORE DEL LABORATORIO**

Dott. Geo. Pier Luigi Dallari

**LO SPERIMENTATORE**

Dott. Emilio Guerzoni



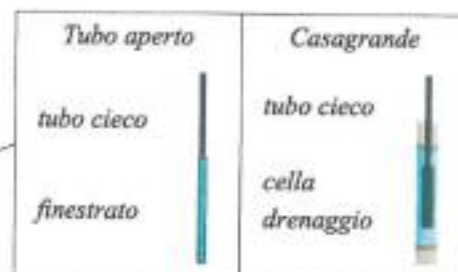


Committente: Sig. Soci Luciano		Certificato n°: 01418 Pagina 3/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)		Verbale di accettazione n°: 0456
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. Pier Luigi Dallari	Lo sperimentatore Dott. Emilio Guerzoni	Data esecuzione: 29/08/2008
		Data emissione: 02/09/2008
		Sondaggio: 3

## LEGENDA STRATIGRAFIA

#	metri mm	R v	P <sub>2</sub>	A r, s	LITOLOGIA	prof m	Spes. m	DESCRIZIONE	RP	VT	DATI TECNICI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 3) Rivestimento
- 4) Piezometri
- 5) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Profondità della base dello strato (m)
- 8) Spessore dello strato (m)
- 9) Descrizione della litologia dello strato
- 10) Resistenza alla punta (kPa)
- 11) Vane test (kPa)
- 12) Dati tecnici



Committente: Sig. Soci Luciano	Certificato n°: 01418 Pagina 4/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)	Verbale di accettazione n°: 0456
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. <i>Luigi Dallari</i>	Data esecuzione: 29/08/2008
	Data emissione: 02/09/2008
	Sondaggio: 3

# metri	R v	Pz	A r	LITOLOGIA	prof. m	Spes. m	DESCRIZIONE	RP	VT	DATI TECNICI
101	1						Terreno superficiale alterato, nocciola, con abbondante presenza di sostanza organica (radici e frustoli)			Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Idraulica Elettrica EK200S, attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm.  Diametro rivestimento: 127 mm per 15.0 m totali  inserito a -15,0 m tubo inclinometrico in alluminio da 75 mm a 4 gole.  Sperimentatore: Dott. Marco Rolì  Aiuto-Sperimentatore: Sig. Francesco Tuoto  Elaborazione grafica della stratigrafia: Dott.ssa Annunziata Castronuovo
	2				1.2	1.2	Limi sabbiosi nocciola - rossastri, consistenti, asciutti, con locale presenza di clasti carbonatici e sostanza organica			
	3				3.5	2.3	Limi sabbiosi nocciola - rossastri, poco consistenti, umidi, con locale presenza di clasti carbonatici e sostanza organica.	696	>300	
	4				4.3	0.8	Limi sabbiosi nocciola - rossastri, consistenti, asciutti, con locale presenza di clasti carbonatici e sostanza organica	441	196	
	5				6.3	2.0	Argille limose, debolmente sabbiose, nocciola, con variegature grigio chiaro, consistenti, con clasti carbonatici	441	147	
	6				7.4	1.1	Siltite grigia, consistente, umida, con sostanza organica; presenza di un livello nocciola con inclusi calcarenitici da 8.30 a 8.60 m.	228	78	
	7				8.5	2.1	Silti localmente argilose grigie, consistenti, asciutte, con striature nerastre.	265	78	
	8							308	88	
	9							512	245	
	10							324	108	
	11							373	118	
	12							353	127	
	13							>600	>300	
	14							353	118	
	15				15.0	0.5		>600	>300	
								>600	294	
								402	147	
								>800	255	
								510	195	
								>600	196	
								461	196	
								471	245	





Committente: Sig. Soci Luciano	Certificato n°: 01418 Pagina 5/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)	Verbale di accettazione n°: 0456
Il direttore del Laboratorio Dott. Geol. <i>[Signature]</i> Luigi Dallari	Data esecuzione: 29/08/2008
Lo sperimentatore Dott. <i>[Signature]</i> Emilio Garzoni	Data emissione: 02/09/2008
	Sondaggio: 3



Da p.c. a -5.0 m



da -5.0 a -10.0 m dap.c.

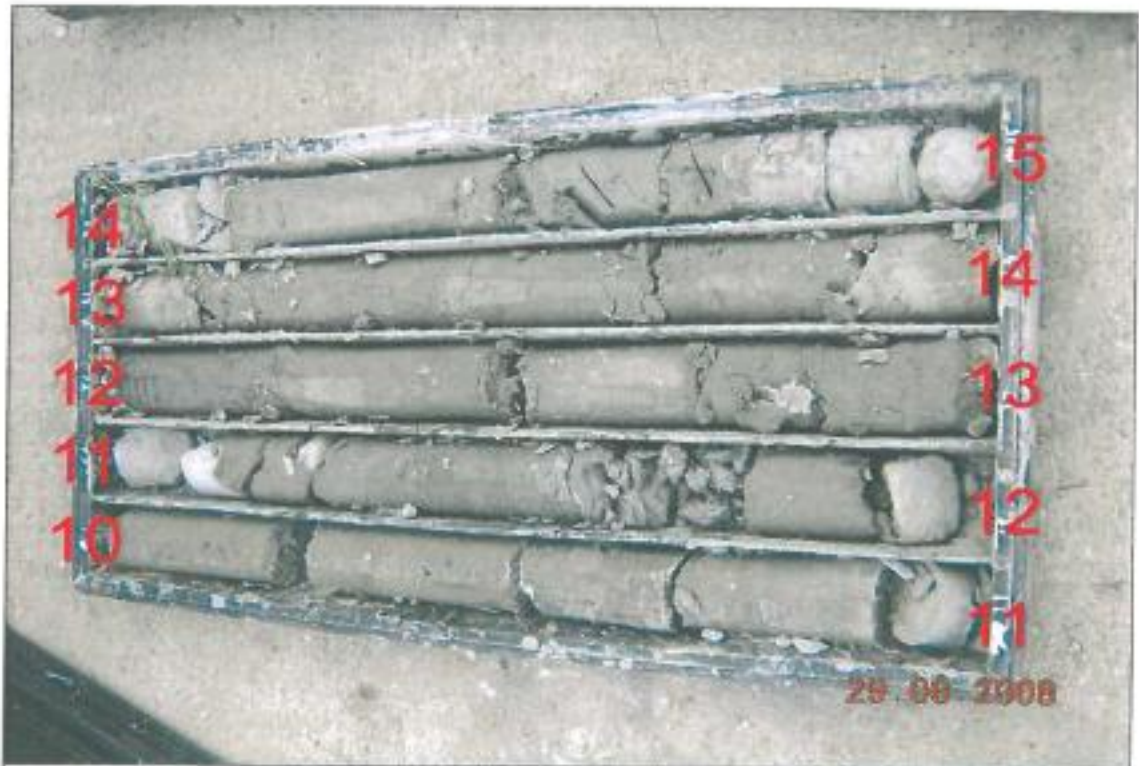


PENETROMETRICHE

41051 Castelnuovo Rangone (MO) AZIENDA CON SISTEMA QUALITÀ  
Via per Modena, 8 CERTIFICATO DA DNV  
Tel. 059-835546 / Fax 059-835185 - UNI EN ISO 9001:2000

## STRATIGRAFIA - 3

Committente: Sig. Soci Luciano		Certificato n°: 01418 Pagina 6/6
Località: Cà del Vento - Pavullo nel Frignano (MO)		Verbale di accettazione n°: 0456
Il direttore del laboratorio Dott. Geol. <i>Luigi Dallari</i>	Lo sperimentatore Dott. <i>Enrico Guerzoni</i>	Data esecuzione: 29/08/2008
		Data emissione: 02/09/2008
		Sondaggio: 3



da -10.0 a -15.0 m da p.c.

## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH (S. Heavy)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

### CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)

MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
MASSA SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 0,0020 m <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
MASSA ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1° ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO

RENDIMENTO SPECIFICO x COLPOQ	$= (MH)/(A\delta) = 1,17$ MPa	( prova SPT : Qspt = 0,77 MPa )
COEFF. TEORICO RENDIMENTO	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$	( teoricamente : Nspt = $\beta_t N$ )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = massa battente (altezza caduta H)  
P = massa totale aste e sistema battuta

#### UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm <sup>2</sup> = 0.098067 MPa $\approx$ 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m <sup>2</sup> = 10.197 kg/cm <sup>2</sup>
1 bar = 1.0197 kg/cm <sup>2</sup> = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg





## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Amm.ne Comunale di Pavullo n/F  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Giuseppe Colucci

- data prova : 14/03/2008  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 17/03/2008  
- pagina n°: 1/2

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	2	1,5	1	5,00 - 5,20	7	3,7	6
0,20 - 0,40	2	1,5	1	5,20 - 5,40	8	4,2	6
0,40 - 0,60	2	1,5	1	5,40 - 5,60	10	5,2	6
0,60 - 0,80	1	0,7	1	5,60 - 5,80	9	4,7	6
0,80 - 1,00	2	1,4	2	5,80 - 6,00	9	4,5	7
1,00 - 1,20	2	1,4	2	6,00 - 6,20	9	4,5	7
1,20 - 1,40	2	1,4	2	6,20 - 6,40	10	5,0	7
1,40 - 1,60	2	1,4	2	6,40 - 6,60	14	6,9	7
1,60 - 1,80	1	0,7	2	6,60 - 6,80	14	6,9	7
1,80 - 2,00	2	1,3	3	6,80 - 7,00	13	6,1	8
2,00 - 2,20	3	1,9	3	7,00 - 7,20	17	8,0	8
2,20 - 2,40	3	1,9	3	7,20 - 7,40	12	5,6	8
2,40 - 2,60	2	1,3	3	7,40 - 7,60	9	4,2	8
2,60 - 2,80	4	2,5	3	7,60 - 7,80	8	3,8	8
2,80 - 3,00	2	1,2	4	7,80 - 8,00	10	4,5	9
3,00 - 3,20	3	1,8	4	8,00 - 8,20	13	5,8	9
3,20 - 3,40	3	1,8	4	8,20 - 8,40	14	6,3	9
3,40 - 3,60	3	1,8	4	8,40 - 8,60	14	6,3	9
3,60 - 3,80	3	1,8	4	8,60 - 8,80	12	5,4	9
3,80 - 4,00	4	2,2	5	8,80 - 9,00	22	9,4	10
4,00 - 4,20	5	2,8	5	9,00 - 9,20	27	11,5	10
4,20 - 4,40	6	3,3	5	9,20 - 9,40	18	7,7	10
4,40 - 4,60	6	3,3	5	9,40 - 9,60	18	7,7	10
4,60 - 4,80	7	3,9	5	9,60 - 9,80	20	8,5	10
4,80 - 5,00	7	3,7	6	9,80 - 10,00	28	11,4	11

PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : DPSH (S. Heavy)

- M (massa battente)= 63,50 kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 0,0020 m<sup>2</sup> - D(diam. punta)= 50,50 mm

- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : NO

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 100

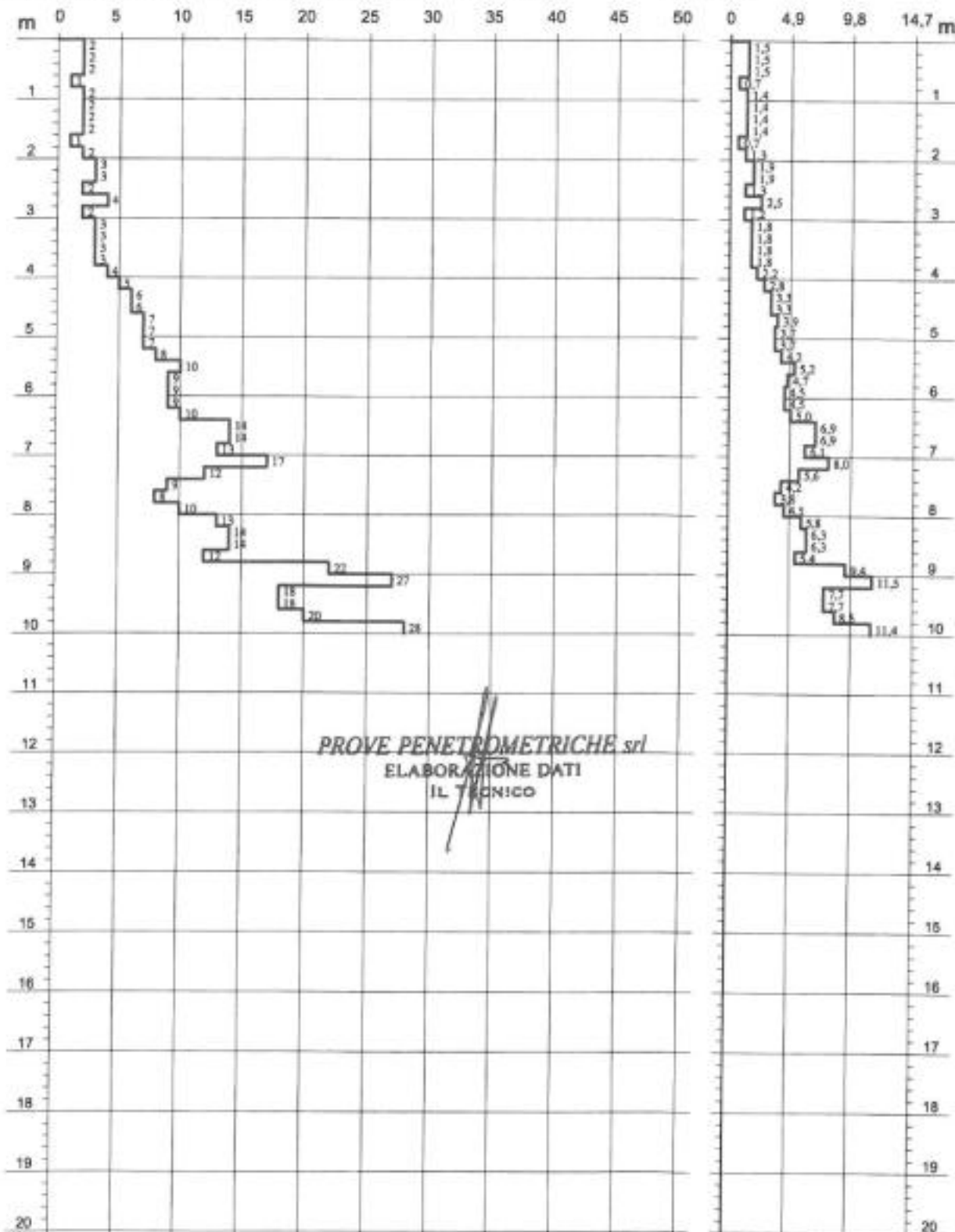
- committente : Amm.ne Comunale di Pavullo n/F
- lavoro : Piano Strutturale Comunale
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)
- sperimentatore : Dott. Giuseppe Colucci

- data prova : 14/03/2008
- quota inizio : Piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 17/03/2008
- pagina n°: 2/2

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)







## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- |                    |                                   |                  |                        |
|--------------------|-----------------------------------|------------------|------------------------|
| - committente :    | Amm.ne Comunale di Pavullo n/F    | - data prova :   | 14/03/2008             |
| - lavoro :         | Piano Strutturale Comunale        | - quota inizio : | Piano campagna         |
| - località :       | Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO) | - prof. falda :  | 2,15 m da quota inizio |
| - sperimentatore : | Dott. Giuseppe Colucci            | - data emiss. :  | 17/03/2008             |
|                    |                                   | - pagina n°:     | 1/2                    |
- note : Inserito piezometro in PVC da 20 mm a -4,2 m

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	1	0,7	1	4,00 - 4,20	7	3,9	5
0,20 - 0,40	1	0,7	1	4,20 - 4,40	7	3,9	5
0,40 - 0,60	2	1,5	1	4,40 - 4,60	8	4,4	5
0,60 - 0,80	2	1,5	1	4,60 - 4,80	5	2,8	5
0,80 - 1,00	2	1,4	2	4,80 - 5,00	5	2,6	6
1,00 - 1,20	3	2,0	2	5,00 - 5,20	6	3,1	6
1,20 - 1,40	2	1,4	2	5,20 - 5,40	7	3,7	6
1,40 - 1,60	3	2,0	2	5,40 - 5,60	7	3,7	6
1,60 - 1,80	3	2,0	2	5,60 - 5,80	9	4,7	6
1,80 - 2,00	3	1,9	3	5,80 - 6,00	8	4,0	7
2,00 - 2,20	3	1,9	3	6,00 - 6,20	9	4,5	7
2,20 - 2,40	2	1,3	3	6,20 - 6,40	11	5,5	7
2,40 - 2,60	2	1,3	3	6,40 - 6,60	9	4,5	7
2,60 - 2,80	3	1,9	3	6,60 - 6,80	18	8,9	7
2,80 - 3,00	4	2,4	4	6,80 - 7,00	15	7,1	8
3,00 - 3,20	2	1,2	4	7,00 - 7,20	21	9,9	8
3,20 - 3,40	4	2,4	4	7,20 - 7,40	33	15,5	8
3,40 - 3,60	3	1,8	4	7,40 - 7,60	28	13,2	8
3,60 - 3,80	7	4,1	4	7,60 - 7,80	31	14,6	8
3,80 - 4,00	5	2,8	5	7,80 - 8,00	30	13,4	9

**PROVE PENETROMETRICHE srl**  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**  
 - M (massa battente)= 63,50 kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 0,0020 m<sup>2</sup> - D(diam. punta)= 50,50 mm  
 - Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta$  = 20 cm ] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

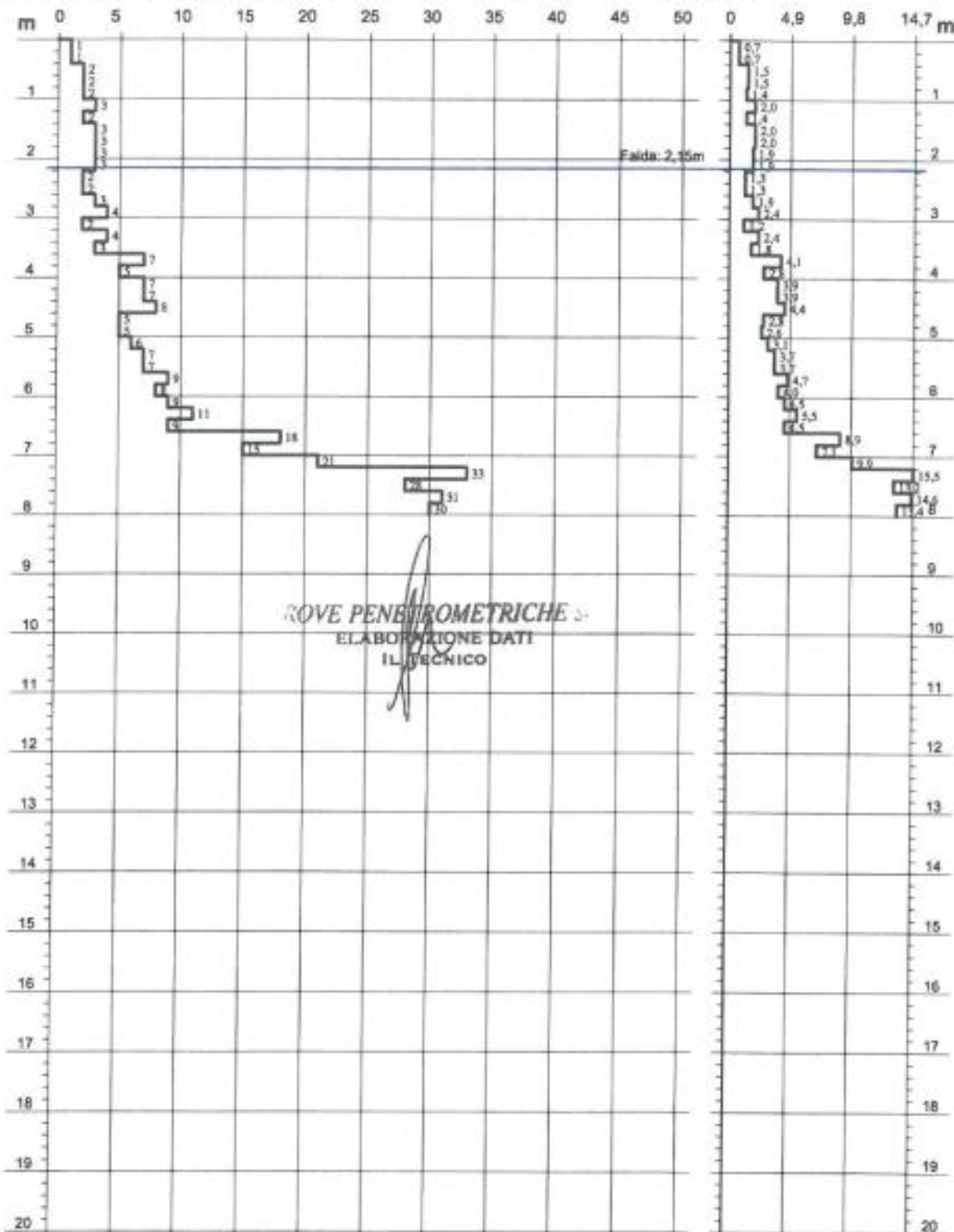
Scala 1: 100

- |                    |                                   |                  |                        |
|--------------------|-----------------------------------|------------------|------------------------|
| - committente :    | Amm.ne Comunale di Pavullo n/F    | - data prova :   | 14/03/2008             |
| - lavoro :         | Piano Strutturale Comunale        | - quota inizio : | Piano campagna         |
| - località :       | Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO) | - prof. falda :  | 2,15 m da quota inizio |
| - sperimentatore : | Dott. Giuseppe Colucci            | - data emiss. :  | 17/03/2008             |
|                    |                                   | - pagina n°:     | 2/2                    |

- note : Inserito piezometro in PVC da 20 mm a -4,2 m

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE S.p.A.  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- |                    |                                   |                  |                    |
|--------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------|
| - committente :    | Amm.ne Comunale di Pavullo n/F    | - data prova :   | 14/03/2008         |
| - lavoro :         | Piano Strutturale Comunale        | - quota inizio : | Piano campagna     |
| - località :       | Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO) | - prof. falda :  | Falda non rilevata |
| - sperimentatore : | Dott. Giuseppe Colucci            | - data emiss. :  | 17/03/2008         |
|                    |                                   | - pagina n°:     | 1/2                |
- note : Inserito piezometro in PVC da 20 mm a -9,2 m

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	1	0,7	1	5,00 - 5,20	4	2,1	6
0,20 - 0,40	2	1,5	1	5,20 - 5,40	3	1,6	6
0,40 - 0,60	2	1,5	1	5,40 - 5,60	3	1,6	6
0,60 - 0,80	2	1,5	1	5,60 - 5,80	3	1,6	6
0,80 - 1,00	3	2,0	2	5,80 - 6,00	5	2,5	7
1,00 - 1,20	2	1,4	2	6,00 - 6,20	5	2,5	7
1,20 - 1,40	3	2,0	2	6,20 - 6,40	5	2,5	7
1,40 - 1,60	5	3,4	2	6,40 - 6,60	10	5,0	7
1,60 - 1,80	5	3,4	2	6,60 - 6,80	25	12,4	7
1,80 - 2,00	3	1,9	3	6,80 - 7,00	17	8,0	8
2,00 - 2,20	3	1,9	3	7,00 - 7,20	6	2,8	8
2,20 - 2,40	5	3,2	3	7,20 - 7,40	6	2,8	8
2,40 - 2,60	4	2,5	3	7,40 - 7,60	6	2,8	8
2,60 - 2,80	5	3,2	3	7,60 - 7,80	9	4,2	8
2,80 - 3,00	8	4,7	4	7,80 - 8,00	12	5,4	9
3,00 - 3,20	6	3,5	4	8,00 - 8,20	12	5,4	9
3,20 - 3,40	7	4,1	4	8,20 - 8,40	16	7,2	9
3,40 - 3,60	7	4,1	4	8,40 - 8,60	25	11,2	9
3,60 - 3,80	8	4,7	4	8,60 - 8,80	17	7,6	9
3,80 - 4,00	9	5,0	5	8,80 - 9,00	16	6,8	10
4,00 - 4,20	8	4,4	5	9,00 - 9,20	16	6,8	10
4,20 - 4,40	6	3,3	5	9,20 - 9,40	18	7,7	10
4,40 - 4,60	6	3,3	5	9,40 - 9,60	19	8,1	10
4,60 - 4,80	8	4,4	5	9,60 - 9,80	21	9,0	10
4,80 - 5,00	8	4,2	6	9,80 - 10,00	17	6,9	11

PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : DPSH (S. Heavy)  
- M (massa battente)= 63,50 kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 0,0020 m<sup>2</sup> - D(diam. punta)= 50,50 mm  
- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : NO

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

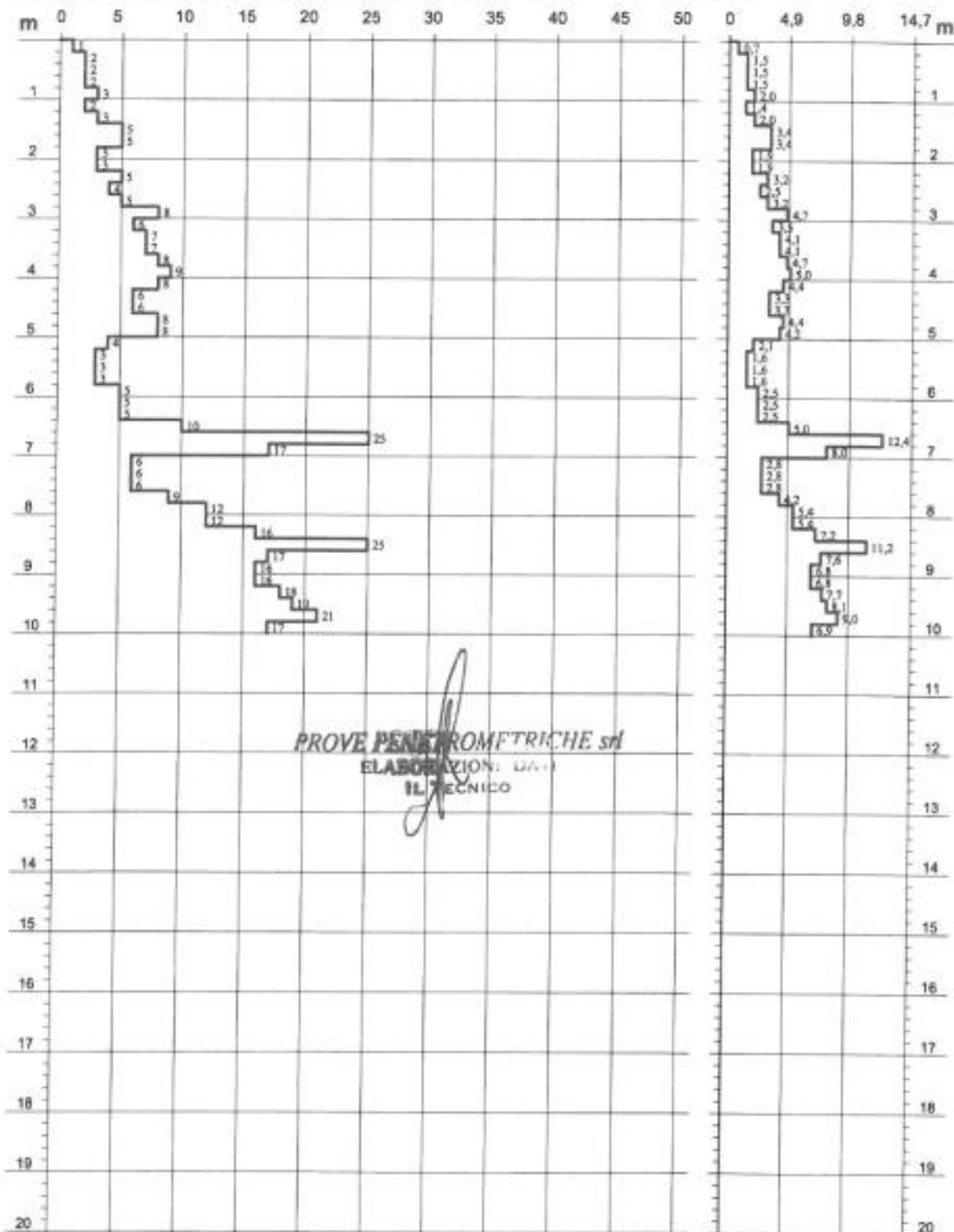
Scala 1: 100

- |                    |                                   |                  |                    |
|--------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------|
| - committente :    | Amm.ne Comunale di Pavullo n/F    | - data prova :   | 14/03/2008         |
| - lavoro :         | Piano Strutturale Comunale        | - quota inizio : | Piano campagna     |
| - località :       | Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO) | - prof. falda :  | Falda non rilevata |
| - sperimentatore : | Dott. Giuseppe Colucci            | - data emiss. :  | 17/03/2008         |
|                    |                                   | - pagina n°:     | 2/2                |

- note : Inserito piezometro in PVC da 20 mm a -9,2 m

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONI DA:  
IL TECNICO



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Sig. Soci  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Francesco Dettori

- data prova : 30/06/2009  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 06/07/2009  
- pagina n°: 1/2

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	4	2,9	1	2,80 - 3,00	3	1,8	4
0,20 - 0,40	7	5,1	1	3,00 - 3,20	2	1,2	4
0,40 - 0,60	8	5,8	1	3,20 - 3,40	5	3,0	4
0,60 - 0,80	8	5,8	1	3,40 - 3,60	10	5,9	4
0,80 - 1,00	8	5,4	2	3,60 - 3,80	14	8,3	4
1,00 - 1,20	10	6,8	2	3,80 - 4,00	20	11,1	5
1,20 - 1,40	9	6,1	2	4,00 - 4,20	20	11,1	5
1,40 - 1,60	7	4,7	2	4,20 - 4,40	18	10,0	5
1,60 - 1,80	4	2,7	2	4,40 - 4,60	16	8,9	5
1,80 - 2,00	5	3,2	3	4,60 - 4,80	16	8,9	5
2,00 - 2,20	5	3,2	3	4,80 - 5,00	17	8,9	6
2,20 - 2,40	4	2,5	3	5,00 - 5,20	36	18,9	6
2,40 - 2,60	4	2,5	3	5,20 - 5,40	70	36,7	6
2,60 - 2,80	3	1,9	3				

PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : DPSH (S. Heavy)  
- M (massa battente)= 63,50 kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 0,0020 m<sup>2</sup> - D(diam. punta)= 50,50 mm  
- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : NO



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

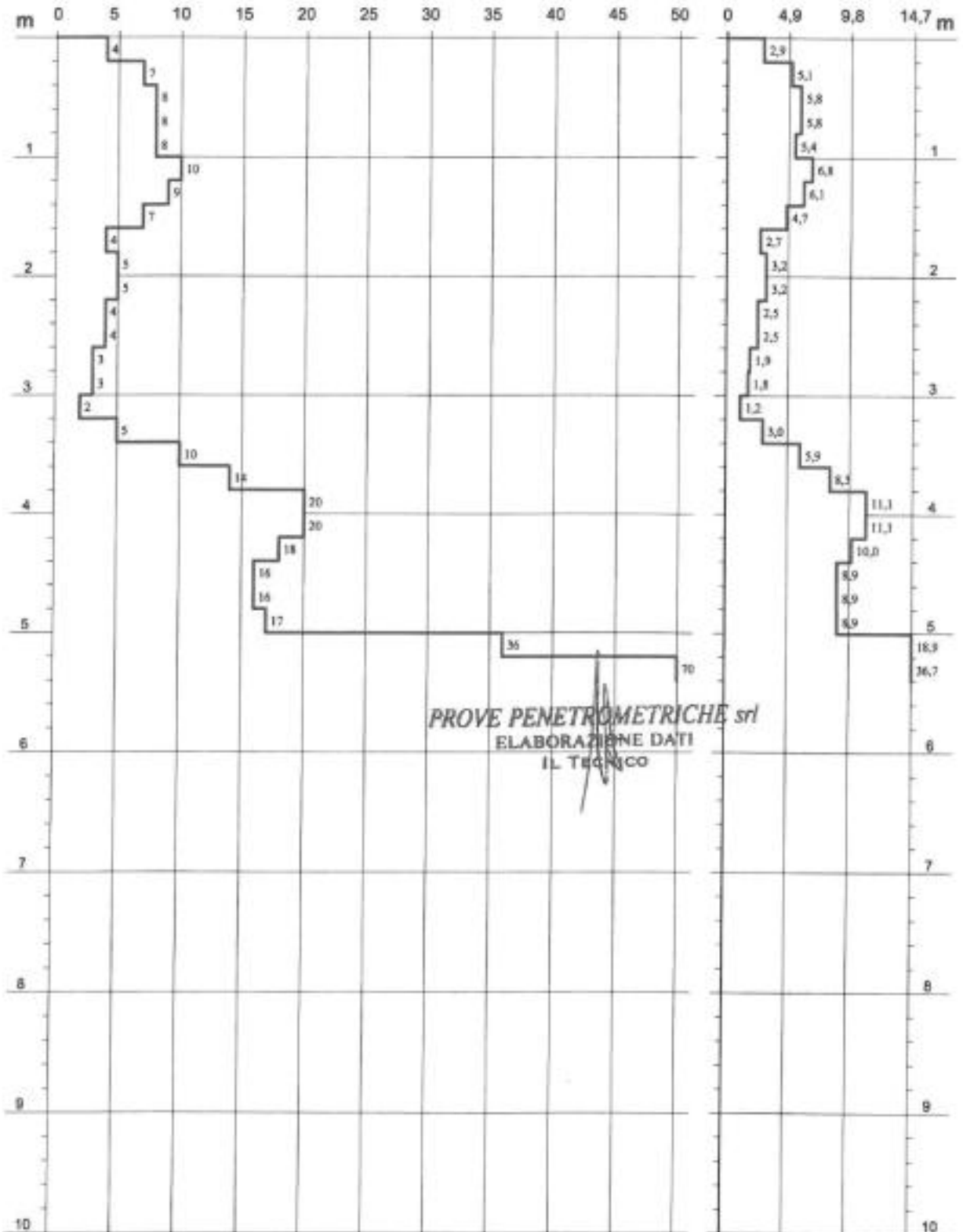
- committente : Sig. Soci  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Francesco Dettori

- data prova : 30/06/2009  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 06/07/2009  
- pagina n°: 2/2

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Sig. Soci  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Francesco Dettori

- data prova : 30/06/2009  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 06/07/2009  
- pagina n°: 1/2

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	4	2,9	1	2,80 - 3,00	8	4,7	4
0,20 - 0,40	4	2,9	1	3,00 - 3,20	7	4,1	4
0,40 - 0,60	4	2,9	1	3,20 - 3,40	7	4,1	4
0,60 - 0,80	4	2,9	1	3,40 - 3,60	8	4,7	4
0,80 - 1,00	3	2,0	2	3,60 - 3,80	10	5,9	4
1,00 - 1,20	3	2,0	2	3,80 - 4,00	8	4,4	5
1,20 - 1,40	3	2,0	2	4,00 - 4,20	6	3,3	5
1,40 - 1,60	3	2,0	2	4,20 - 4,40	8	4,4	5
1,60 - 1,80	4	2,7	2	4,40 - 4,60	9	5,0	5
1,80 - 2,00	2	1,3	3	4,60 - 4,80	9	5,0	5
2,00 - 2,20	3	1,9	3	4,80 - 5,00	14	7,3	6
2,20 - 2,40	6	3,8	3	5,00 - 5,20	19	9,9	6
2,40 - 2,60	6	3,8	3	5,20 - 5,40	29	15,2	6
2,60 - 2,80	7	4,4	3	5,40 - 5,60	70	36,7	6

*PROVE PENETROMETRICHE srl*  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : DPSH (S. Heavy)

- M (massa battente)= 63,50 kg - H (altezza caduta)= 0,75 m - A (area punta)= 0,0020 m<sup>2</sup> - D(diam. punta)= 50,50 mm

- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : NO

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

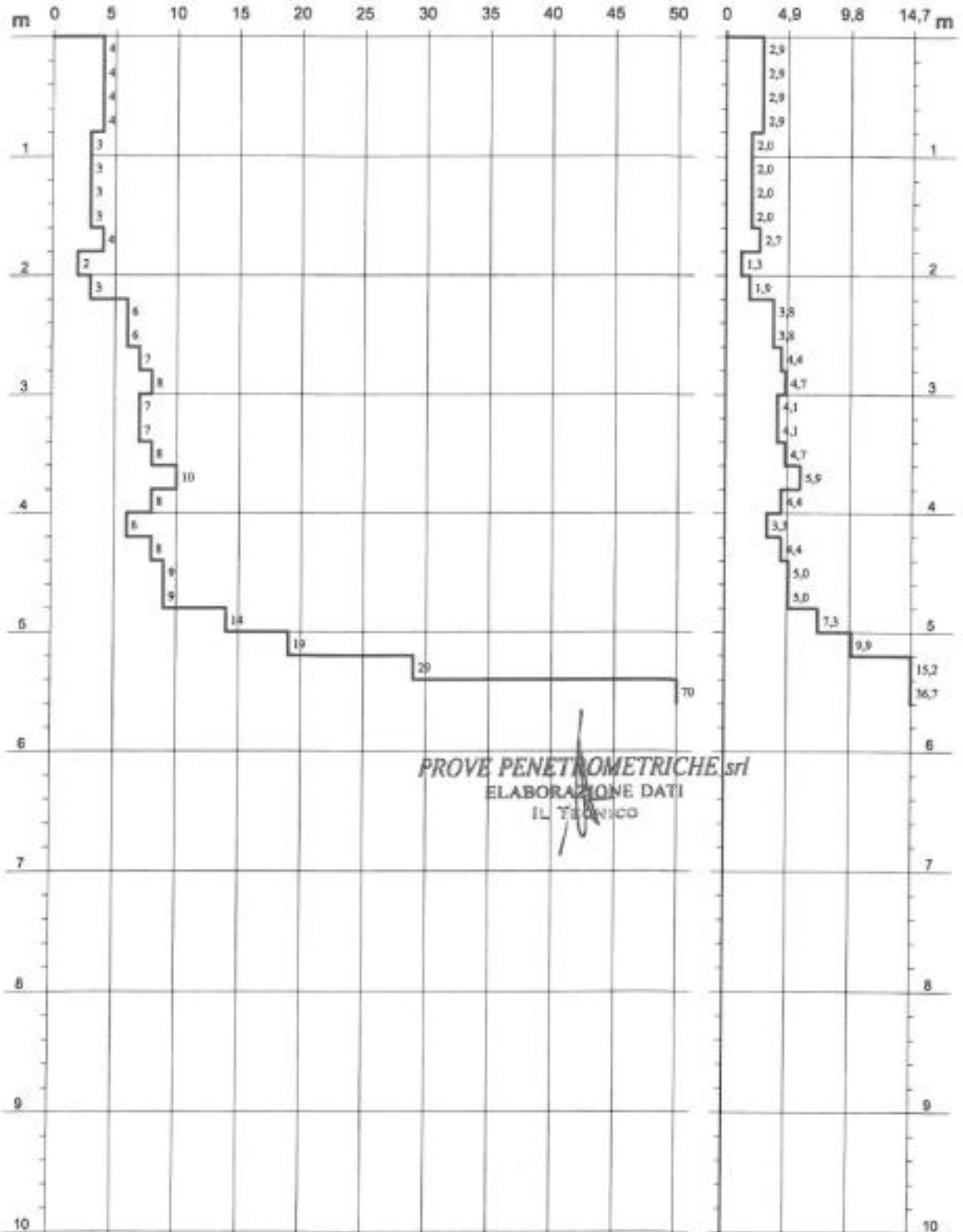
- committente : Sig. Soci  
- lavoro : Piano Strutturale Comunale  
- località : Ambito ANS 3.2 - Pavullo n/F (MO)  
- sperimentatore : Dott. Francesco Dettori

- data prova : 30/06/2009  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 06/07/2009  
- pagina n°: 2/2

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

**ALLEGATO LETTURE INCLINOMETRICHE**

SITO : CADELVENTO

Committente : Amm.ne comunale di Pavullo

Note :

TUBI DEL SITO

Identificativo tubo	Data misura di zero
T1	03/04/2008
T2	03/04/2008



SITO : CADELVENTO

TUBO : T1

Località	:	Ca' del Vento pavullo (MO)
Coordinata X	:	-99999,0
Coordinata Y	:	-99999,0
Quota testa tubo [m slm]	:	-99999,0
Quota testa tubo da p.c. [m]	:	-99999,0
Profondità progetto [m]	:	-99999,0
Profondità prima misura [m]	:	-99999,0
Azimut guida 1-3	:	0,0
Data misura di zero [gg/mm/aaaa]	:	03/04/2008
Sonda misura di zero	:	S020801

Sito : CaDelVento

Tubo inclin. : T1

N.ro Misura : 000

Data Misura : 03/04/2008

Località : Ca' del Vento pavullo (MO)

\*\* Letture di campagna \*\*

Metri	A1	A3	B1	B3
1,00	-5	-5	60	-67
1,50	7	-17	66	-72
2,00	14	-24	73	-80
2,50	27	-37	73	-80
3,00	33	-42	78	-85
3,50	69	-78	44	-52
4,00	79	-89	25	-32
4,50	87	-97	23	-31
5,00	101	-111	16	-24
5,50	104	-114	17	-25
6,00	104	-114	22	-29
6,50	126	-138	52	-61
7,00	175	-185	72	-79
7,50	177	-186	68	-74
8,00	181	-192	61	-67
8,50	187	-198	51	-58
9,00	192	-203	45	-51
9,50	231	-241	42	-48
10,00	273	-283	47	-52
10,50	274	-285	47	-52
11,00	270	-281	45	-51
11,50	274	-285	39	-44
12,00	280	-292	36	-42

Sito : CaDelVento

Tubo inclin. : T1

N.ro Misura : 001

Data Misura : 23/05/2008

Località : Ca' del Vento pavullo (MO)

\*\* Letture di campagna \*\*

Metri	A1	A3	B1	B3
1,00	15	76	59	-113
1,50	34	56	64	-117
2,00	46	44	72	-129
2,50	63	28	69	-125
3,00	73	18	66	-123
3,50	115	-25	23	-80
4,00	132	-42	-6	-52
4,50	141	-51	-6	-54
5,00	156	-66	-13	-48
5,50	159	-69	-10	-49
6,00	158	-68	-5	-55
6,50	183	-92	26	-86
7,00	232	-143	45	-106
7,50	234	-144	41	-102
8,00	238	-148	34	-94
8,50	245	-155	24	-84
9,00	250	-160	17	-78
9,50	293	-201	15	-76
10,00	336	-245	18	-79
10,50	338	-248	20	-79
11,00	334	-243	18	-78
11,50	338	-246	13	-72
12,00	345	-254	11	-70

Sito : CaDelVento

Tubo inclin. : T1

N.ro Misura : 002

Data Misura : 29/07/2008

Località : Ca' del Vento pavullo (MO)

\*\* Letture di campagna \*\*

Metri	A1	A3	B1	B3
1,00	-28	119	84	-143
1,50	-2	92	87	-144
2,00	23	67	93	-152
2,50	46	44	90	-148
3,00	60	30	86	-143
3,50	108	-16	38	-96
4,00	133	-43	-3	-53
4,50	143	-53	-5	-52
5,00	158	-67	-12	-44
5,50	162	-74	-10	-46
6,00	160	-71	-6	-50
6,50	184	-93	25	-80
7,00	236	-144	46	-102
7,50	236	-145	43	-99
8,00	241	-149	36	-93
8,50	246	-155	26	-82
9,00	250	-160	20	-77
9,50	290	-199	16	-71
10,00	336	-246	19	-76
10,50	340	-248	20	-77
11,00	334	-245	18	-75
11,50	340	-248	12	-68
12,00	347	-255	20	-67

Sito : CaDelVento

Tubo inclin. : T1

N.ro Misura : 003

Data Misura : 05/09/2008

Località : Ca' del Vento pavullo (MO)

\*\* Letture di campagna \*\*

Metri	A1	A3	B1	B3
1,00	-5	97	194	-254
1,50	-23	114	175	-235
2,00	-3	94	139	-201
2,50	35	57	106	-167
3,00	58	33	90	-150
3,50	114	-22	27	-89
4,00	143	-51	-14	-47
4,50	151	-58	-10	-49
5,00	163	-72	-15	-43
5,50	166	-75	-10	-47
6,00	164	-71	-5	-53
6,50	188	-96	26	-85
7,00	239	-145	45	-103
7,50	239	-147	41	-99
8,00	242	-150	33	-92
8,50	246	-155	25	-83
9,00	252	-159	19	-75
9,50	289	-199	18	-74
10,00	339	-245	23	-79
10,50	341	-247	23	-78
11,00	336	-243	21	-76
11,50	339	-247	16	-70
12,00	346	-255	15	-68



Sito : CaDelVento

Tubo inclin. : T1

N.ro Misura : 004

Data Misura : 30/09/2008

Località : Ca' del Vento pavullo (MO)

\*\* Letture di campagna \*\*

Metri	A1	A3	B1	B3
1,00	-18	108	209	-271
1,50	-30	120	187	-247
2,00	-6	95	146	-207
2,50	27	62	110	-171
3,00	48	42	92	-154
3,50	105	-15	29	-92
4,00	138	-49	-13	-45
4,50	148	-59	-12	-48
5,00	162	-72	-16	-45
5,50	166	-75	-12	-49
6,00	165	-74	-6	-55
6,50	187	-97	25	-86
7,00	236	-145	44	-104
7,50	236	-146	40	-100
8,00	240	-149	33	-93
8,50	247	-154	24	-84
9,00	251	-159	18	-78
9,50	292	-201	16	-76
10,00	334	-245	22	-81
10,50	337	-247	22	-81
11,00	333	-243	21	-79
11,50	338	-247	15	-73
12,00	343	-252	14	-72

Sito : CaDelVento

Tubo inclin. : T1

N.ro Misura : 005

Data Misura : 11/02/2009

Località : Ca' del Vento pavullo (MO)

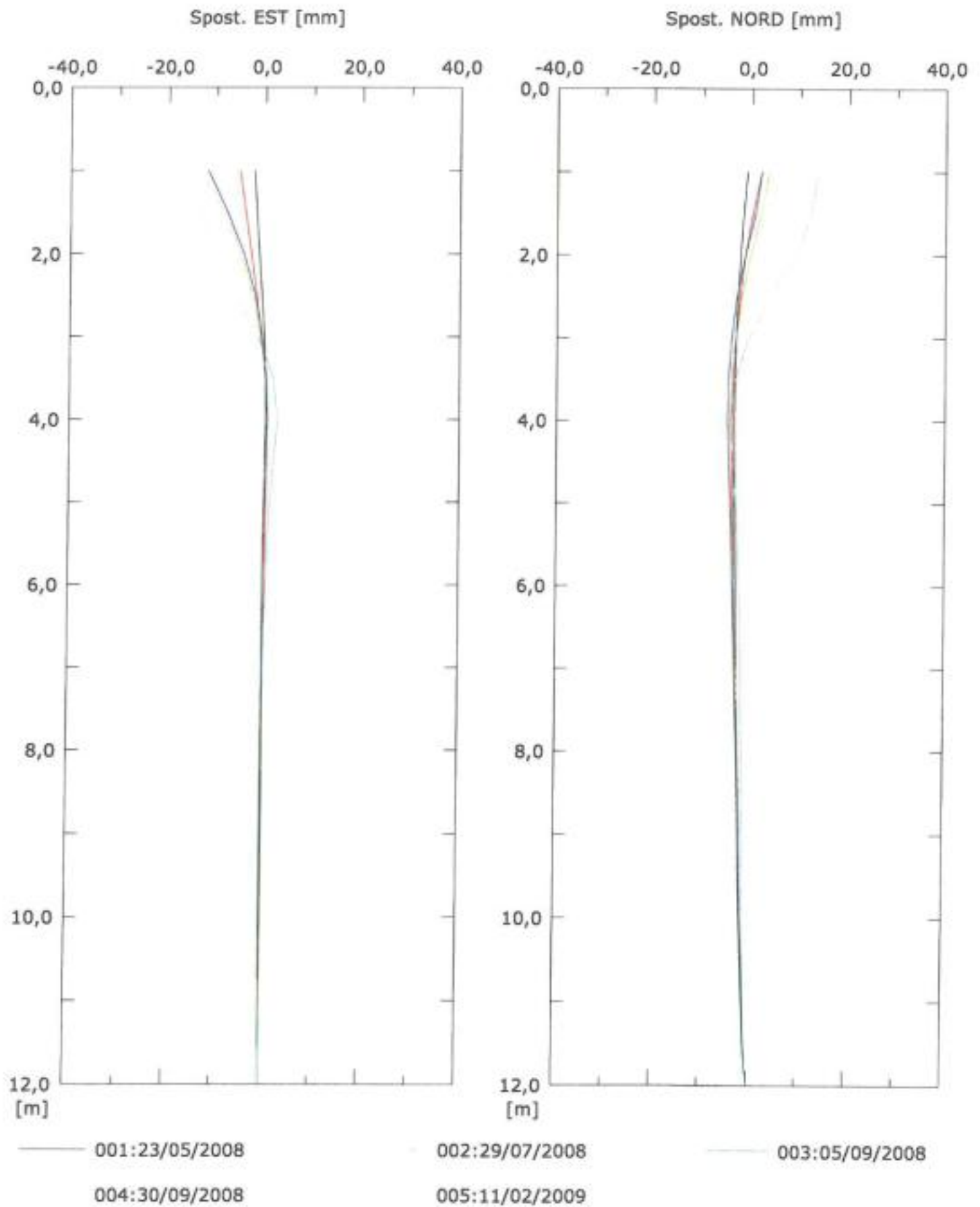
\*\* Letture di campagna \*\*

Metri	A1	A3	B1	B3
1,00	-6	97	60	-124
1,50	-64	154	115	-177
2,00	-145	233	239	-300
2,50	-106	198	245	-309
3,00	-30	121	176	-238
3,50	81	10	55	-121
4,00	153	-63	-34	-28
4,50	160	-70	-29	-31
5,00	170	-80	-31	-31
5,50	169	-79	-23	-37
6,00	164	-74	-16	-46
6,50	184	-94	20	-81
7,00	231	-140	41	-102
7,50	231	-141	39	-99
8,00	235	-145	32	-93
8,50	241	-150	24	-84
9,00	245	-155	18	-79
9,50	286	-195	16	-76
10,00	332	-242	19	-80
10,50	334	-245	20	-80
11,00	332	-241	19	-78
11,50	335	-245	13	-72
12,00	343	-252	11	-70

Sito: CaDelVento Tubo: T1

Elaborazione differenziale integrale dal basso

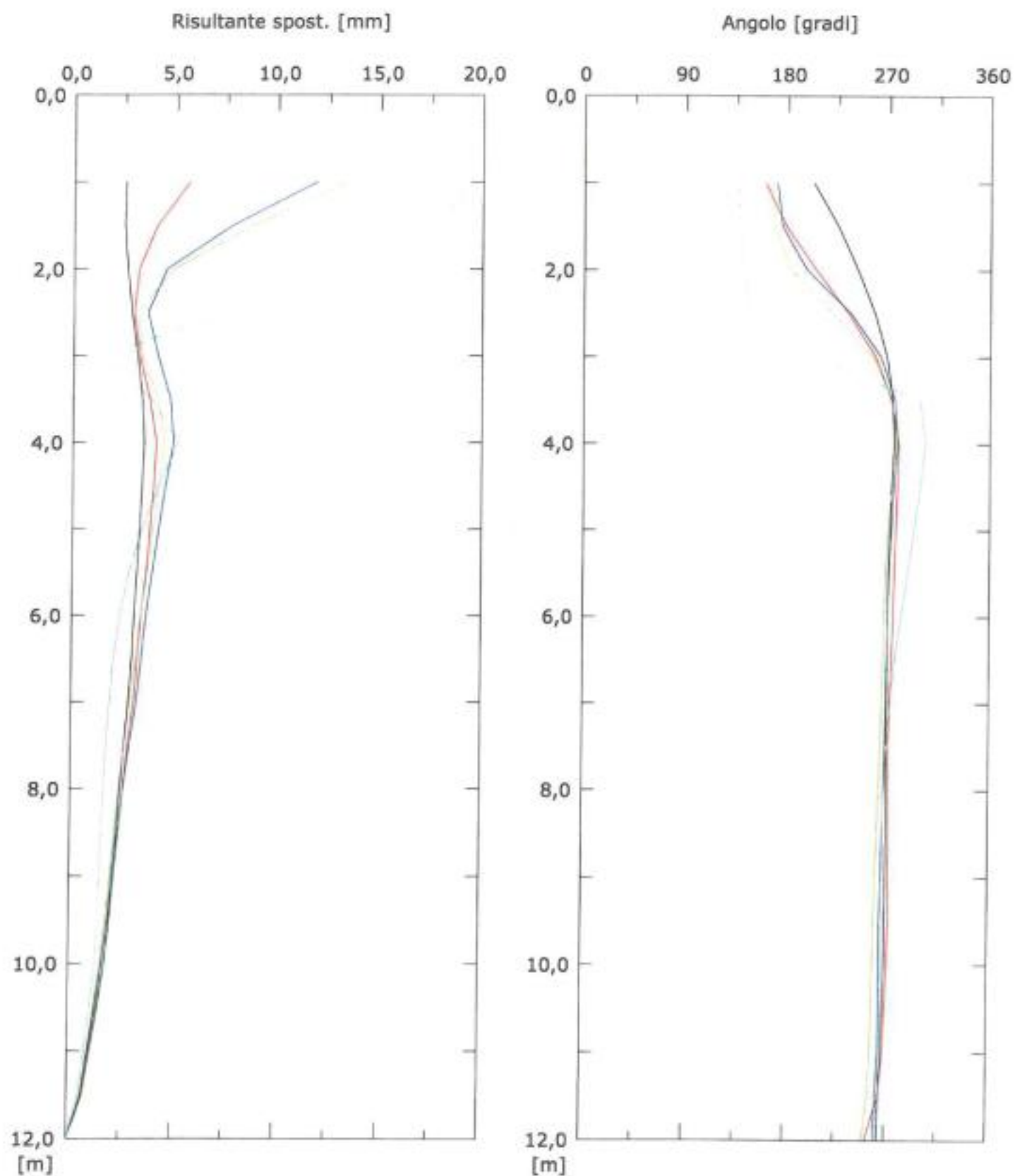
Riferimento 000:03/04/2008



Sito: CaDelVento Tubo: T1

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:03/04/2008



001:23/05/2008

002:29/07/2008

003:05/09/2008

004:30/09/2008

005:11/02/2009

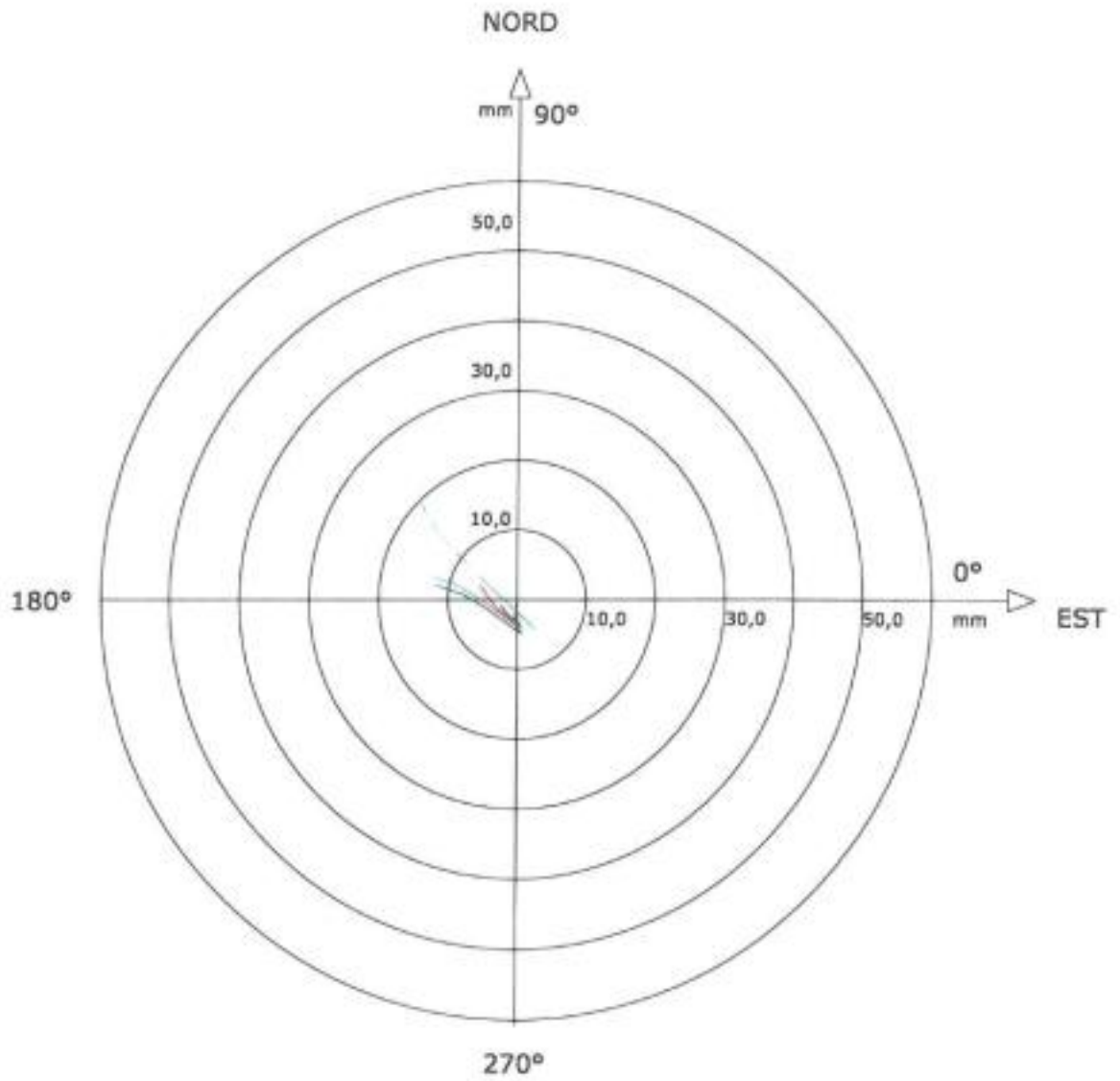
*PROVE PENETROMETRICHE srl*  
ELABORAZIONE DATI  
IL Tecnico

Sito: CaDelVento Tubo: T1

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:03/04/2008

Diagramma polare della deviazione



001:23/05/2008  
004:30/09/2008

002:29/07/2008  
005:11/02/2009

003:05/09/2008



Prove Penetrometriche srl

Zona : Pavullo Pavullo

Identificativo Tubo Vento3

Quota Acqua 7.62

Correzione Azimutale 0

Tubo: Vento3 Misura del : 05/09/2008 N° : 0

Sonda Usata Sisgeo

Corr. Sensibilità Sonda A : 25000 B : 25000

Correzione Angolare

N°	A1	A2	B3	B4	B1	B2	A3	A4	Spira.
1	-93	73	75	-90	15	-30	9	-28	0
2	-99	80	81	-96	14	-30	8	-26	0
3	-105	88	89	-101	14	-34	10	-29	0
4	-110	91	90	-106	21	-36	15	-30	0
5	-113	94	93	-114	23	-41	19	-38	0
6	-117	99	109	-120	13	-29	10	-28	0
7	-89	69	70	-86	-48	30	-50	33	0
8	-89	69	71	-85	-40	25	-43	21	0
9	-85	66	66	-84	-34	16	-35	16	0
10	-94	75	74	-93	-25	10	-29	9	0
11	-80	60	63	-83	-48	26	-45	28	0
12	-149	129	133	-146	-33	19	-36	15	0
13	-203	183	185	-203	-50	33	-53	36	0
14	-201	183	185	-201	-49	29	-53	34	0
15	-208	186	192	-209	-36	24	-49	25	0
16	-213	195	195	-213	-36	16	-46	20	0
17	-213	192	192	-211	-34	19	-44	18	0
18	-241	222	219	-238	-3	-15	-10	-10	0
19	-275	258	261	-279	33	-46	23	-40	0
20	-278	261	259	-279	29	-41	21	-39	0
21	-279	263	263	-281	33	-45	24	-41	0
22	-283	267	267	-286	28	-38	16	-38	0
23	-270	254	254	-274	18	-29	10	-25	0
24	-217	201	198	-220	-45	36	-48	31	0
25	-204	188	188	-210	-34	23	-41	23	0
26	-205	190	190	-211	-31	23	-41	23	0
27	-206	189	191	-211	-38	28	-48	29	0
28	-205	190	190	-211	-46	38	-56	39	0
29	-204	189	188	-210	-50	42	-60	41	0

Prove Penetrometriche srl

Zona : Pavullo Pavullo

Identificativo Tubo Vento3

Quota Acqua 7.81

Correzione Azimutale 0

Tubo: Vento3 Misura del : 30/09/2008 N° : 1

Sonda Usata Sisgeo

Corr. Sensibilità Sonda A : 25000 B : 25000

Correzione Angolare

N°	A1	A2	B3	B4	B1	B2	A3	A4	Spira.
1	-115	101	99	-123	20	-29	14	-30	0
2	-104	89	86	-109	19	-30	15	-33	0
3	-105	90	88	-110	18	-29	15	-31	0
4	-108	93	91	-115	15	-28	14	-29	0
5	-110	98	94	-117	18	-29	15	-33	0
6	-117	100	105	-130	11	-21	9	-25	0
7	-88	69	70	-95	-45	33	-49	30	0
8	-88	73	71	-96	-38	24	-41	24	0
9	-81	68	68	-90	-33	16	-34	15	0
10	-91	75	75	-99	-23	11	-28	11	0
11	-78	64	63	-86	-44	28	-45	28	0
12	-141	131	126	-152	-31	19	-35	18	0
13	-194	179	177	-208	-50	31	-54	36	0
14	-194	181	177	-200	-48	25	-50	33	0
15	-199	186	183	-209	-40	18	-43	28	0
16	-204	190	188	-210	-36	10	-40	23	0
17	-204	189	185	-211	-34	16	-39	23	0
18	-235	222	216	-241	-9	-19	-14	-6	0
19	-278	264	266	-290	24	-48	19	-35	0
20	-281	267	265	-290	21	-45	18	-35	0
21	-285	270	270	-292	26	-50	21	-39	0
22	-289	276	272	-297	20	-45	16	-33	0
23	-278	263	260	-285	11	-35	6	-23	0
24	-221	208	201	-229	-46	26	-48	30	0
25	-200	186	184	-209	-34	11	-39	23	0
26	-201	188	183	-210	-33	11	-39	23	0
27	-201	189	185	-209	-40	18	-45	28	0
28	-201	189	185	-209	-49	29	-55	39	0
29	-200	188	183	-208	-53	31	-58	41	0

Prove Penetrometriche srl

Zona : Pavullo Pavullo

Identificativo Tubo Vento3

Quota Acqua 5.24

Correzione Azimutale 0

Tubo: Vento3 Misura del : 11/02/2009 N° : 2

Sonda Usata

Corr. Sensibilità Sonda A : 25000 B : 25000

Correzione Angolare

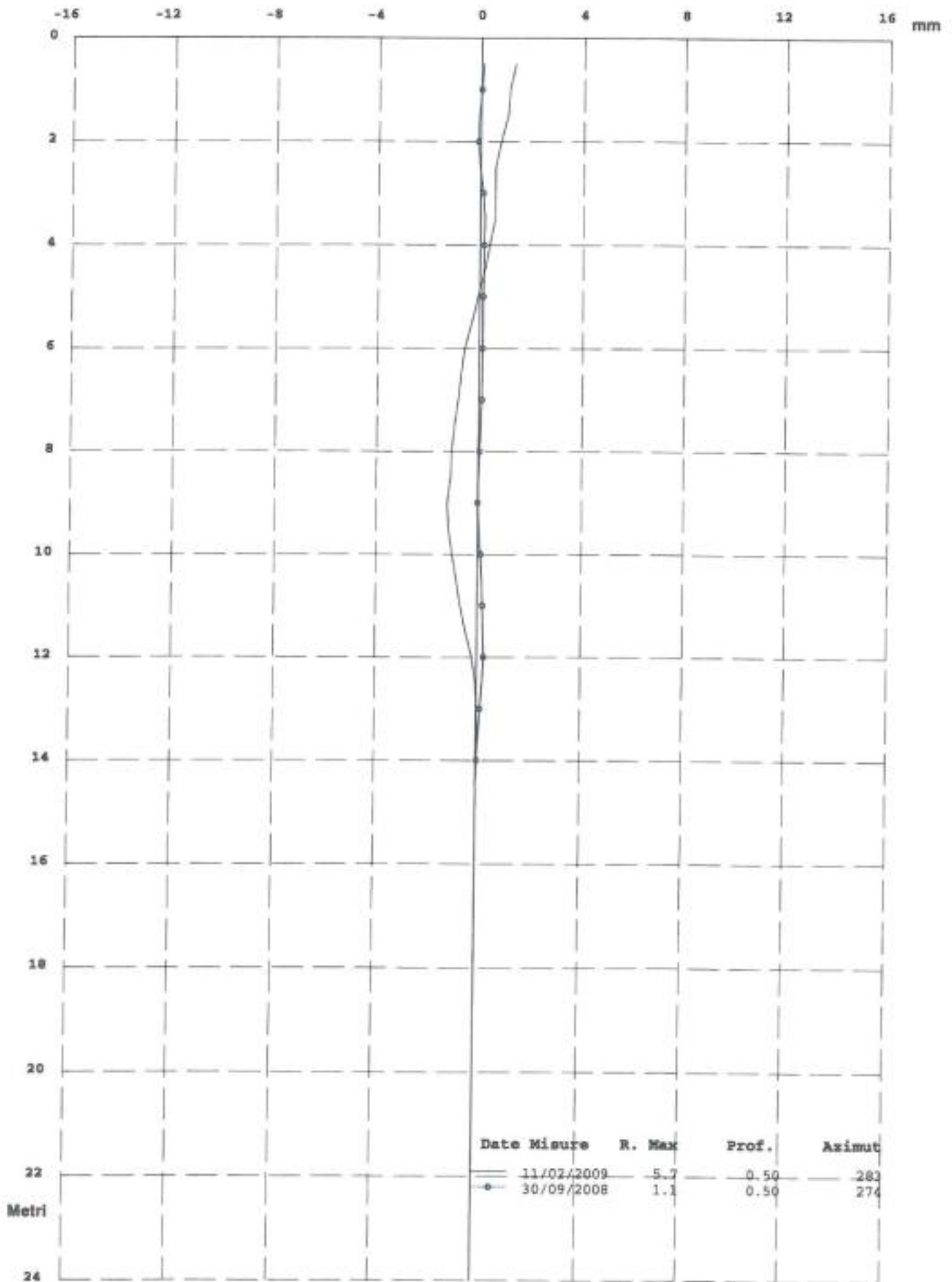
N°	A1	A2	B3	B4	B1	B2	A3	A4	Spira.
1	-192	164	167	-190	23	-48	14	-39	0
2	-191	164	163	-190	13	-41	5	-33	0
3	-177	149	149	-176	25	-50	18	-44	0
4	-141	115	113	-142	25	-53	20	-46	0
5	-120	93	90	-120	19	-48	14	-40	0
6	-119	93	99	-126	11	-35	5	-31	0
7	-96	66	68	-94	-41	16	-45	19	0
8	-95	66	69	-95	-34	8	-38	11	0
9	-91	64	64	-90	-26	-4	-29	1	0
10	-101	71	73	-99	-18	-11	-23	-6	0
11	-89	60	60	-93	-38	3	-40	14	0
12	-148	121	119	-146	-31	5	-34	6	0
13	-194	165	166	-192	-49	21	-53	26	0
14	-199	165	167	-192	-46	18	-50	24	0
15	-196	173	174	-200	-40	11	-45	18	0
16	-206	177	176	-204	-38	8	-50	15	0
17	-206	177	183	-206	-36	8	-31	14	0
18	-241	215	211	-238	-13	-20	-19	-11	0
19	-290	261	266	-290	19	-46	11	-36	0
20	-294	265	265	-291	14	-41	8	-34	0
21	-296	267	270	-295	18	-44	10	-36	0
22	-301	272	274	-299	9	-36	1	-30	0
23	-289	259	258	-286	-5	-26	-9	-19	0
24	-231	203	201	-229	-63	35	-59	33	0
25	-211	184	184	-211	-45	18	-49	21	0
26	-213	185	185	-213	-44	16	-46	20	0
27	-213	185	186	-211	-46	20	-49	24	0
28	-211	183	184	-210	-53	28	-58	33	0
29	-209	180	183	-208	-54	29	-60	34	0

COMPONENTE X (Movimento X per Sommatoria Rispetto all'Origine)

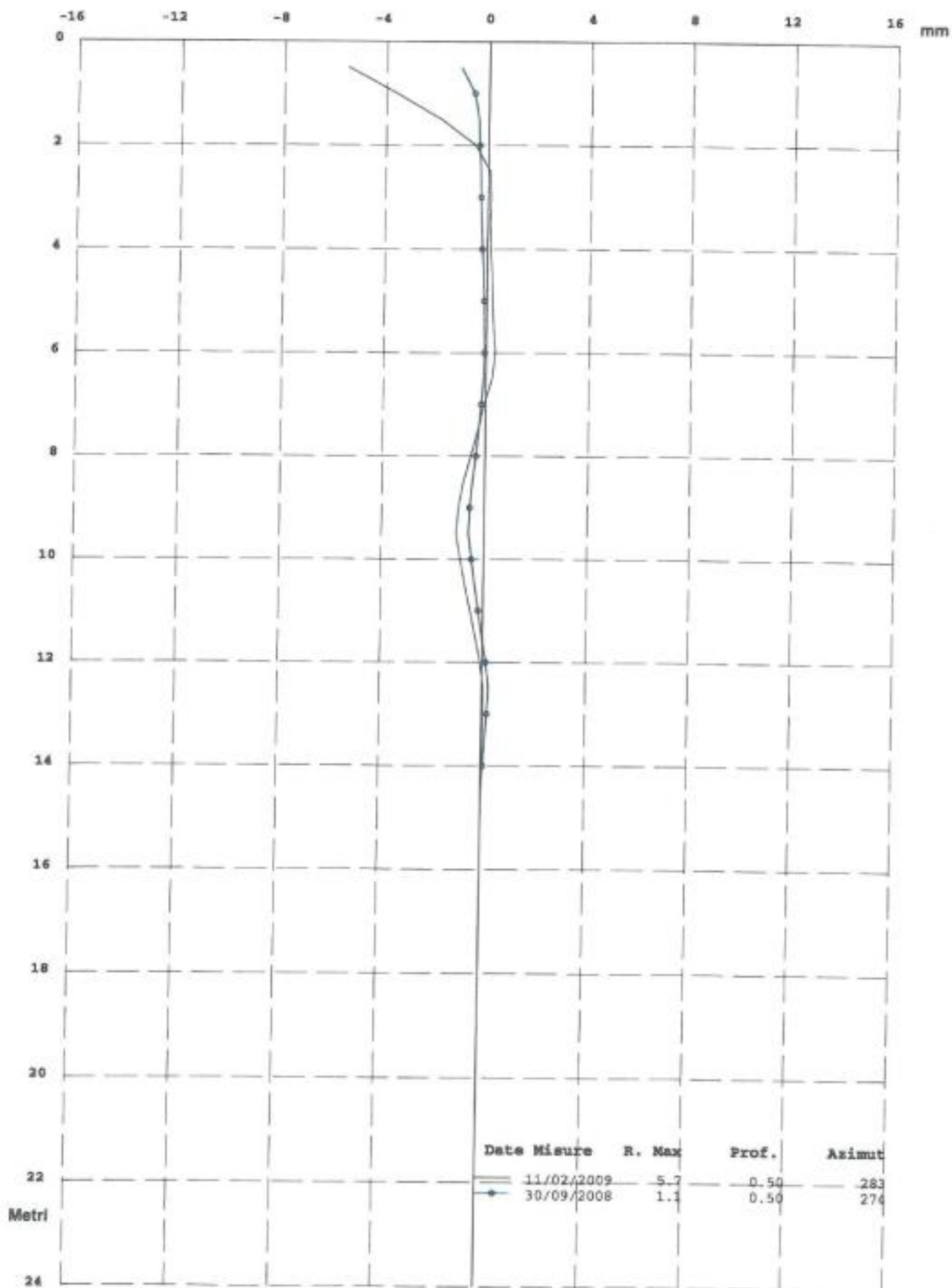
Zona : Pavullo Pavullo

Tubo: Vento3

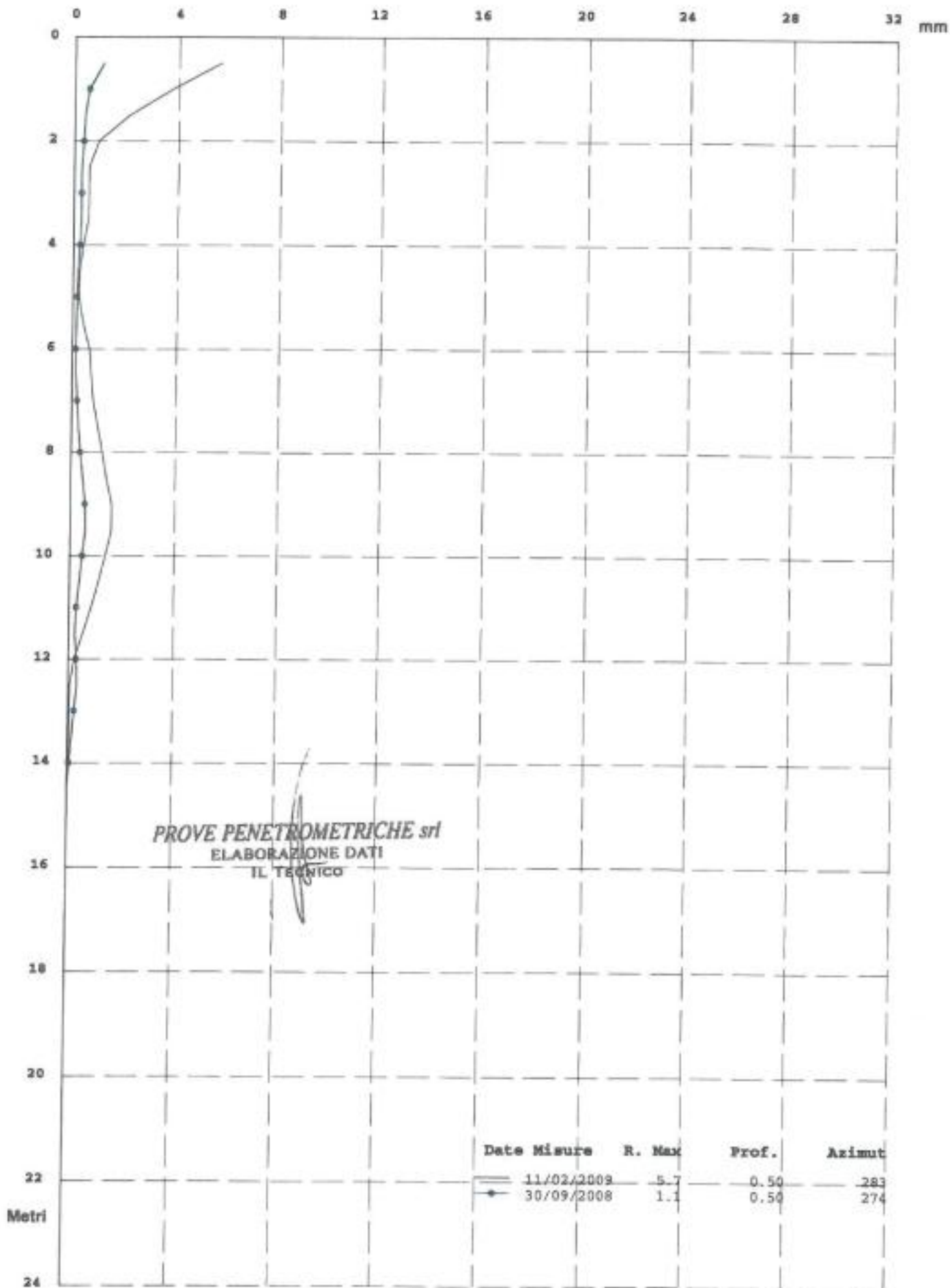
Id: Vento3



Elaborazione rispetto all'origine del 05/09/2008







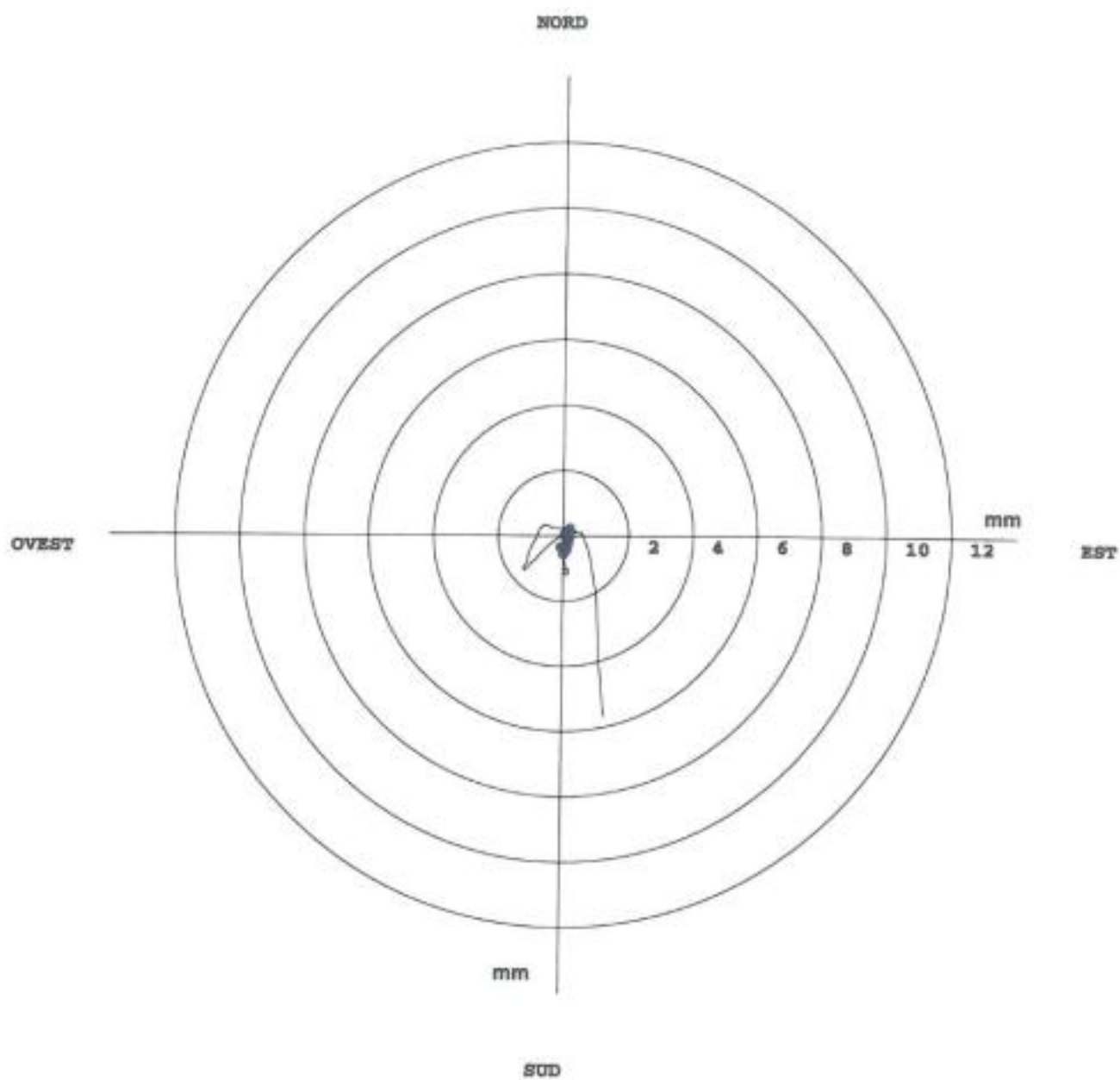
PROVE PENETROMETRICHE srl  
 ELABORAZIONE DATI  
 IL TECNICO

Diagramma Polare (Risultante e direzione del Movimento)

Zona : Pavullo Pavullo

Tubo: Vento3

Id: Vento3



Date Misure	R. Max	Prof.	Azimut
— 11/02/2009	5.7	0.50	283
—• 30/09/2008	1.1	0.50	274

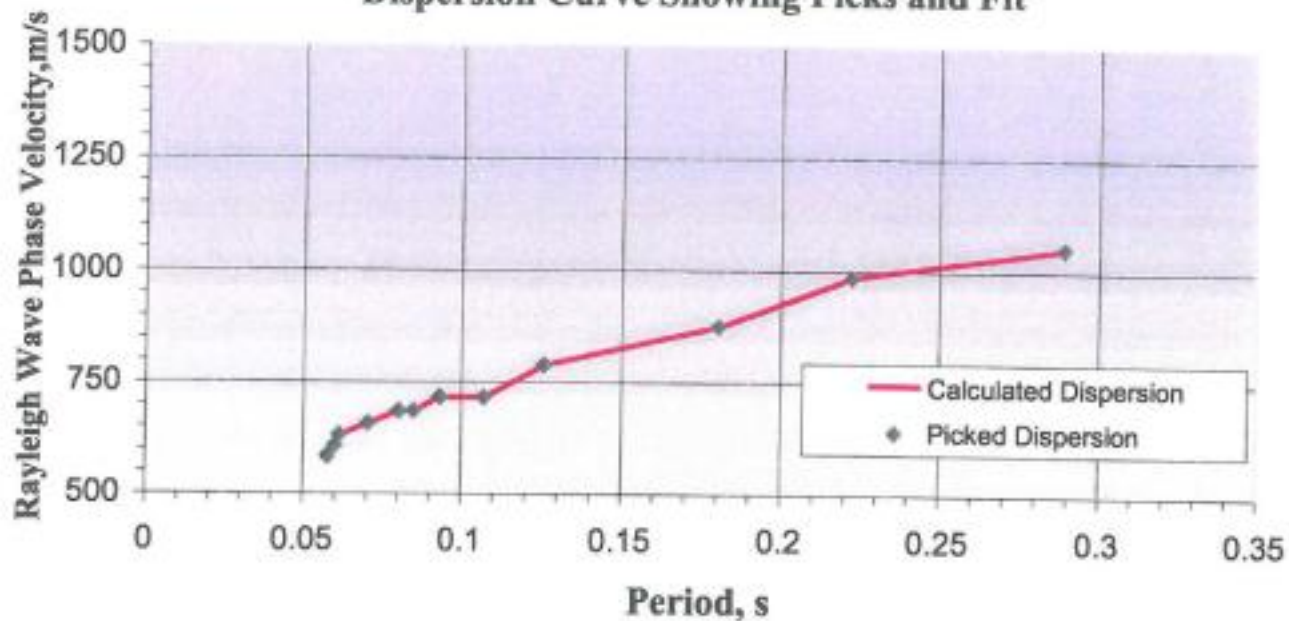
***ALLEGATO INDAGINE GEOFISICA***



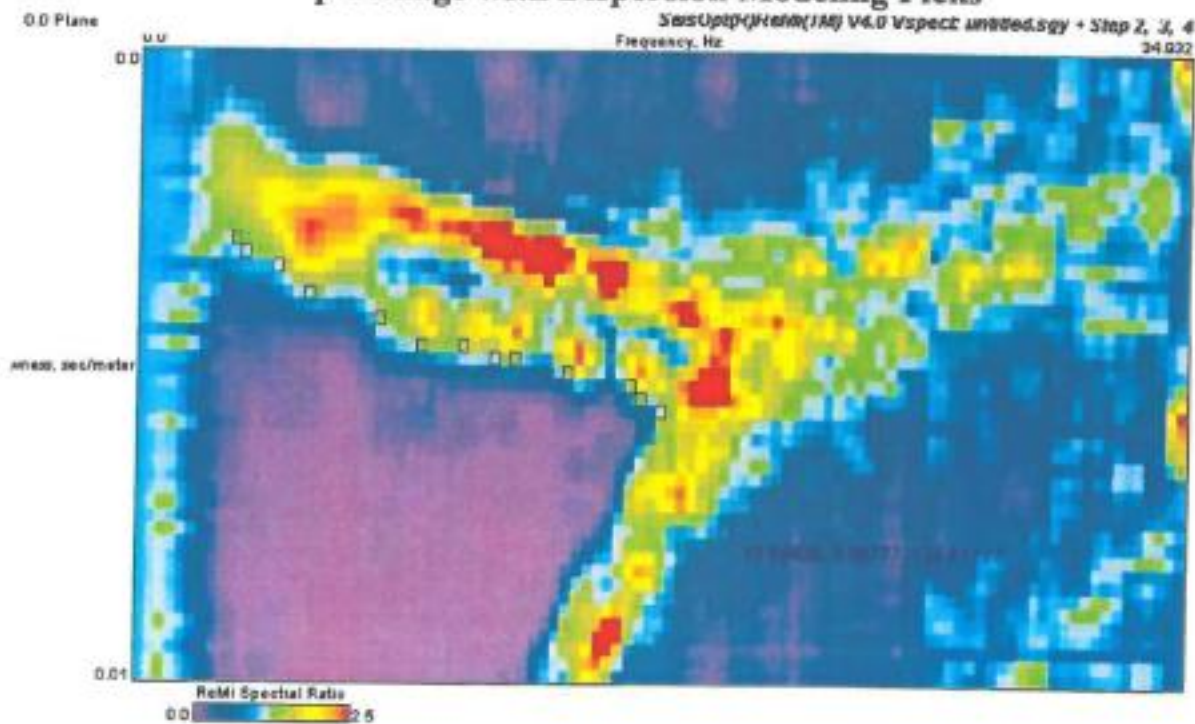
PROVE PENETROMETRICHE s.r.l.  
41051 Castelnovo Rangone (MO)  
Sede legale: via per Modena, 8 - Sede operativa: via per Modena, 12  
Tel. 059 - 530046 / Fax 059 - 539166  
www.provepenetrometriche.com e-mail: prove\_penetrometriche@virgilio.it  
N. Iscrizione registro imprese di Modena, p. Iva e c.f.: 00812530368  
Cap. soc. € 15.000

## Comune di Pavullo - Linea1 : Dispersion Curve 17 marzo 2008

### Dispersion Curve Showing Picks and Fit



### p-f Image with Dispersion Modeling Picks





PROVE PENETROMETRICHE s.r.l.  
41051 Castelnovo Rangone (MO)  
Sede legale: via per Modena, 8 - Sede operativa: via per Modena, 12  
Tel. 059 - 535046 / Fax 059 - 539166  
www.provepenetrometriche.com e-mail: prove\_penetrometriche@virgilio.it  
N. iscrizione registro imprese di Modena, p. va e c.f.: 02612530368  
Cap. soc. € 15.600

*Comune di Pavullo - Linea 1 : Vs Model 17 marzo 2008*

