



**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@fastwebnet.it



# Geologica Geotecnica Sismica

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

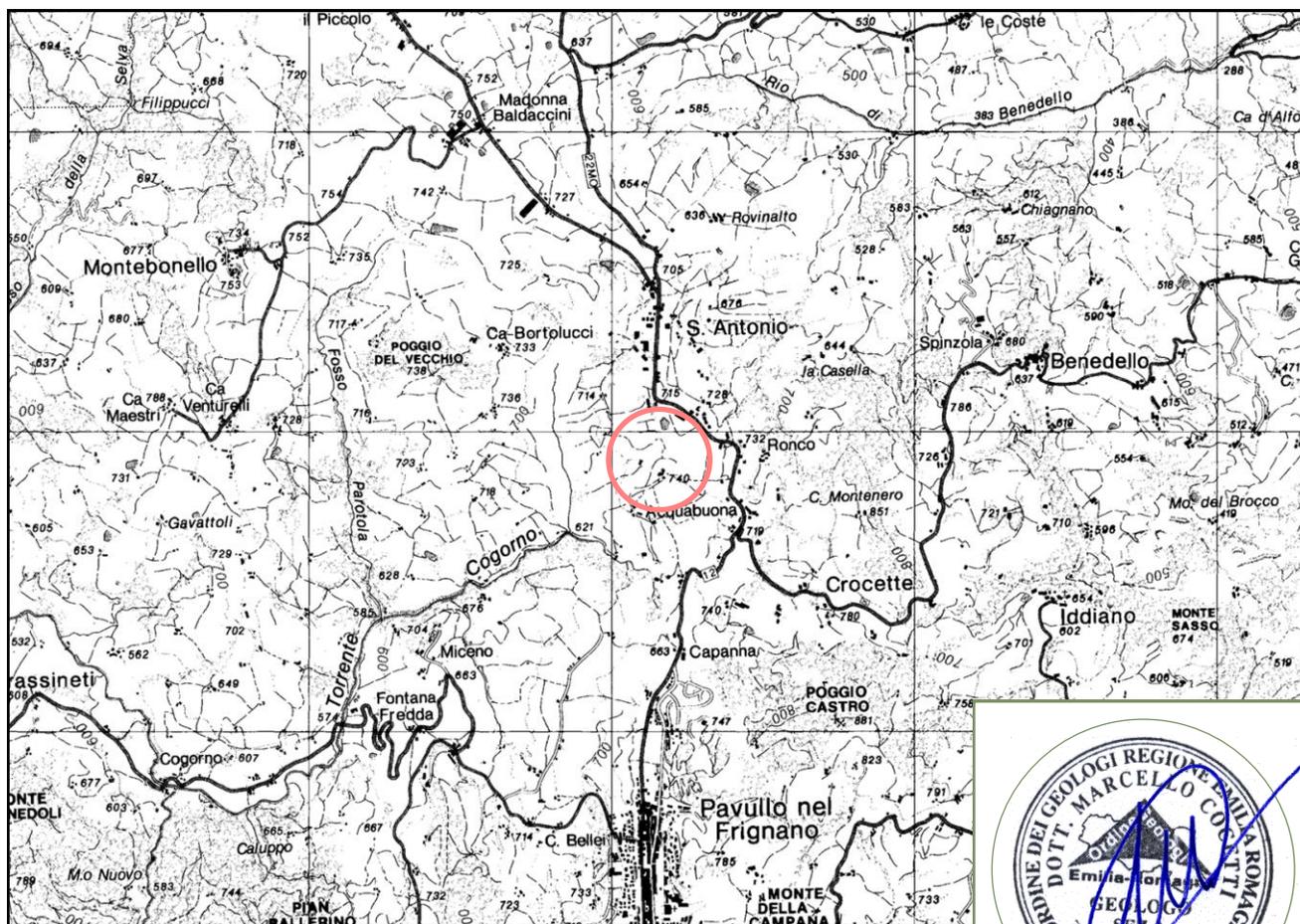
**OGGETTO** : **PROPOSTA DI INSERIMENTO NEL POC 2015/2020 DEL  
COMUNE DI PAVULLO - AMBITO ANS 2.28**

**LOCALITÀ** : **S.ANTONIO - LA ROLA**

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

**COMMITTENTE** : **DUESSE SRL, FINSKA SRL**

**PROGETTO** : **SUCCI GEOM BRUNO**



UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

SCALA 1:50'000

1 Km

TAV. F236

COORDINATE UTM

Est: 646310

Nord: 913760





## 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 14/01/2008)
    - 2.1.1 Classificazione del Suolo in base alle Vs30
  - 2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (DM 14/01/2008)
  - 2.3 MICROZONAZIONE SISMICA II° LIVELLO
3. **RELAZIONE GEOTECNICA**
  - 3.1 DATI DI PROGETTO
    - 3.1.1 Studi eseguiti
    - 3.1.2 Parametri Caratteristici
4. **CONCLUSIONI**

## RIFERIMENTI NORMATIVI

Circ. 07/03/08 - 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 BIBLIOGRAFICI

-La Geologia del versante Padano dell'Appennino Settentrionale  
Università degli Studi di Modena - Istituto di Geologia  
-Appennino Tosco-Emiliano. Guide Geologiche Regionali.  
A cura della Società Geologica Italiana  
-Schema Introduttivo alla Geologia delle Epiliguridi dell'Appennino Modenese e delle Aree Limitrofee  
Mem.Soc.Geol. It 39 (1987), 215-244, 21 ff.  
-Schema Introduttivo alla Geologia delle Liguridi dell'Appennino Modenese e delle Aree Limitrofee  
Mem.Soc.Geol. It 39 (1987), 91-125, 27 ff.  
-I Melange dell'Appennino Settentrionale dal T.Tresinaro al T.Sillaro.  
Mem.Soc.Geol. It 39 (1987), 187-214, 19 ff.



## RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:25000.  
TAVOLA 236-NE

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:10000.  
SEZIONE 236070

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:5000.  
ELEMENTO 236074

ESTRATTO CATASTALE Scala 1:2000. COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO.  
FOGLIO 86; MAPPALE 4, 5, 260, 261, 264, 265, 1280.

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 236070

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

CARTA DEL DISSESTO (PTCP).  
SEZIONE 236070

## 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

**ALLEGATO A** - Prove Penetrometriche Dinamiche

**ALLEGATO B** - Registrazioni Sismiche, Spettri Elastici

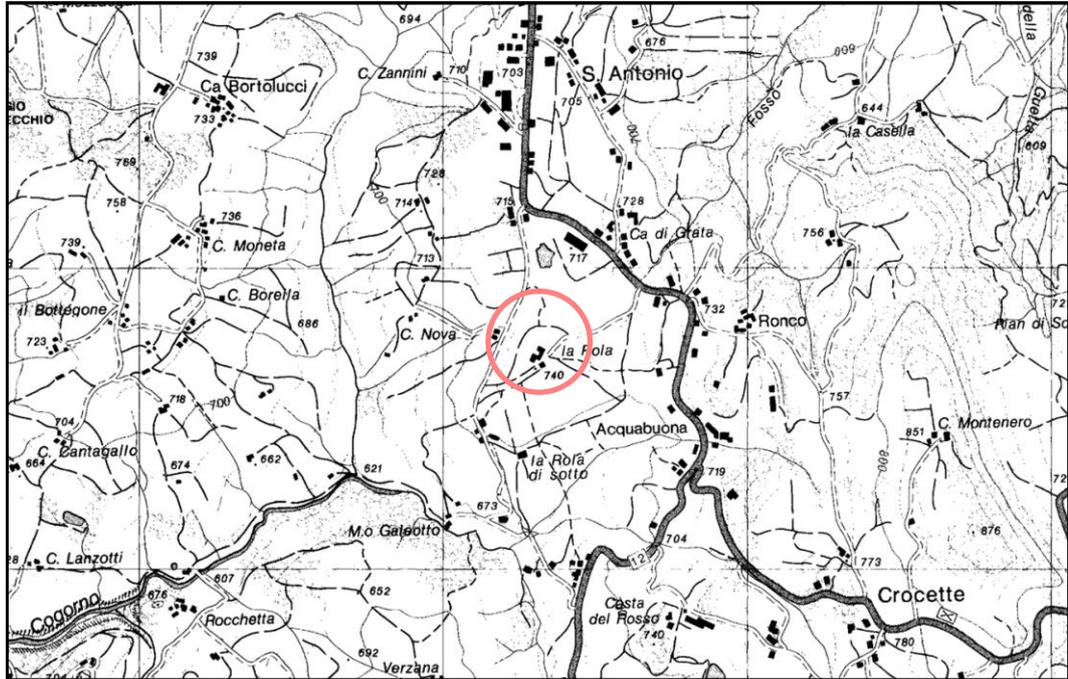


## CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:25'000

TAVOLA 236no

TAV. 1

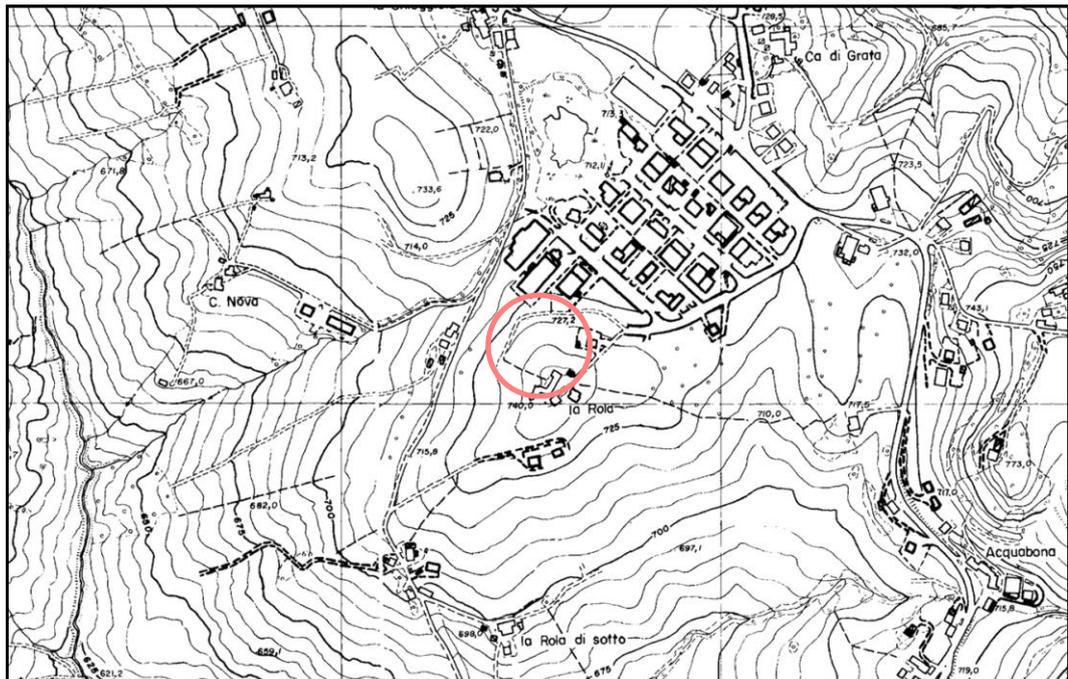


## CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:10'000

SEZIONE 236030

TAV. 2



 UBICAZIONE DEL SITO

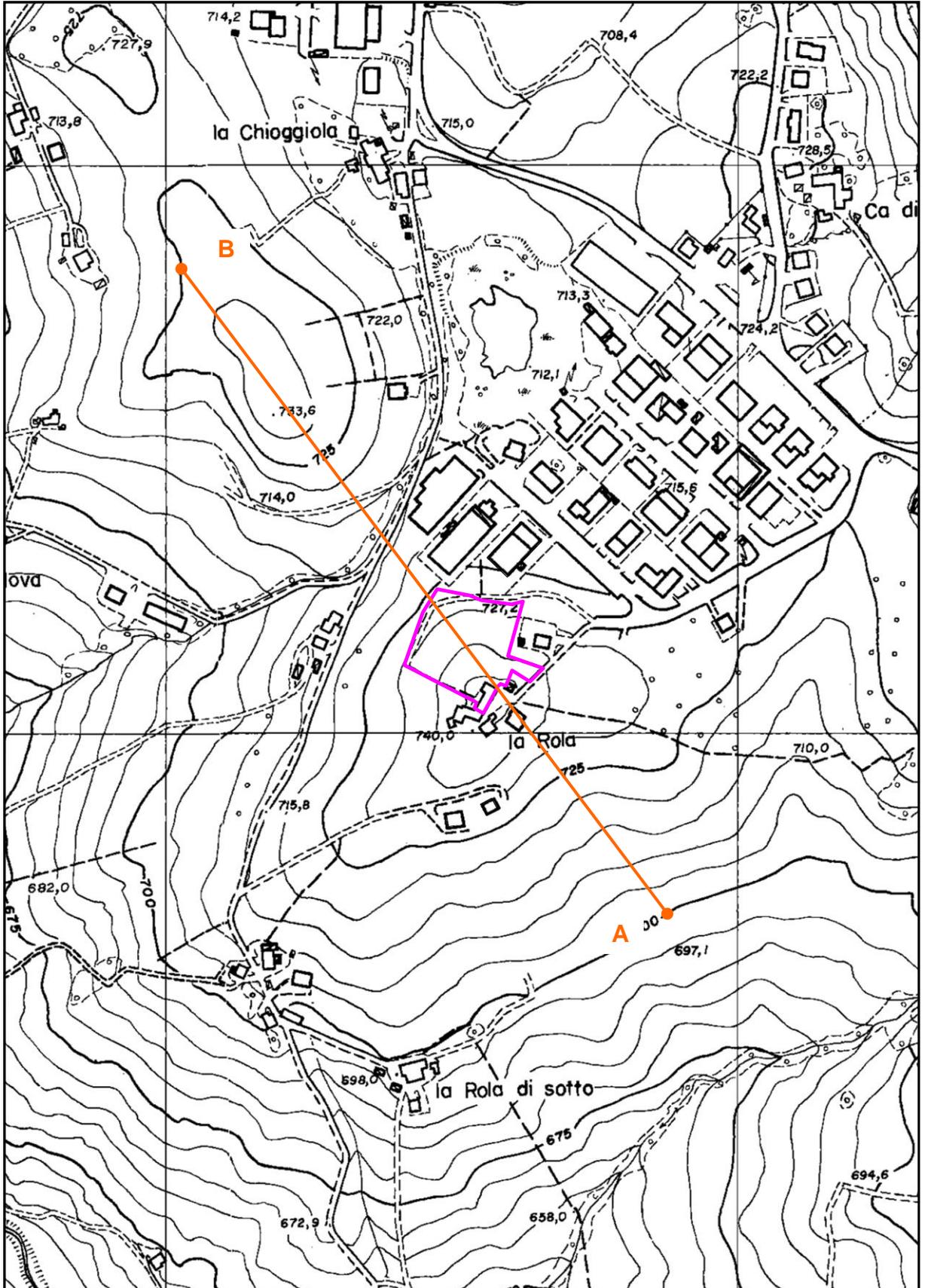


# CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:5'000

ELEMENTO 236033

TAV. 3

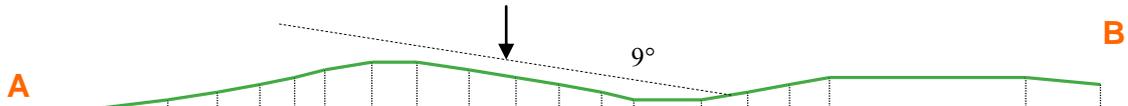




## SEZIONE TOPOGRAFICA

Scala X = 1: 5000 Scala Q = 1: 5000

Ubicazione del Sito



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
DIST.PROG.	0.0	26.4	53.4	95.0	127.7	155.6	178.4	198.5	229.1	259.0	293.3	324.1	352.3	380.5	401.7	446.2	476.6	503.9	530.0	659.5	708.4	
DIST.PARZIALE	0.0	26.4	26.9	41.7	32.6	28.0	22.7	20.2	30.6	29.9	34.3	30.8	28.2	28.2	21.2	44.4	30.4	27.3	26.2	129.4	48.9	
QUOTA	700.0	705.0	710.0	715.0	720.0	725.0	730.0	735.0	740.0	740.0	735.0	730.0	725.0	720.0	715.0	715.0	720.0	725.0	730.0	730.0	730.0	725.0

## MORFOMETRIA DEL VERSANTE

RILEVATO DALLA CARTA TECNICA REGIONALE

Scala 1:5000

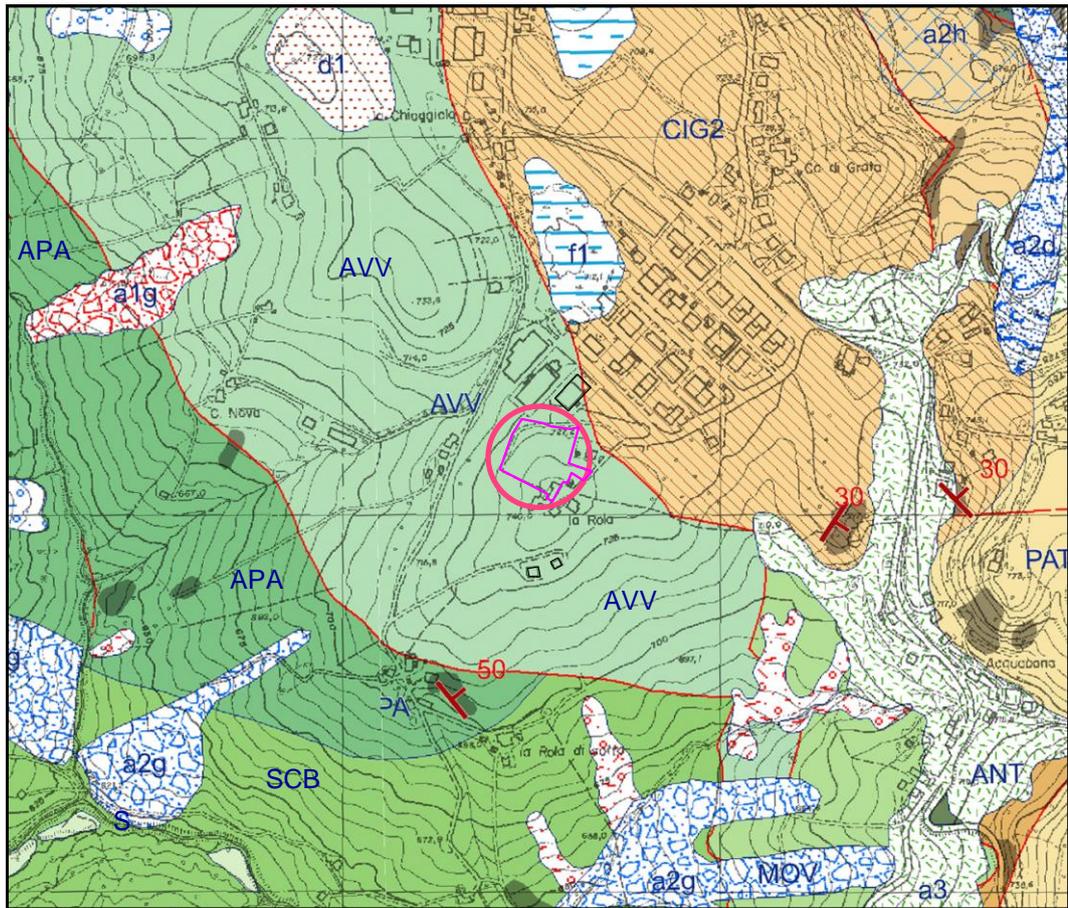
Pun.n°	D.Prog.	D.Parz.	Quota	Acc. %	Acc. °
0002.0	0026.4	0026.4	0705.0	018.9	010.7
0003.0	0053.4	0026.9	0710.0	018.6	010.5
0004.0	0095.0	0041.7	0715.0	012.0	006.8
0005.0	0127.7	0032.6	0720.0	015.3	008.7
0006.0	0155.6	0028.0	0725.0	017.9	010.1
0007.0	0178.4	0022.7	0730.0	022.0	012.4
0008.0	0198.5	0020.2	0735.0	024.8	013.9
0009.0	0229.1	0030.6	0740.0	016.3	009.3
0010.0	0259.0	0029.9	0740.0	000.0	000.0
0011.0	0293.3	0034.3	0735.0	014.6	008.3
0012.0	0324.1	0030.8	0730.0	016.2	009.2
0013.0	0352.3	0028.2	0725.0	017.7	010.1
0014.0	0380.5	0028.2	0720.0	017.7	010.1
0015.0	0401.7	0021.2	0715.0	023.6	013.3
0016.0	0446.2	0044.4	0715.0	000.0	000.0
0017.0	0476.6	0030.4	0720.0	016.5	009.4
0018.0	0503.9	0027.3	0725.0	018.3	010.4
0019.0	0530.0	0026.2	0730.0	019.1	010.8
0020.0	0659.5	0129.4	0730.0	000.0	000.0
0021.0	0708.4	0048.9	0725.0	010.2	005.8



## 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
	a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
	a1d - Deposito di frana attiva per colamento lento
	a1g - Deposito di frana attiva complessa
	a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
	a2c - Deposito di frana quiescente per espansione laterale
	a2d - Deposito di frana quiescente per colamento lento
	a2g - Deposito di frana quiescente complessa
	a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco
	a3 - Deposito di versante s.l.
	a4 - Deposito eluvio-colluviale
	d1 - Deposito eolico

#### Unità liguri

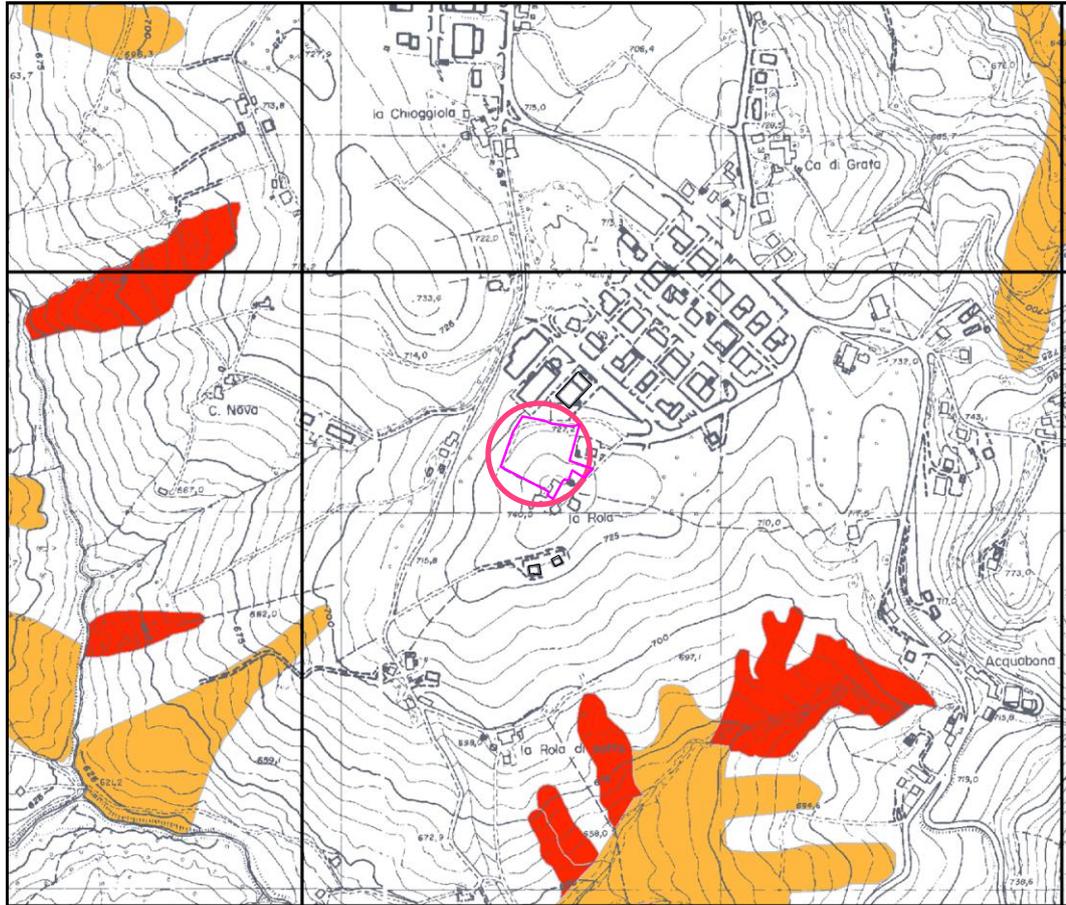
	MOH - Formazione di Monghidoro
	MOV - Formazione di Monte Venere
	CAO - Flysch di Monte Caio
	AVT - Argille variegata di Grizzana Morandi
	AVTa - Argille variegata di Grizzana Morandi - litozona argillitica
	SCB - Arenarie di Scabiazza
	APA - Argille a palombini



## CARTA DEL DISSESTO PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 5



PTCP Provincia di Modena  
Carta del Dissesto

Scala 1:10000



### VOCI DI LEGENDA

#### Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità

			Aree interessate da frane attive	Art.15
			Aree interessate da frane quiescenti	

#### Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità

			Aree potenzialmente instabili	Art.16
--	--	--	-------------------------------	--------

#### Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato

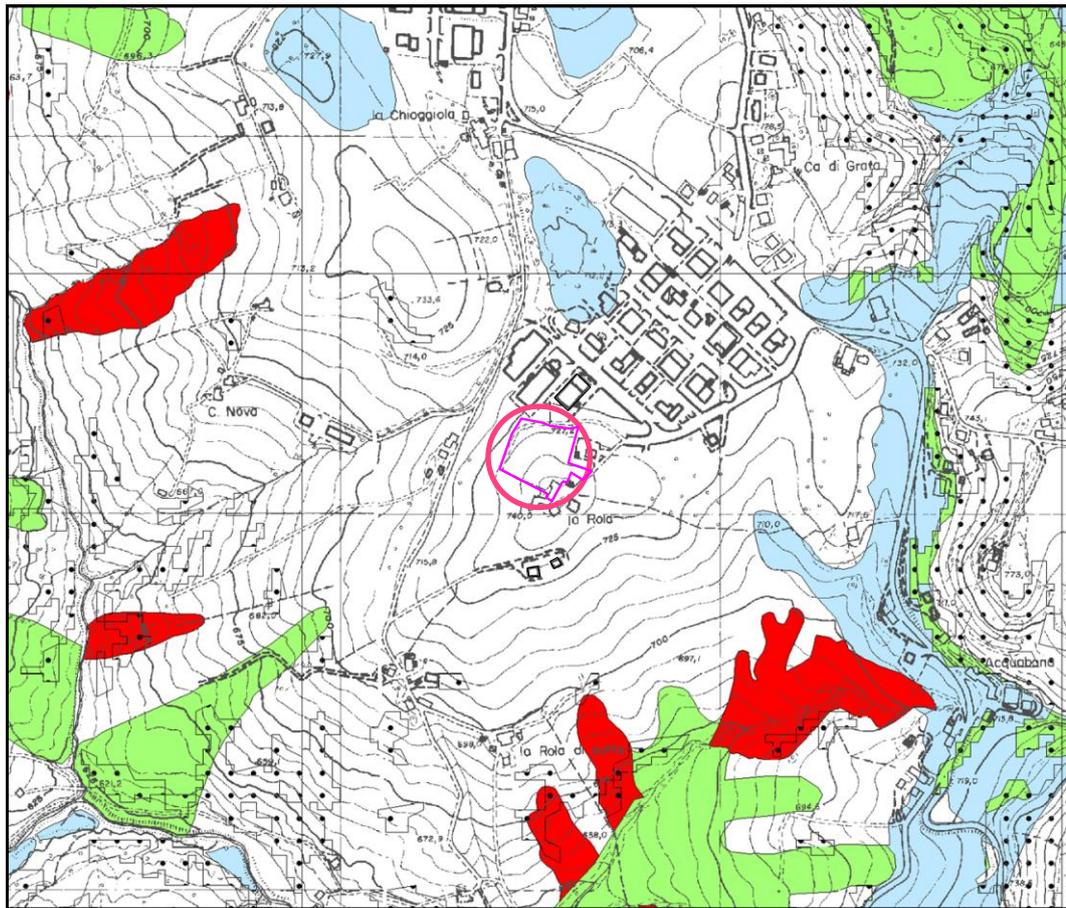
	<b>Codice scheda 2.1.1 NR</b>		Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR)	Art.17
			Aree a rischio idrogeologico molto elevato	Art.18A
			Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)	Art.18B



## CARTA DEL RISCHIO SISMICO

Scala 1:10'000

TAV. 6



PTCP Provincia di Modena  
Aree Suscettibili di effetti locali

Scala 1:10000



### Effetti attesi

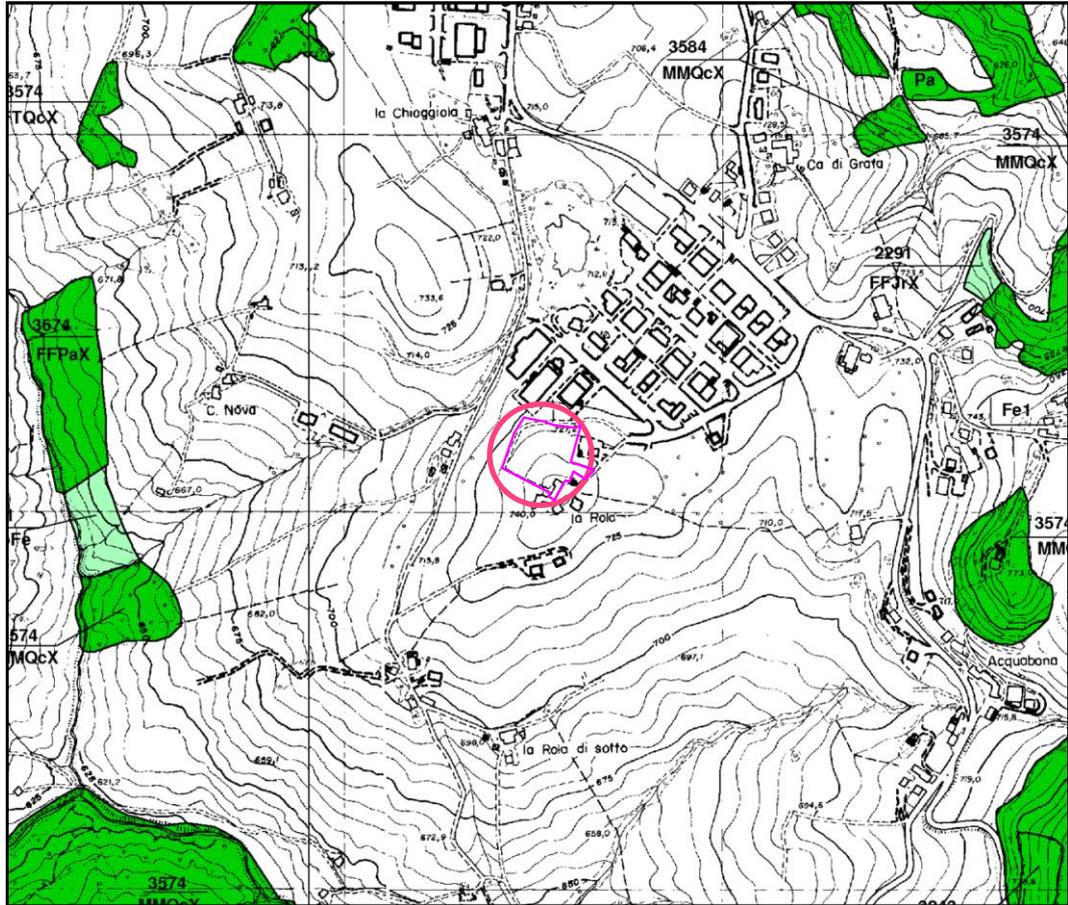
6	<p><b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b>  <u>studi</u>": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico;  <u>microzonazione sismica</u>": approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>
7	<p><b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione</b>  <u>studi</u>": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;  <u>microzonazione sismica</u>": approfondimenti di III livello.</p>
8	<p><b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti</b>  <u>studi</u>": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi;  <u>microzonazione sismica</u>": sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.</p>
9	<p><b>Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali</b>  <u>studi</u>": indagini per caratterizzare <math>V_{S30}</math>; in caso <math>V_{S30}</math> maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso <math>V_{S30}</math> minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;  <u>microzonazione sismica</u>": non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti di II livello.</p>
10	<p><b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche</b>  <u>studi</u>": indagini per caratterizzare <math>V_{S30}</math> e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso <math>V_{S30}</math> maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico, in caso <math>V_{S30}</math> minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico;  <u>microzonazione sismica</u>": valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpata, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza; in caso <math>V_{S30}</math> minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.</p>



# CARTA FORESTALE PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 7



 PTCP Provincia di Modena  
Carta Forestale

Scala 1:10000

0 100 200 300 400 500 mt

**LEGENDA**

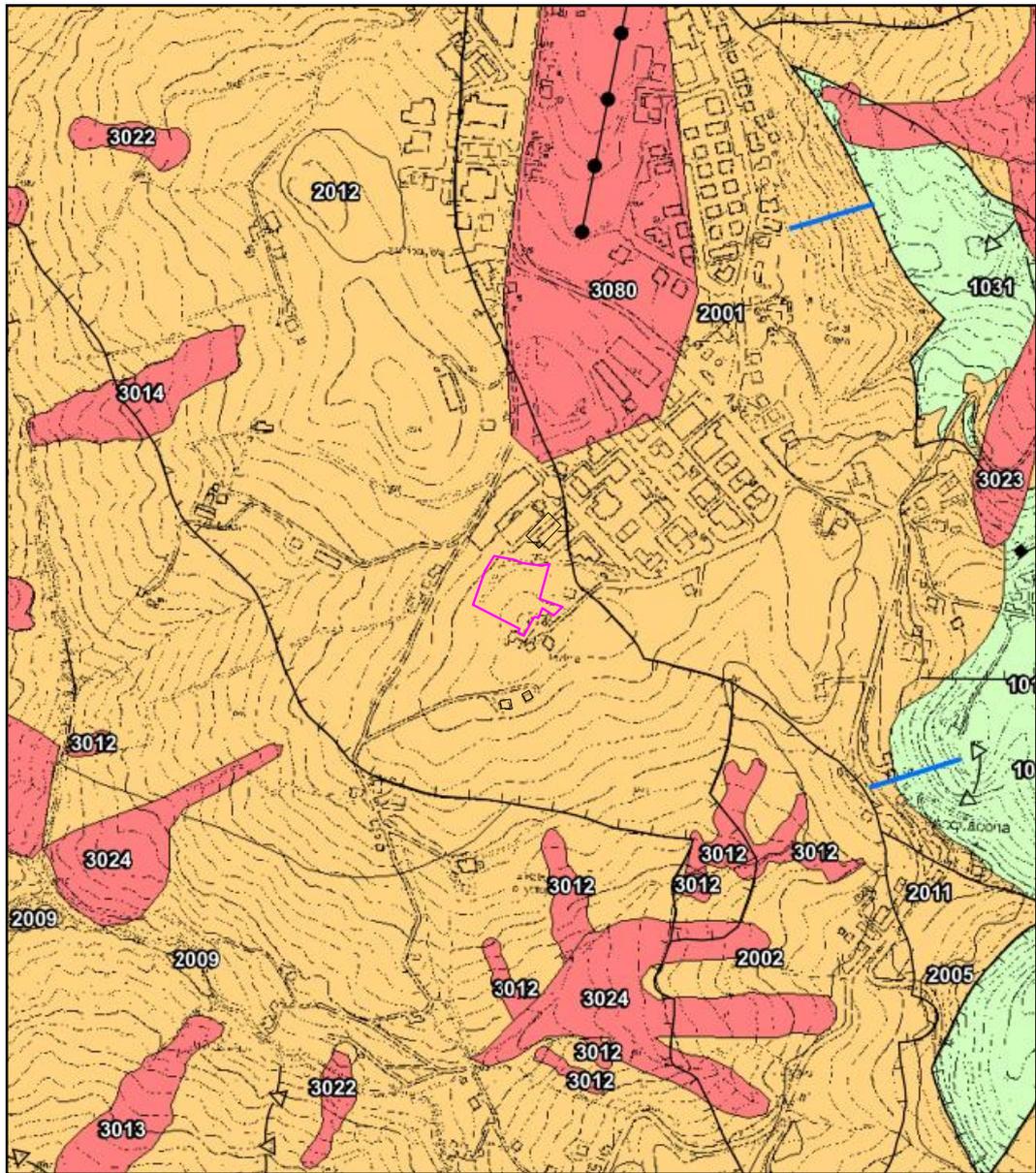
-  Area Forestale
-  Area Agricola: colture permanenti
-  Area Urbana: parco e/o giardino



## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA 1° LIVELLO - PSC

Scala 1:10'000

TAV. 8a1





## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA I LIVELLO - PSC

LEGENDA

TAV. 8a2

### Legenda

#### Zone stabili



#### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



#### Zone suscettibili di instabilità



Limite comunale

#### Forme di superficie e sepolte



Falda detritica



Conoide alluvionale



Orlo di scarpata morfologica >20m



creste



Valle sepolta larga



Valle sepolta stretta



Picco isolato



Sinkhole, grotte, cavità isolate



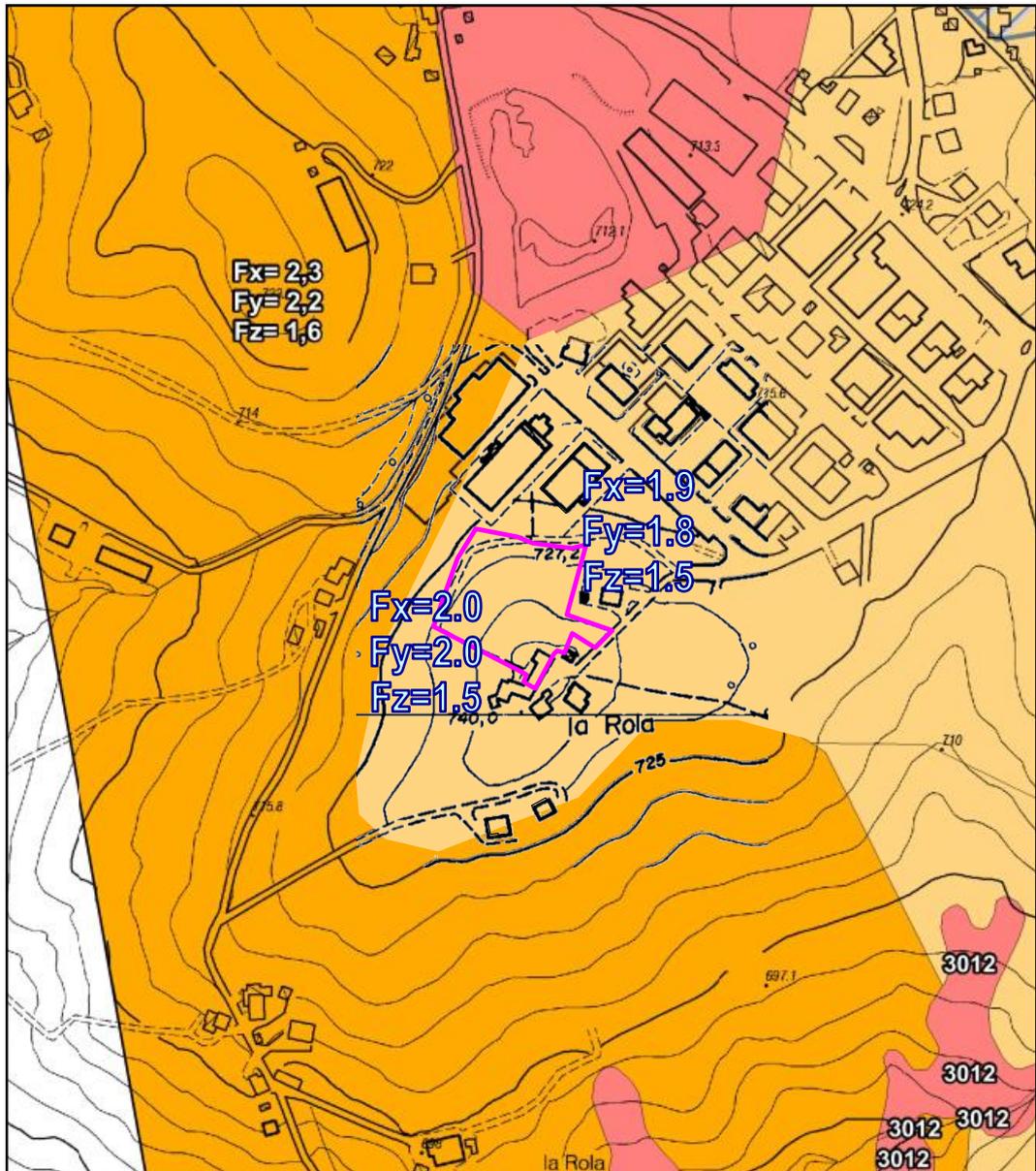
Traccia per gli approfondimenti  
delle amplificazioni topografiche



# 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



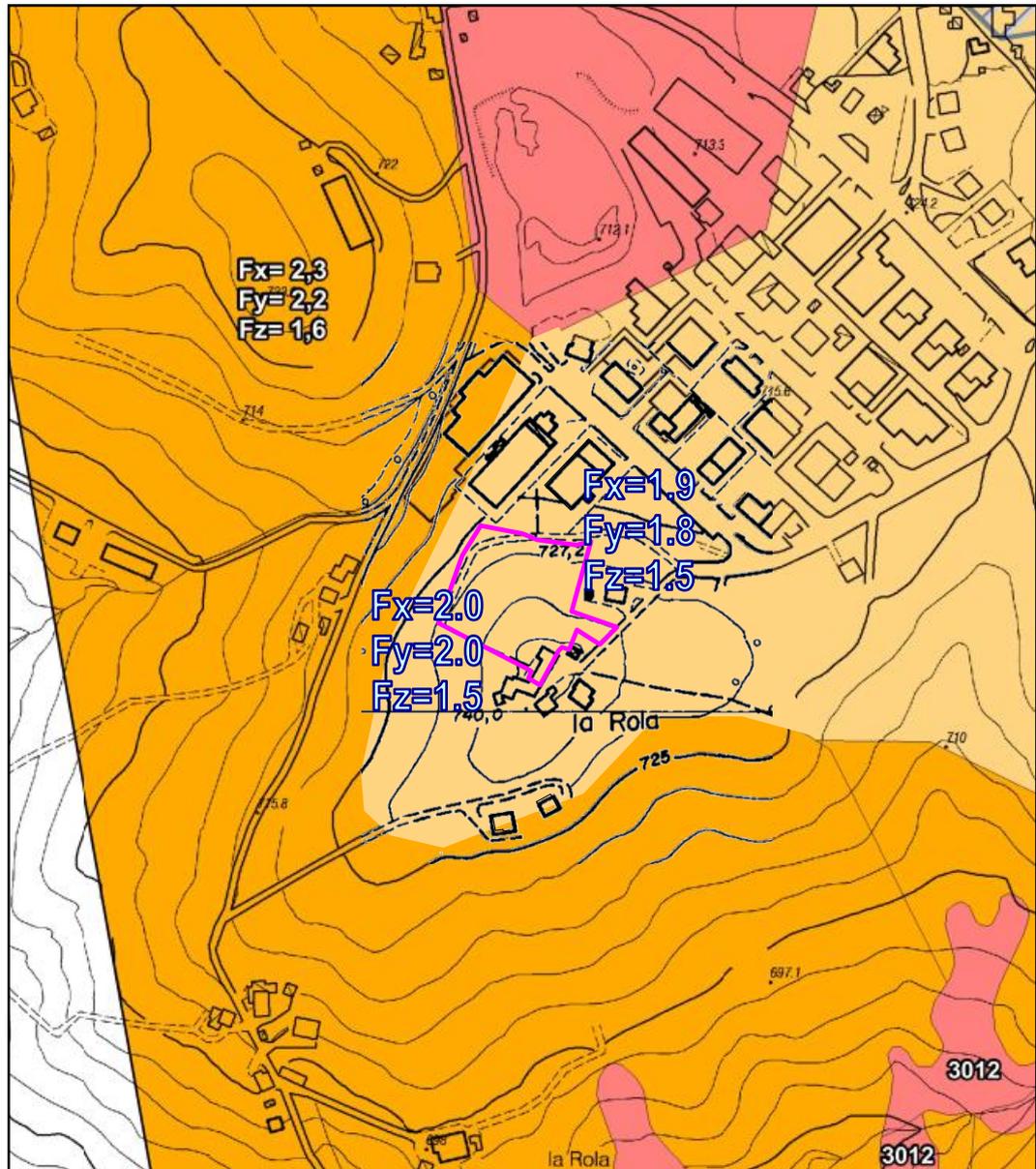
Area di amplificazione topografica



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

Scala 1:5000

TAV. 9b1





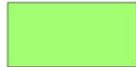
## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI<sub>0</sub> - PSC

LEGENDA

TAV. 9b2

### Legenda

#### Zone stabili



Zone stabili

#### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ( $F_y = S_{I(0,1-0,5)} / S_{I_0}$ )



$1 < F_y \leq 1,5$



$1,5 < F_y \leq 2$



$F_y > 2$

#### Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante Cedimenti differenziali



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche



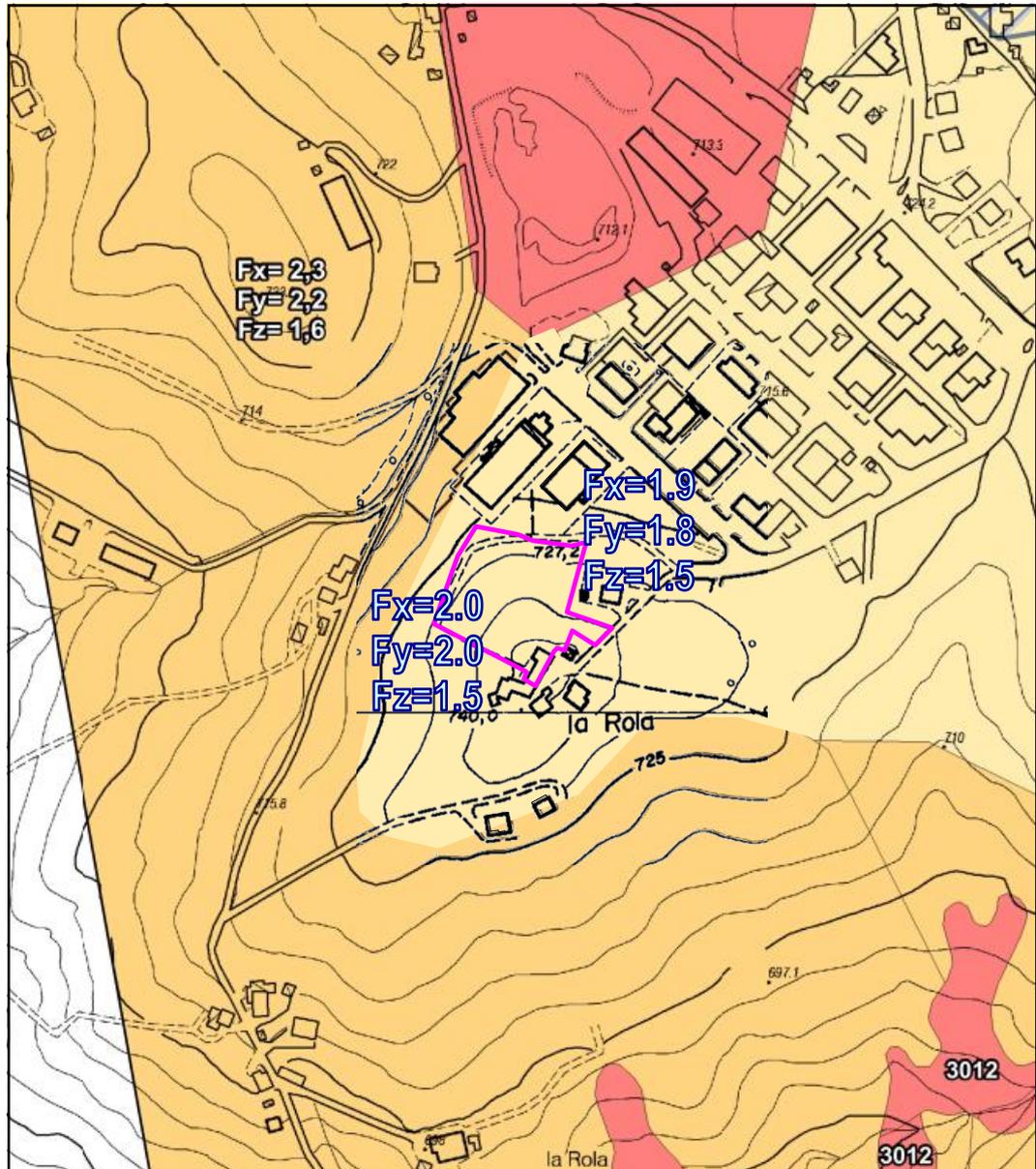
Area di amplificazione topografica



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

Scala 1:5000

TAV. 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

Scala 1:2000

TAV. 10



COMUNE : PAVULLO

FOGLIO : 86

MAPPALE : 4, 5, 260, 261, 264  
265, 1280

○ PROVA PENETROMETRICA

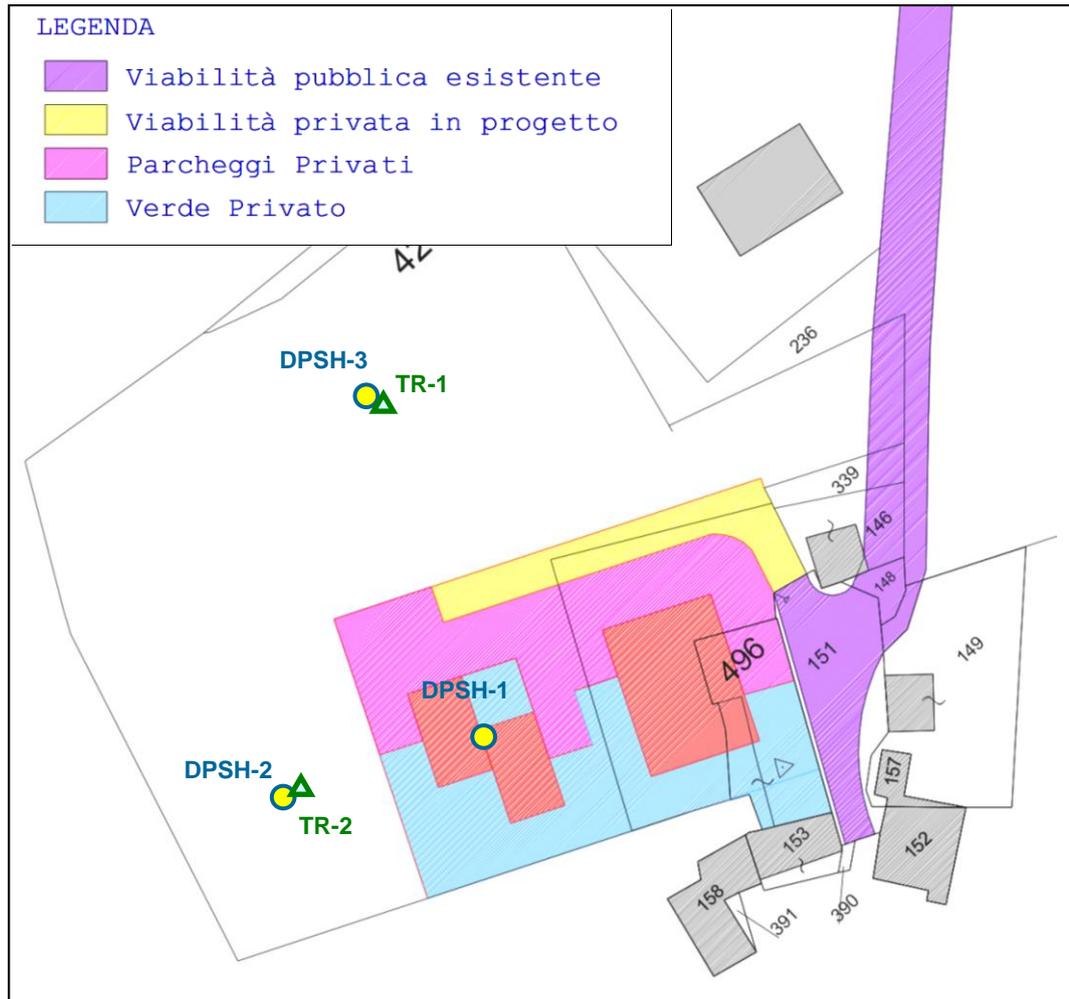
▲ REGISTRAZIONE SISMICA



## PLANIMETRIA CON PROVE GEOGNOSTICHE

Scala 1:1000

TAV. 11





## 1. RELAZIONE GEOLOGICA (6.1)

### 1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il sito è ubicato alla periferia Sud di S. Antonio, ad una quota di circa 730 m s.l.m. in un'area ai piedi di un piccolo promontorio (La Rola) debolmente declinante verso Sud/Ovest.

Nelle aree come questa, al contorno della “conca di S. Antonio” sono presenti unità in gran parte marnoso-argillose: il Membro di Monte Luminasio della *Formazione di Cigarellò* (CIG<sub>2</sub>) e soprattutto le *Argille Varicolori* (AVV) e le *Arenarie di Scabiazza* (SCB).

Su questi litotipi, dove l'acclività risulta più accentuata, soprattutto lungo i torrenti, abbiamo fenomeni di dissesto impostati sui termini più argillosi: in questi casi la morfologia presenta le tipiche forme dei terreni predisposti al dissesto, con gibbosità, piccoli fenomeni di soliflusso e pendii irregolari.

Nell'area, sulla Carta Geologica CARG, sono segnalate le *Argille Varicolori* (AVV), ma sia l'indagine geotecnica che quella sismica mostrano parametri molto migliori di quelli che ci si aspetterebbe da un litotipo prevalentemente argilloso e in genere molto deformato e tettonizzato.

Il settore sud occidentale dell'area è solcata dal *T. Cogorno*: lungo i versanti marcati da tale torrente si possono individuare movimenti di versante quiescenti e attivi.

Nel settore in oggetto la morfologia si presenta dolce e i fenomeni di dissesto sono praticamente assenti.

Limitati sono i depositi di versante (a3) costituiti da materiali eterometrici provenienti in massima parte dallo smantellamento dell'unità arenacea e accumulati per gravità o ruscellamento alla base degli affioramenti delle arenarie calcaree. Tali materiali vengono descritti nella carta geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo a scala 1:10.000 come “depositi detritici con clasti litoidi eterometrici, dai massi alle peliti,”.

Il bacino idrografico principale è quello del *Fiume Secchia*.

Le caratteristiche morfometriche del versante in oggetto sono riportate nella tavola 2.



## 1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico nell'area affiorano la *Formazione di Cigarello* del *Gruppo di Bismantova* (*Membro di Monte Luminasio*, CIG2), e quei terreni appartenenti alla *Successione Ligure* che in passato venivano denominati *Complesso Caotico e/o Argille Scagliose*, e descritti come: "Accumuli per frana sottomarina (Olistostromi). Blocchi di calcari grigi e verdastri, talora con microfossili cretacei ed eocenici, subordinatamente di arenarie calcarifere, inglobati in una matrice argillosa."

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

### - UNITA' EPILIGURI

GRUPPO DI BISMANTOVA

*Form. di Cigarello: Membro di Monte Luminasio (ABI2);*

### - UNITA' LIGURI

*Arenarie di Scabiazza (SCB);*

*Argille Varicolori (AVV);*

### GRUPPO DI BISMANTOVA

#### *Membro di Monte Luminasio della Form. di Cigarello (CIG2)*

Alternanze di arenarie localmente calcarenitiche e di peliti in strati risedimentati prevalentemente medio spessi e sottili, con rapporto A/P = 1. Le arenarie da medie a fini hanno cementazione variabile e colore grigio-nocciola, ocraceo per alterazione.

Potenza di circa 130 m. Langhiano - Serravalliano.

#### *Argille Varicolori (AVV)*

Argille rosse, violacee, verdastre, grigie e nerastre da ben stratificate a caotiche con intercalazioni di: torbiditi pelitico-arenacee sottili (rapporto A/P << 1), torbiditi arenacee o microconglomeratiche in strati isolati, siltiti mangesifere, calcari e calcari marnosi o marne grigio-chiare. La formazione è intensamente deformata a scala metrica. Potenza geometrica parziale dell'ordine di alcune centinaia di metri. Contatto basale non affiorante; parziale eteropia con SCB. Cenomaniano - Campaniano inf.



### 1.3 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

L'area in oggetto si pone in prossimità della conca di S. Antonio che con direzione Sud-Nord funge da spartiacque fra il bacino del *Fiume Panaro* (Est) e del *Fiume Secchia* (Ovest).

Le acque superficiali sono convogliate in rivoli che finiscono per confluire direttamente in tributari di destra del *Torrente Cogorno* che, più a valle, si immette nel *Torrente Rossenna*. Il bacino principale è quello del *Fiume Secchia*.

La permeabilità dei terreni, facenti parte dell'area oggetto di indagine, è praticamente nulla in corrispondenza delle *Argille Variocoloti*, limitata per fessurazione e porosità in corrispondenza delle arenarie e marne appartenenti alla *Gruppo di Bismantova*.

Le prove penetrometriche eseguite nell'area non hanno intercettato la presenza della falda.

Gli interventi previsti non potranno turbare in alcun modo il regime delle acque superficiali e/o sotterranee.

### 1.4 PROCESSI EROSIVI E GRADO DI STABILITA'

I processi erosivi, ad opera delle acque superficiali e di ruscellamento, sono nulli nell'area ove è previsto l'intervento, per i limitati valori dell'acclività e soprattutto per l'assenza di influenza diretta sul sito da parte del reticolo idrografico.

In aree distanti e collocate sul versante opposto in direzione Est (bacino del *Fiume Panaro*), oppure nel settore sud-occidentale della Carta Geologica, presso il *Torrente Cogorno*, sono presenti fenomeni di erosione concentrata lungo i rivoli che solcano i versanti ove affiorano le formazioni più argillose e/o i depositi a matrice pelitica. In ogni caso Tali fenomeni si manifestano con entità e in aree che non possono esercitare alcuna influenza sul tratto di versante in oggetto.

Nella "Carta delle frane e della stabilità dei terreni del bacino del Fiume Secchia/Panaro" i terreni affioranti nell'area circostante il sito esaminato sono descritti come: "terreni da sufficien-



temente stabili a stabili”. Solo sui versanti in direzione Est e al cambio di pendenza, ma fuori da qualunque influenza sul sito, si hanno terreni localmente predisposti al dissesto.

Nella *Carta del Dissesto* estratta dal PTCP non vengono segnalati fenomeni di dissesto e/o instabilità sul sito o nelle immediate vicinanze dell'area; non vengono altresì segnalate zone a potenziale instabilità.

Gli edifici facenti parte del nucleo de La Rola non presenta lesioni e/o cedimenti attribuibili a fenomeni di dissesto.

L'analisi geomorfologica e geologica unitamente alle prove geognostiche eseguite in sito (prove DPSH e HVSR), consentono di confermare la buona stabilità dell'area e dell'intorno.

## 1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI NOMINALI

E' stato eseguito un sopralluogo per caratterizzare dal punto di vista geologico, geomorfologico, geotecnico e geofisico l'area interessata ad essere inserita nel POC.

Nell'area affiora un litotipo (Formazione Argille Varicolori) che in genere mostra parametri meccanici più modesti di quelli visti nella presente indagine. La formazione è costituita da sottili strati arenacei spesso molto deformati tanto che quasi sempre si rinven-  
gono isolati blocchi arenacei entro una matrice pelitico argillosa.

Per la ricostruzione stratigrafica del sito e per ricavare i principali parametri meccanici sono state eseguite 3 prove penetrometriche dinamiche (DPSH) ubicate come da planimetria di TAV11.

Per ricavare la frequenza di sito, per calcolare la velocità delle onde S nel terreno, per classificare il sito secondo il DM 14/01/08 (metodo semplificato) ed, infine, per la RSL, sono state effettuate 2 registrazioni sismiche, a stazione singola (TR-1, TR-2), con tromografo Micromed in corrispondenza rispettivamente delle prove penetrometriche dinamiche DPSH-3 e DPSH-2.



### 1.5.1 Prove Penetrometriche Dinamiche

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno in oggetto sono state eseguite 4 prove penetrometriche dinamiche di tipo super pesante (DPSH). Possiamo utilizzare le relazioni esistenti in letteratura fra il numero dei colpi del penetrometro dinamico e il numero dei colpi dello Standard Penetration Test (Nspt).

Riportiamo l'elaborazione di tutte le prove penetrometriche dinamiche eseguite in sito (parametri nominali e carico ammissibile).

In queste tabelle vengono forniti i parametri nominali del terreno, mentre per i valori caratteristici, sia per le fondazioni superficiali che profonde, si veda il paragrafo 3.1 e le relative tabelle.

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

COMMITTENTE: DUESSE						LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/09/2015					
NOME FILE DUESSE DPSH-01						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			$\phi$ [°]	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> ]
1.6	4.6	9.6	27.0	6848	97	65	5787	116	15.2	3329	133
2.0	10.5	20.4	32.5	14517	356	137	12268	246	34.2	7015	281
2.4	6.0	12.2	28.6	8694	257	82	7347	154	41.8	3861	154
3.2	9.5	18.6	31.7	13238	466	125	11187	232	53.2	5928	237
4.0	18.3	34.0	37.0	24115	1165	228	20379	413	68.4	10841	434
4.8	14.8	27.9	35.3	19829	1108	187	16757	348	83.6	8353	334
5.6	17.3	32.3	36.6	22911	1500	216	19362	403	98.8	9217	369
6.0	32.5	57.9	42.2	41086	3699	388	34720	701	110.2	16865	675

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

COMMITTENTE: DUESSE						LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/09/2015					
NOME FILE DUESSE DPSH-02						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			$\phi$ [°]	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> ]
2.8	7.1	14.2	29.6	10093	206	95	8529	172	26.6	4863	195
5.0	10.5	20.3	32.4	14443	696	136	12205	258	74.1	6040	242
7.4	14.2	26.9	35.0	19106	1447	180	16146	348	117.8	7190	288
9.0	20.5	37.8	37.9	26823	2807	253	22668	486	155.8	9425	377
11.4	14.7	27.8	35.3	19723	2392	186	16668	383	193.8	6124	245
14.0	16.8	31.6	36.4	22415	3371	212	18942	443	241.3	6355	254
14.2	25.0	45.4	39.7	32254	5796	304	27257	611	267.9	8853	354
14.6	32.5	57.9	42.2	41086	8491	388	34720	755	273.6	11509	460



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

COMMITTENTE: DUESSE						LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/09/2015					
NOME FILE DUESSE DPSH-03						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			$\phi$ [°]	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> ]
2.4	4.3	8.9	26.6	6340	127	60	5358	110	22.8	2948	118
3.0	10.7	20.7	32.6	14725	507	139	12444	255	51.3	6727	269
3.8	5.5	11.3	28.0	8017	357	76	6775	151	64.6	3313	133
7.4	11.3	21.8	33.0	15490	1051	146	13090	286	106.4	5892	236
8.8	16.1	30.3	36.1	21546	2109	203	18208	400	153.9	7490	300
10.0	17.8	33.3	36.9	23618	2692	223	19959	441	178.6	7710	308
10.4	32.5	57.9	42.2	41086	6151	388	34720	729	193.8	13538	542

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N <sub>spt</sub> = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^5 + 15 ; N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$	(Road Bridge Specification; Carter & Bentley)
Mo = 710 · N <sub>spt</sub> [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa <sub>1</sub> = [(h · γ' · N <sub>q</sub> ) + (½ b · γ' · N <sub>γ</sub> )] / 3;	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub> Meyerhof)
Ed = 600 · N <sub>spt</sub> [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Cu = 6.7 · N <sub>spt</sub>	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Qa <sub>2</sub> = [(h · γ') + (Cu · N <sub>c</sub> )] / 3;	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; N <sub>c</sub> =5.14)
R <sub>dp</sub> = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa <sub>3</sub> = (R <sub>dp</sub> / 15 ÷ 30); Qa = (R <sub>pd</sub> / 25)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

Le tre prove eseguite concordano nell'individuare una ricopertura costituita da materiale argilloso abbastanza consistente (Nspt~9/11), dello spessore variabile fra 2.5 m della prova DPSH-1, ai 3/4 m delle prove DPSH-2 e DPSH-3; al di sotto di questo strato più superficiale si rinviene un substrato ancora più compatto (Nspt > 10), costituito da flysch e/o roccia alterata.

L'elaborazione di tutte le prove penetrometriche dinamiche viene riportata nell'allegato A.



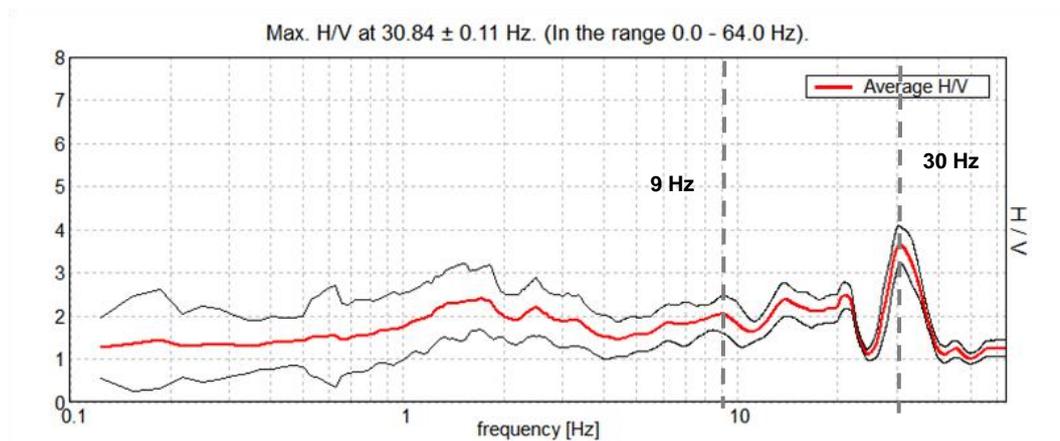
## 1.5.2 Registrazione Sismica

Le prove sismiche hanno confermato la presenza del substrato più compatto ad una profondità di circa 9/10 m e dal p.c. e hanno individuato altri strati di roccia a densità crescente.

Le misure delle  $V_{s30}$  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).

Di seguito si riporta il grafico H/V-Hz della registrazione sismica TR-1, effettuata in prossimità della prova penetrometrica 3:



Osservando il grafico precedente si nota un picco importante intorno a 30 Hz, altri picchi si osservano fra 1 e 64 Hz mentre un cambiamento importante di pendenza lo si nota a circa 10 Hz.

Il picco massimo che si colloca 30 Hz è posto ad una profondità molto modesta e segna il passaggio fra il materiale superficiale e quello sottostante più compatto ( $h \sim 2/2.5$  m dal p.c.).

Il cambio di acclività posto a circa 9/10 Hz è importante perché segna il passaggio fra il materiale ancora attraversabile dal penetrometro e la roccia più compatta sottostante che manda a rifiuto lo strumento nelle prove 2 e 3 ( $h \sim 9/10$  m dal p.c.).

La frequenza fondamentale di risonanza ( $F_r$ ) dello strato relativa alle onde S è pari a:

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

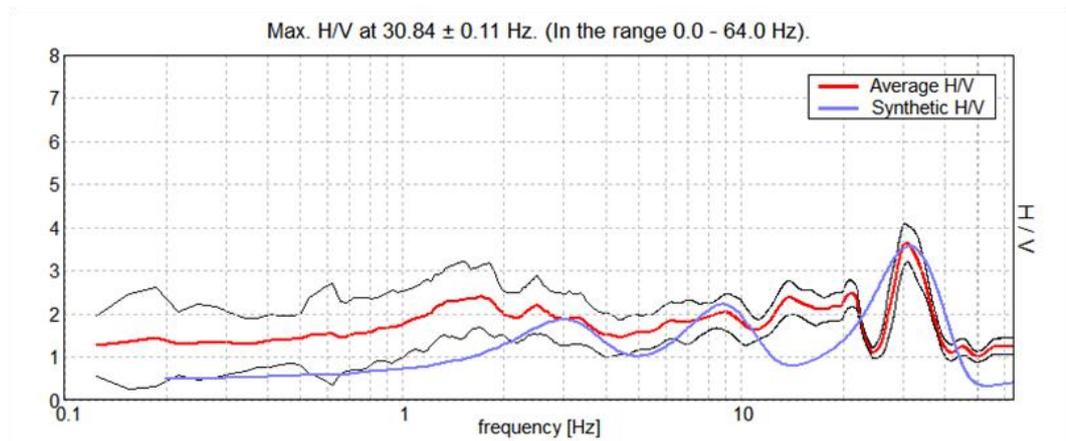


Dalla formula precedente, conoscendo la frequenza e sapendo dalla prova penetrometrica che il passaggio fra lo strato più superficiale e quello sottostante avviene ad una certa profondità  $h$ , alla quale corrisponde la frequenza  $F_r$ , si può ottenere la  $V_s$  media dello strato sovrastante.

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:

Bottom of the layer [m]	Thickness [m]	$V_s$ [m/s]	Poisson ratio
0.90	0.90	115	0.35
2.10	1.20	270	0.35
9.10	7.00	305	0.35
49.10	40.00	590	0.35
inf.	inf.	1000	0.35

Nel grafico in basso, il confronto fra la curva H/V teorica (blu) e quella sperimentale (rosso).





### 1.5.3 Caratterizzazione Geologica Geotecnica e Stratigrafica

Dal punto di vista geologico e geotecnico le conoscenze sull'area in oggetto si possono così riassumere:

- il terreno affiorante risulta costituito da un primo strato di materiale a caratteristiche meccaniche modeste (argille allentate) con spessore variabile fra 2 e 4 m e  $N_{spt} \sim 9/11$  colpi.
- Un secondo strato, sottostante allo strato precedente, costituito da flysch alterato e fratturato ( $N_{spt} > 10$  spesso  $\gg 10$  e  $V_s \sim 300$ ) mostra una profondità di circa 9/10 dal p.c. m.
- Il versante in forza sia del suo assetto strutturale che della sua bassa acclività risulta stabile e non mostra alcun fenomeno morfogenetico in atto.

#### "STRATIGRAFIA TIPO" DEL SITO

0.0—4.0	m	Suolo e depositi argillosi e limosi ( $V_s \sim 110/270$ m/s)
4.0—9/10	m	Roccia fratturata e alterata ( $V_s \sim 300$ m/s)
10—49	m	Roccia fratturata e alterata ( $V_s \sim 300/310$ m/s)
>49	m	Roccia più integra ( $V_s > 590$ m/s)

Semplificando ancora di più il modello precedente possiamo fornire la seguente stratigrafia di sintesi (parametri nominali):

STRATIGRAFIA DPSH-3			
LITOLOGIA	H	Nspt[h]	DESCRIZIONE
1	1.0	9 [2.0]	Terreno vegetale limo argilloso sabbioso con clasti
2			Spezzoni arenacei in matrice pelitica ed argillosa ( $V_s \sim 110/270$ m/s)
3	4.0	11 [3.8]	Spezzoni arenacei in matrice pelitica ed argillosa ( $V_s \sim 300/310$ m/s)
4			
5			
6			
7	10.0	100 [10.5]	Flysch ? ( $V_s \sim 590$ m/s)
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			





## 2. RELAZIONE SISMICA (6.3)

### 2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

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 <sub>g</sub> /g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a <sub>g</sub> /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) 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  $a_g = 0.159$  g.

Il suolo viene ancora suddiviso in cinque classi principali (A, B, C, D, E) più due categorie aggiuntive S1 e S2 (vedi nota 1).

---

#### NOTA 1: Categorie del suolo di fondazione

A - *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

B - *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata  $C_u > 250$  kPa).

C - *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < NSPT < 50$ ,  $70 < C_u < 250$  kPa).

D - *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s (NSPT < 15,  $C_u < 70$  kPa).

E - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s.

In aggiunta a queste categorie, per le quali nel punto 3.2 vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1 - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di Vs30 < 100 m/s ( $10 < C_u < 20$  kPa)

S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

Nelle definizioni precedenti Vs30 è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

---



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 prevede ancora la correlazione 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:

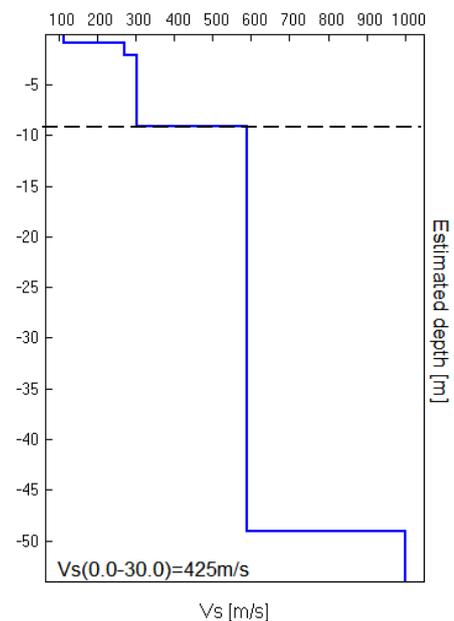
$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{s30i})$$

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

Per i dettagli si rimanda al paragrafo 1.5.2 e agli allegati.

Qui prenderemo in esame la registrazione sismica n°2 eseguita in prossimità della prova penetrometrica dinamica TR-1.

Thickness [m]	Vs [m/s]
0.90	115
1.20	270
7.00	305
40.00	590
inf.	1000



Elaborando le varie velocità secondo la formula precedente si ottiene per una profondità  $h=0$  m dal p.c. una  $V_{s30} = 425$  m/s.

Quindi sulla base del DM14/01/08, si può concludere che l'area in oggetto ricade nella classe di suolo B.



## 2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (DM 14/01/2008)

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 14/01/2008 (§ 3.2.3.2.2) 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.

§ 3.2.3.2.2

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

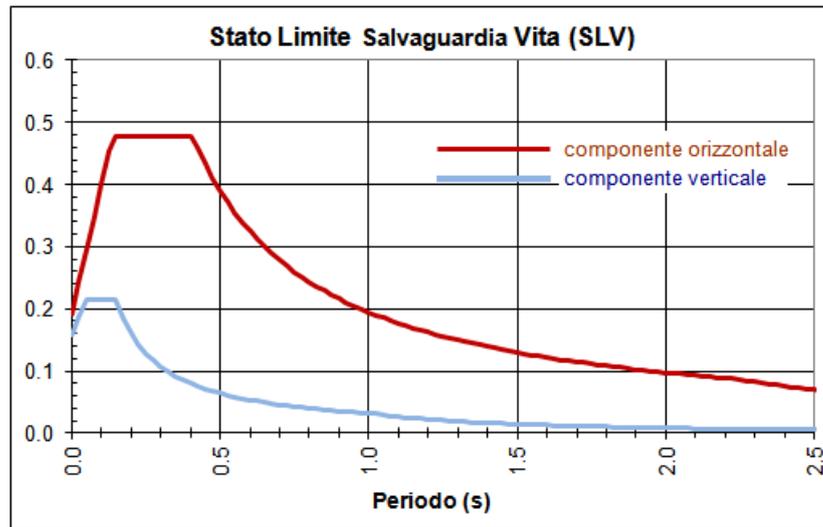
$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

$S = S_s \times S_T$	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 ( $m/s^2$ ).

Dalle correlazioni con le Nspt si ottiene un **suolo B**; per questo tipo di suolo, con un tempo di ritorno **Tr=475 anni**, una amplificazione topografica **St=1.0** e un coefficiente di smorzamento = 5%, si ottengono 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 **B**.
- 2) L'accelerazione orizzontale di picco PGA (Peak Ground Acceleration) è di **0.48** con  $T_r=475$  anni (dove  $g$  = accelerazione di gravità =  $9.81 \text{ m/s}^2$ ).
- 3) Il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_c$  e il coefficiente  $C_c$  sono quelli relativi alla categoria di suolo di fondazione **B** descritti nella tabella 3.2.5. del DM 14/01/2008.

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

Per i dettagli si veda l' **ALLEGATO B** e il DM 14/01/2008.



### 2.3 MICROZONAZIONE SISMICA II LIV. (DAL RER 112/2007)

Ai fini del DAL RER 112/2007 va definita la microzonazione sismica per l'area in oggetto. Per quest'area è stata eseguita una analisi di secondo livello. Poiché abbiamo a disposizione due lettura sismiche simili si è proceduto a riportare l'elaborazione della registrazione TR-1:

DATUM ED50 UTM_X = 646331 m UTM_Y = 4913779 m				
PROFONDITA' (m)	SPESSORE (m)	Vs (m/s)	BEDROCK	
0.90	0.90	115		Vs30 425 m/s
2.10	1.20	270		
9.10	7.00	305		
30.00	20.90	590	X	
49.10	19.10	590		Vsh 258 m/s h = 9.1 m
		1000		

Nell'analisi di II livello è sufficiente la conoscenza delle Vs e della profondità del bedrock sismico, per calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento (vedi tabelle e formule dell'Allegato A2 della direttiva regionale).

Questi fattori sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGAo) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SIo) per prefissati intervalli di periodi, dove PGAo e SIo sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, definiti per ogni comune, ricavabili dal data base regionale (disponibile nel sito internet [www.regione.emilia-romagna.it/geologia/sismica](http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/sismica)) e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti.

Nell'analisi di secondo livello, per valutare gli effetti locali, è sufficiente conoscere il fattore di amplificazione (FA) da associare al sito in esame: esso dipende dalla velocità delle onde S (Vs30 o Vsh) e dalla profondità del bedrock (h), applicando i valori dettati dalla direttiva 112/2007, Allegato A2.



**F.A. P.G.A.**

$V_{SH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	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 -  $0.1s < T_0 < 0.5s$**

$V_{SH}$ 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 -  $0.5s < T_0 < 1.0s$**

$V_{SH}$ 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

**LETTURA SISMICA TR-1**

<b>CASO APP1 (Substrato <math>V_s &lt; 800</math> m/s)</b>	
H	= 9.1 m
$V_{sh}$	= 258 m/s
FA PGA	= 1.9
FA IS ( $0.1 < T_0 < 0.5$ s)	= 1.8
FA IS ( $0.5 < T_0 < 1.0$ s)	= 1.5

In queste tabelle (vedi tabelle seguenti), in funzione della velocità di propagazione delle onde S e della profondità h, sono indicati i fattori di amplificazione (FA PGA ed FA SI).

In conclusioni, per il lotto studiato, si sono ottenute le seguenti amplificazioni massime:  $PGA/PGA_0=1.9$ ;  $SI/SI_{0(0.1-0.5)}=1.8$ ;  $SI/SI_{0(0.5-1.0)}=1.5$ .



## 3. RELAZIONE GEOTECNICA

### 3.1 DATI DI PROGETTO

#### 3.1.1 Studi Eseguiti

Il presente lavoro riguarda lo studio sulla stratigrafia e sui parametri caratteristici del terreno in località *La Rola* (S. Antonio), per l'inserimento dell'area in oggetto nel POC comunale.

Sono state eseguite 3 prove penetrometriche dinamiche per la ricostruzione stratigrafica e per la caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione.

Quindi i parametri nominali, ottenuti dalle prove penetrometriche, sono stati elaborati per ricavare i valori caratteristici.

Per le verifiche di capacità portante allo SL delle future fondazioni e per il calcolo dei cedimenti si rimanda alle future relazioni Geologiche e Geotecniche che verranno sviluppate per ogni singolo fabbricato mentre qui ci limiteremo a fornire i parametri caratteristici del terreno, l'amplificazione sismica (vedi paragrafo precedente) ed infine, se necessario, a verificare la stabilità del sito.

#### 3.1.2 Parametri Caratteristici

I dati riportati nelle tabelle seguenti, sono stati elaborati per grandi superfici (fondazioni su plinti) e per piccole superfici (calcolo della portanza del palo).

In ogni caso, l'elaborazione di tutte le prove è disponibili nell'Allegato A. I dati sono stati rielaborati al 5° percentile di distribuzione della media così da ottenere i valori caratteristici ( $X_k$ ).

Il valori di progetto ( $X_d$ ) vengono ricavati da quelli caratteristici secondo il DM 14/01/2008 (vedi tabella 6.2.II).

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_T$	1,0	1,0



Dai parametri nominali (pag. 25 e 26) si ricavano i parametri caratteristici che vengono mostrati nella tabella sotto riportata nella quale viene elaborata la prova penetrometrica dinamica DPSH-3. Vediamo i dati ottenuti dall'elaborazione per grandi superfici (fondazioni su plinti, travi rovesce, platee, ecc.):

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE ( $C_u, \phi$ ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-03  
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: DUESSE				LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/09/2015							
NOME FILE DUESSE DPSH-03				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare ( $\phi$ )				Natura Coesiva ( $C_u$ )			
[m]	[media]	[media]	Num	$\phi_m$ [°]	dev stand	$\phi_k$ [°]	$\phi_d$ [°]	$C_{um}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	$C_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_{ud}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
2.4	4.3	8.9	12	26.6	0.7	<b>26.2</b>	<b>21.5</b>	60	7.9	<b>56</b>	<b>40</b>
3.0	10.7	20.7	3	32.6	0.9	<b>31.1</b>	<b>25.7</b>	139	13.8	<b>109</b>	<b>78</b>
3.8	5.5	11.3	4	28.0	1.4	<b>26.8</b>	<b>22.0</b>	76	16.3	<b>62</b>	<b>44</b>
7.4	11.3	21.8	18	33.0	1.3	<b>32.5</b>	<b>27.0</b>	146	20.7	<b>137</b>	<b>98</b>
8.8	16.1	30.3	7	36.1	1.0	<b>35.3</b>	<b>29.5</b>	203	23.6	<b>185</b>	<b>132</b>
10.0	17.8	33.3	6	36.9	0.8	<b>36.1</b>	<b>30.3</b>	223	22.3	<b>203</b>	<b>145</b>
10.4	32.5	57.9	2	42.2	1.0	<b>39.7</b>	<b>33.6</b>	388	39.0	<b>289</b>	<b>206</b>

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) [ $\gamma_\phi = 1.25$ ]

$C_{um}$  = Dato medio della coesione non drenata

$C_{uk}$  = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

$C_{ud}$  = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [ $\gamma_{cu} = 1.4$ ]

Ad esempio, per la verticale DPSH-3 (la peggiore per i terreni più superficiali presenti nell'area) nei calcoli geotecnici, quando si tratta di grandi superfici (plinti, platee, travi rovesce) si potranno utilizzare i seguenti parametri geotecnici caratteristici del terreno:

#### STRATO 1 (Depositi limosi ed argillosi 0<h<2.4 m)

$$\phi'_k \sim 26^\circ$$

$$C'_k \sim 5/10 \text{ kPa (stimato)}$$

$$C_{uk} \sim 60 \text{ kPa}$$

#### STRATO 3 (Depositi limosi ed argillosi 3.0<h<3.8 m)

$$\phi'_k \sim 27^\circ$$

$$C'_k \sim 5/10 \text{ kPa (stimato)}$$

$$C_{uk} \sim 60 \text{ kPa}$$



Seguono i calcoli dei parametri caratteristici elaborati per piccole superficie e quindi per il calcolo della portanza del palo singolo. Si prende sempre in considerazione l'elaborazione della prova penetrometrica DPSH-3, quella che ha mostrato caratteristiche geotecniche più modeste nello strato più superficiale:

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE ( $C_u, \phi$ ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-03  
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: DUESSE				LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/09/2015							
NOME FILE DUESSE DPSH-03				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare ( $\phi$ )				Natura Coesiva ( $C_u$ )			
[m]	[media]	[media]	Num	$\phi_m$ [°]	dev stand	$\phi_k$ [°]	$\phi_d$ [°]	$C_{um}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	$C_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_{ud}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
2.4	4.3	8.9	12	26.6	0.7	25.4	25.4	60	7.9	48	48
3.0	10.7	20.7	3	32.6	0.9	28.9	28.9	139	13.8	90	90
3.8	5.5	11.3	4	28.0	1.4	24.7	24.7	76	16.3	49	49
7.4	11.3	21.8	18	33.0	1.3	30.9	30.9	146	20.7	115	115
8.8	16.1	30.3	7	36.1	1.0	34.4	34.4	203	23.6	167	167
10.0	17.8	33.3	6	36.9	0.8	35.5	35.5	223	22.3	188	188
10.4	32.5	57.9	2	42.2	1.0	37.3	37.3	388	39.0	251	251

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 (M1) [ $\gamma_\phi = 1.0$ ]

$C_{um}$  = Dato medio della coesione non drenata

$C_{uk}$  = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)

$C_{ud}$  = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [ $\gamma_{cu} = 1.0$ ]

I dati riportati nelle 2 tabelle precedenti sono relativi alla verticale DPSH-3, per l'elaborazione di tutte le altre prove penetrometriche dinamiche (parametri caratteristici per piccole e grandi superfici) si possono esaminare le tabelle dell'allegato A.

In particolare nella terza pagina di ogni prova, la tabella in alto fornisce i parametri caratteristici per grandi superfici e quindi per la capacità portante di fondazioni superficiali, a nastro, a platea o per plinti ( $L > 2$  m); la tabella in basso invece fornisce i parametri caratteristici per piccole superfici e cioè per i pali.

Per concludere si forniscono, nelle pagine che seguono, le tabelle riassuntive dei parametri geotecnici per ogni verticale di indagine: in alto le tabelle per fondazioni superficiali in basso per i pali.



DPSH-01 (valori caratteristici per fondazioni superficiali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI				
		1	2	3	4	5
Profondità letto dello Strato	[m]	0.4	3	5.2	9	10.8
Spessore dello Strato	[m]	0.4	2.6	2.2	3.8	1.8
Nspt (Standard Penetration Test)	-	34	10	14	29	28
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>3</sup> ]	20	18	19	20	20
Densità Relativa	$D_r$ [%]	100	65	65	79	69
Coesione non drenata (con $\phi^l=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>2</sup> ]	170	60	85	165	135
Angolo di attrito interno (con $C^l=0$ )	$\phi^l_k$ [°]	35	26	29	34	33
Grado di Consolidamento	OCR	>4	0.3	3.1	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>2</sup> ]	20600	5900	8500	17300	16900
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>2</sup> ]	60200	8100	11700	71800	79600
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>3</sup> ]	28300 47500	14900 21400	22700 61400	45100 210000	46400 289300

DPSH-01 (valori caratteristici per pali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI				
		1	2	3	4	5
Profondità letto dello Strato	[m]	0.4	3	5.2	9	10.8
Spessore dello Strato	[m]	0.4	2.6	2.2	3.8	1.8
Nspt (Standard Penetration Test)	-	34	10	14	29	28
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>3</sup> ]	20	18	19	20	20
Densità Relativa	$D_r$ [%]	100	65	65	79	69
Coesione non drenata (con $\phi^l=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>2</sup> ]	150	45	65	105	90
Angolo di attrito interno (con $C^l=0$ )	$\phi^l_k$ [°]	33	24	27	30	30
Grado di Consolidamento	OCR	>4	0.3	3.1	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>2</sup> ]	20600	5900	8500	17300	16900
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>2</sup> ]	60200	8100	11700	71800	79600
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>3</sup> ]	28300 47500	14900 21400	22700 61400	45100 210000	46400 289300



DPSH-02 (valori caratteristici per fondazioni superficiali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Profondità letto dello Strato	[m]	2.8	5	7.4	9	11.4	14	14.2	14.6
Spessore dello Strato	[m]	2.8	2.2	2.4	1.6	2.4	2.6	0.2	0.4
Nspt (Standard Penetration Test)	-	14	20	27	38	28	32	45	58
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>3</sup> ]	19	20	20	20	20	20	21	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	81	79	79	86	68	67	77	86
Coazione non drenata	$C_{uk}$ [kNm <sup>2</sup> ]	85	120	170	215	170	205	195	290
Angolo di attrito interno	$\phi'_k$ [°]	29	31	34	37	35	36	36	40
Grado di Consolidamento	OCR	0.6	2.4	>4	>4	>4	>4	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>2</sup> ]	8500	12200	16100	22700	16700	18900	27300	34700
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>2</sup> ]	10900	15700	66400	84800	79600	91800	116100	129300
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>3</sup> ]	20600 24700	31000 83500	41800 173600	58300 336800	46000 287100	53100 404500	73300 695500	90700 1019000

DPSH-02 (valori caratteristici per pali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Profondità letto dello Strato	[m]	2.8	5	7.4	9	11.4	14	14.2	14.6
Spessore dello Strato	[m]	2.8	2.2	2.4	1.6	2.4	2.6	0.2	0.4
Nspt (Standard Penetration Test)	-	14	20	27	38	28	32	45	58
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>3</sup> ]	19	20	20	20	20	20	21	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	81	79	79	86	68	67	77	86
Coazione non drenata	$C_{uk}$ [kNm <sup>2</sup> ]	70	100	150	175	150	190	195	250
Angolo di attrito interno	$\phi'_k$ [°]	28	30	33	35	34	36	35	37
Grado di Consolidamento	OCR	0.6	2.4	>4	>4	>4	>4	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>2</sup> ]	8500	12200	16100	22700	16700	18900	27300	34700
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>2</sup> ]	10900	15700	66400	84800	79600	91800	116100	129300
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>3</sup> ]	20600 24700	31000 83500	41800 173600	58300 336800	46000 287100	53100 404500	73300 695500	90700 1019000



DPSH-03 (valori caratteristici per fondazioni superficiali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI						
		1	2	3	4	5	6	7
Profondità letto dello Strato	[m]	2.4	3	3.8	7.4	8.8	10	10.4
Spessore dello Strato	[m]	2.4	0.6	0.8	3.6	1.4	1.2	0.4
Nspt (Standard Penetration Test)	-	9	21	11	22	30	33	58
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>3</sup> ]	18	20	19	20	20	20	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	65	87	61	74	77	77	98
Coazione non drenata	$C_{uk}$ [kNm <sup>2</sup> ]	55	110	60	135	185	205	290
Angolo di attrito interno	$\phi'_k$ [°]	26	31	27	33	35	36	40
Grado di Consolidamento	OCR	0.4	0.9	0.6	>4	>4	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>2</sup> ]	5400	12400	6800	13100	18200	20000	34700
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>2</sup> ]	7300	15500	9500	58100	77200	85200	104600
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>3</sup> ]	13200 15200	30600 60800	18100 42800	34300 126100	48000 253000	53000 323000	87500 738100

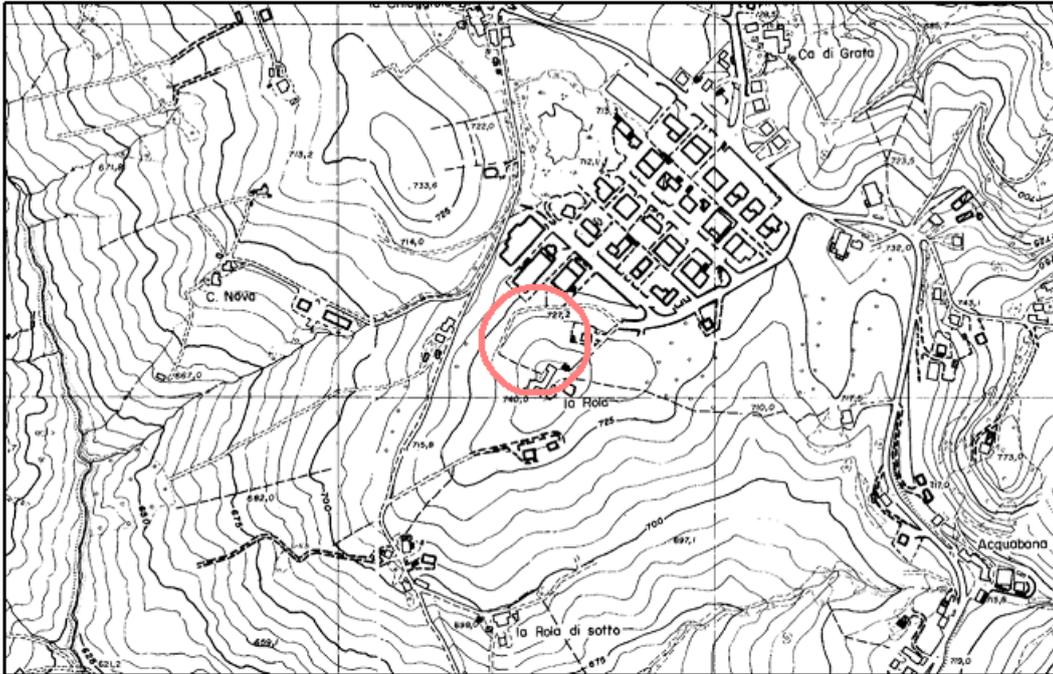
DPSH-03 (valori caratteristici per pali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI						
		1	2	3	4	5	6	7
Profondità letto dello Strato	[m]	2.4	3	3.8	7.4	8.8	10	10.4
Spessore dello Strato	[m]	2.4	0.6	0.8	3.6	1.4	1.2	0.4
Nspt (Standard Penetration Test)	-	9	21	11	22	30	33	58
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>3</sup> ]	18	20	19	20	20	20	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	65	87	61	74	77	77	98
Coazione non drenata	$C_{uk}$ [kNm <sup>2</sup> ]	50	90	50	115	165	190	250
Angolo di attrito interno	$\phi'_k$ [°]	25	29	25	31	34	35	37
Grado di Consolidamento	OCR	0.4	0.9	0.6	>4	>4	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>2</sup> ]	5400	12400	6800	13100	18200	20000	34700
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>2</sup> ]	7300	15500	9500	58100	77200	85200	104600
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>3</sup> ]	13200 15200	30600 60800	18100 42800	34300 126100	48000 253000	53000 323000	87500 738100



## 4. CONCLUSIONI

C.T.R. sc. 1:10.000 N° 236030 sc. 1:5000 N° 236033



INQUADRAMENTO DELL' AREA	Descrizione
Geologia	AVV Argille rosse, violacee, verdastre, grigie e nerastre da ben stratificate a caotiche con interca lazioni di: torbiditi pelitico-arenacee sot tili (rap porto A/P<<1),
Morfologia	Quota compresa fra i 730 - 740 m s.l.m. Esposizione Nord-Ovest Acclività 14 - 18 %
Idrogeologia - Idrologia	Bassa permeabilità dei terreni per elevata componente argillosa. Buon deflusso delle acque superficiali
<b>Classificazione PTCP</b>	
Carta del Dissesto PTCP	Area classificata stabile
Carta del Rischio Sismico PTCP	Area classificata pot. Non soggetta ad amplif.
<b>Classificazione PSC</b>	
Carta microz. sismica I Livello (PSC)	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locale
Carta microz sismica II Livello Pga/Pga0	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locale $1,5 < F_x \leq 2$
Carta microz sismica II Livello SI/SI0	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locale $1,5 < F_y \leq 2$
Carta microz sismica II Livello SI(0.5-1.0) / SI0	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locale $1,0 < F_z \leq 1,5$



CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO																																																																																																																				
Stratigrafia	0.0—4.0 m Suolo e depositi argillosi e limosi ( $V_s \sim 110/270$ m/s) 4.0—9/10 m Roccia fratturata e alterata ( $V_s \sim 300$ m/s) 10—49 m Roccia fratturata e alterata ( $V_s \sim 300/310$ m/s) >49 m Roccia più integra ( $V_s > 590$ m/s)																																																																																																																			
$V_s$ (0-30)	425 m/s																																																																																																																			
Classe del suolo (DM 2008)	Categoria suolo B																																																																																																																			
Amplificazioni sismiche (DAL R.E.R. 112/2007)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CASO APP1 (Substrato <math>V_s &lt; 800</math> m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H</td> <td>= 9.1 m</td> </tr> <tr> <td><math>V_{sh}</math></td> <td>= 258 m/s</td> </tr> <tr> <td>FA PGA</td> <td>= 1.9</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.1 &lt; <math>T_0</math> &lt; 0.5 s)</td> <td>= 1.8</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.5 &lt; <math>T_0</math> &lt; 1.0 s)</td> <td>= 1.5</td> </tr> </tbody> </table>	CASO APP1 (Substrato $V_s < 800$ m/s)		H	= 9.1 m	$V_{sh}$	= 258 m/s	FA PGA	= 1.9	FA IS (0.1 < $T_0$ < 0.5 s)	= 1.8	FA IS (0.5 < $T_0$ < 1.0 s)	= 1.5																																																																																																							
CASO APP1 (Substrato $V_s < 800$ m/s)																																																																																																																				
H	= 9.1 m																																																																																																																			
$V_{sh}$	= 258 m/s																																																																																																																			
FA PGA	= 1.9																																																																																																																			
FA IS (0.1 < $T_0$ < 0.5 s)	= 1.8																																																																																																																			
FA IS (0.5 < $T_0$ < 1.0 s)	= 1.5																																																																																																																			
Geotecnica - Parametri caratteristici	<p>DPSH-03 (valori caratteristici per fondazioni superficiali)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PARAMETRO GEOTECNICO</th> <th rowspan="2">UNITA'</th> <th colspan="7">STRATI</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profondità letto dello Strato</td> <td>[m]</td> <td>2.4</td> <td>3</td> <td>3.8</td> <td>7.4</td> <td>8.8</td> <td>10</td> <td>10.4</td> </tr> <tr> <td>Spessore dello Strato</td> <td>[m]</td> <td>2.4</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> <td>3.6</td> <td>1.4</td> <td>1.2</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>Nspt (Standard Penetration Test)</td> <td>-</td> <td>9</td> <td>21</td> <td>11</td> <td>22</td> <td>30</td> <td>33</td> <td>58</td> </tr> <tr> <td>Peso Specifico del Terreno</td> <td><math>\gamma</math> (kN/m<sup>3</sup>)</td> <td>18</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Densità Relativa</td> <td><math>D_r</math> (%)</td> <td>65</td> <td>87</td> <td>61</td> <td>74</td> <td>77</td> <td>77</td> <td>98</td> </tr> <tr> <td>Coesione non drenata</td> <td><math>C_u</math> (kN/m<sup>2</sup>)</td> <td>55</td> <td>110</td> <td>60</td> <td>135</td> <td>185</td> <td>205</td> <td>290</td> </tr> <tr> <td>Angolo di attrito interno</td> <td><math>\phi</math> (°)</td> <td>26</td> <td>31</td> <td>27</td> <td>33</td> <td>35</td> <td>36</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Grado di Consolidamento</td> <td>OCR</td> <td>0.4</td> <td>0.9</td> <td>0.6</td> <td>&gt;4</td> <td>&gt;4</td> <td>&gt;4</td> <td>&gt;4</td> </tr> <tr> <td>Modulo Edometrico</td> <td><math>E_d</math> (kN/m<sup>2</sup>)</td> <td>5400</td> <td>12400</td> <td>6800</td> <td>13100</td> <td>18200</td> <td>20000</td> <td>34700</td> </tr> <tr> <td>Modulo Elastico (Young)</td> <td><math>E_s</math> (kN/m<sup>2</sup>)</td> <td>7300</td> <td>15500</td> <td>9500</td> <td>58100</td> <td>77200</td> <td>85200</td> <td>104600</td> </tr> <tr> <td>Modulo di Reazione (Winkler)</td> <td><math>K_s</math> (kN/m<sup>3</sup>)</td> <td>13200 15200</td> <td>30600 60800</td> <td>18300 42800</td> <td>34300 126100</td> <td>48000 293000</td> <td>53000 323000</td> <td>87500 788100</td> </tr> </tbody> </table>	PARAMETRO GEOTECNICO	UNITA'	STRATI							1	2	3	4	5	6	7	Profondità letto dello Strato	[m]	2.4	3	3.8	7.4	8.8	10	10.4	Spessore dello Strato	[m]	2.4	0.6	0.8	3.6	1.4	1.2	0.4	Nspt (Standard Penetration Test)	-	9	21	11	22	30	33	58	Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18	20	19	20	20	20	21	Densità Relativa	$D_r$ (%)	65	87	61	74	77	77	98	Coesione non drenata	$C_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	55	110	60	135	185	205	290	Angolo di attrito interno	$\phi$ (°)	26	31	27	33	35	36	40	Grado di Consolidamento	OCR	0.4	0.9	0.6	>4	>4	>4	>4	Modulo Edometrico	$E_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	5400	12400	6800	13100	18200	20000	34700	Modulo Elastico (Young)	$E_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	7300	15500	9500	58100	77200	85200	104600	Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	13200 15200	30600 60800	18300 42800	34300 126100	48000 293000	53000 323000	87500 788100
PARAMETRO GEOTECNICO	UNITA'			STRATI																																																																																																																
		1	2	3	4	5	6	7																																																																																																												
Profondità letto dello Strato	[m]	2.4	3	3.8	7.4	8.8	10	10.4																																																																																																												
Spessore dello Strato	[m]	2.4	0.6	0.8	3.6	1.4	1.2	0.4																																																																																																												
Nspt (Standard Penetration Test)	-	9	21	11	22	30	33	58																																																																																																												
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	18	20	19	20	20	20	21																																																																																																												
Densità Relativa	$D_r$ (%)	65	87	61	74	77	77	98																																																																																																												
Coesione non drenata	$C_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	55	110	60	135	185	205	290																																																																																																												
Angolo di attrito interno	$\phi$ (°)	26	31	27	33	35	36	40																																																																																																												
Grado di Consolidamento	OCR	0.4	0.9	0.6	>4	>4	>4	>4																																																																																																												
Modulo Edometrico	$E_d$ (kN/m <sup>2</sup> )	5400	12400	6800	13100	18200	20000	34700																																																																																																												
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	7300	15500	9500	58100	77200	85200	104600																																																																																																												
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	13200 15200	30600 60800	18300 42800	34300 126100	48000 293000	53000 323000	87500 788100																																																																																																												
Tipologia Fondazioni	Fondazioni nastroformi a trave rovescia o platea per fabbricati sino a n° 2 piani. Per cairichi più elevati valutare fondazioni profonde su pali.																																																																																																																			
Prescrizioni ed approfondimenti successivi	<b>Area idonea all' edificazione.</b> In fase esecutiva, indagine mirata per la realizzazione di ogni singolo fabbricato. La caratteristica del terreno di fondazione richiede corretta regimazione delle acque superficiali e la raccolta canalizzazione delle acque intercettate durante gli scavi.																																																																																																																			

Pavullo, Settembre 2015

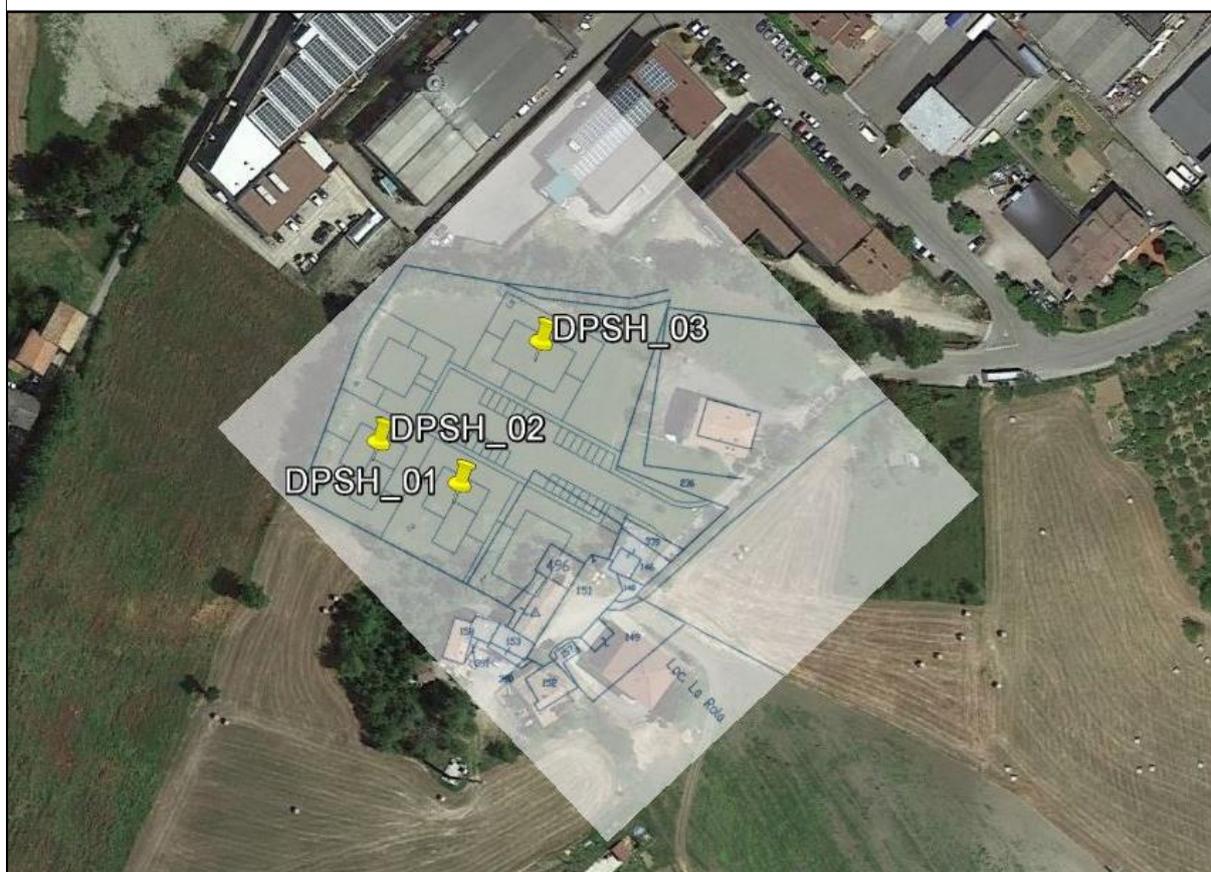
IL GEOLOGO



# ALLEGATO A

## Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH

### UBICAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA



Prova Penetrometrica Dinamica Super Pesante HVSR



TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-01

COMMITTENTE: DUESSE						LOCALITA': LA ROLA - S. ANTONIO						
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/09/2015						
NOME FILE: DUESSE DPSH-01						PENETROMETRO DPSH			FALDA NO			
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Asta	Rpd [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>3</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
			$\phi$ [°]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]				
0.20	4	8.5	26.3	6003	34	57	5073	98	1.9	1	2979	119
0.40	5	10.4	27.5	7359	59	69	6219	121	5.7	1	3724	149
0.60	5	10.4	27.5	7359	76	69	6219	122	9.5	1	3724	149
0.80	6	12.2	28.6	8694	108	82	7347	145	13.3	1	4469	179
1.00	4	8.5	26.3	6003	96	57	5073	103	17.1	2	2762	110
1.20	4	8.5	26.3	6003	111	57	5073	104	20.9	2	2762	110
1.40	4	8.5	26.3	6003	127	57	5073	105	24.7	2	2762	110
1.60	5	10.4	27.5	7359	164	69	6219	128	28.5	2	3452	138
1.80	11	21.3	32.9	15151	359	143	12804	256	32.3	2	7595	304
2.00	10	19.6	32.1	13882	354	131	11731	236	36.1	3	6434	257
2.20	6	12.2	28.6	8694	247	82	7347	154	39.9	3	3861	154
2.40	6	12.2	28.6	8694	267	82	7347	155	43.7	3	3861	154
2.60	9	17.8	31.3	12603	401	119	10651	220	47.5	3	5791	232
2.80	11	21.3	32.9	15151	522	143	12804	262	51.3	3	7078	283
3.00	8	15.9	30.5	11314	410	107	9561	201	55.1	4	4819	193
3.20	10	19.6	32.1	13882	533	131	11731	244	58.9	4	6024	241
3.40	16	30.1	36.1	21380	936	202	18068	367	62.7	4	9639	386
3.60	23	42.1	39.0	29867	1480	282	25239	505	66.5	4	13856	554
3.80	17	31.8	36.5	22607	1097	213	19105	389	70.3	4	10241	410
4.00	17	31.8	36.5	22607	1148	213	19105	390	74.1	5	9628	385
4.20	12	23.1	33.6	16412	822	155	13869	291	77.9	5	6796	272
4.40	17	31.8	36.5	22607	1250	213	19105	393	81.7	5	9628	385
4.60	15	28.4	35.6	20148	1158	190	17026	354	85.5	5	8495	340
4.80	15	28.4	35.6	20148	1204	190	17026	356	89.3	5	8495	340
5.00	18	33.6	36.9	23829	1488	225	20137	416	93.1	6	9618	385
5.20	18	33.6	36.9	23829	1542	225	20137	418	96.9	6	9618	385
5.40	17	31.8	36.5	22607	1504	213	19105	399	100.7	6	9083	363
5.60	16	30.1	36.1	21380	1465	202	18068	381	104.5	6	8549	342
5.80	30	53.8	41.4	38165	3226	360	32252	653	108.3	6	16029	641
6.00	35	62.0	42.9	44006	4173	415	37188	749	112.1	7	17700	708

H =	Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N =	Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N <sub>spt</sub> =	Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^{\circ}$ =	$N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^5 + 15$ ; $N_{spt} > 30 -0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$	(Road Bridge Specification; Carter & Bentley)
Mo =	$710 \cdot N_{spt}$ [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa <sub>1</sub> =	$[(h \cdot \gamma' \cdot N_q) + (\frac{1}{2} b \cdot \gamma' \cdot N_{\gamma})] / 3$ ; b=1 m	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, N <sub>γ</sub> Meyerhof)
Ed =	$600 \cdot N_{spt}$ [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Cu =	$6.7 \cdot N_{spt}$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Qa <sub>2</sub> =	$[(h \cdot \gamma') + (C_u \cdot N_c)] / 3$ ;	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
R <sub>dp</sub> =	$M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa <sub>3</sub> =	$(R_{dp} / 15 \div 30)$ ; Qa = $(R_{pd} / 25)$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



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

COMMITTENTE: DUESSE						LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/09/2015					
NOME FILE DUESSE DPSH-01						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> ]
1.6	4.6	9.6	27.0	6848	97	65	5787	116	15.2	3329	133
2.0	10.5	20.4	32.5	14517	356	137	12268	246	34.2	7015	281
2.4	6.0	12.2	28.6	8694	257	82	7347	154	41.8	3861	154
3.2	9.5	18.6	31.7	13238	466	125	11187	232	53.2	5928	237
4.0	18.3	34.0	37.0	24115	1165	228	20379	413	68.4	10841	434
4.8	14.8	27.9	35.3	19829	1108	187	16757	348	83.6	8353	334
5.6	17.3	32.3	36.6	22911	1500	216	19362	403	98.8	9217	369
6.0	32.5	57.9	42.2	41086	3699	388	34720	701	110.2	16865	675

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)	
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 \cdot (15 \cdot N_{spt})^{-5} + 15; N_{spt} > 30 \cdot 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$ (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)	
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato] [kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)	
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · Nγ)] / 3 b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, Nγ Meyerhof)	
Cu = 6.7 · Nspt [kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)	
Ed = 600 · Nspt [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)	
Qa3 = (Rpd / 15 ÷ 30); Qa = (Rpd / 25) [kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)	

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

COMMITTENTE: DUESSE						LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/09/2015					
NOME FILE DUESSE DPSH-01						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Natura granulare			Natura Coesiva					
			Hm [media]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Dr [%]	Ks [kN/m <sup>3</sup> ]	Es [kN/m <sup>2</sup> ]	OCR -	Ks [kN/m <sup>3</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]
1.6	4.6	9.6	0.8	18.4	15.2	70.7	11640	7742	0.6	13894	5787
2.0	10.5	20.4	1.8	19.5	34.2	93.0	42763	14812	0.8	29533	12268
2.4	6.0	12.2	2.2	18.7	41.8	69.5	30817	9879	0.4	18540	7347
3.2	9.5	18.6	2.8	19.3	53.2	81.7	55950	14246	0.8	27811	11187
4.0	18.3	34.0	3.6	20.2	68.4	100.0	139806	23776	2.8	49524	20379
4.8	14.8	27.9	4.4	19.9	83.6	89.5	133017	59093	>4	41815	16757
5.6	17.3	32.3	5.2	20.2	98.8	91.8	179983	65712	>4	48404	19362
6.0	32.5	57.9	5.8	21.1	110.2	100.0	443925	101267	>4	84121	34720

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]	
γ = Peso di volume del terreno [kN/m <sup>3</sup> ]	
$\sigma_v$ = Pressione litostatica [kN/m <sup>2</sup> ]	
Dr = 21 · [(10 · Nspt) / (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>3</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 & Foot)	
Ed = 600 · Nspt (bassa plasticità) [Modulo Edometrico] [kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)	



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

COMMITTENTE: DUESSE				LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/09/2015							
NOME FILE DUESSE DPSH-01				PENETROMETRO DPSH							
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Dati Num	Natura granulare ( $\phi$ )				Natura Coesiva (Cu)			
				$\phi_m$ [°]	dev stand	$\phi_k$ [°]	$\phi_d$ [°]	$C_{um}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	$C_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_{ud}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1.6	4.6	9.6	8	27.0	0.9	26.4	21.6	65	9.5	58	41
2.0	10.5	20.4	2	32.5	0.5	30.6	25.3	137	8.5	102	73
2.4	6.0	12.2	2	28.6	0.0	26.9	22.1	82	0.0	61	44
3.2	9.5	18.6	4	31.7	1.0	30.4	25.1	125	15.6	102	73
4.0	18.3	34.0	4	37.0	1.3	35.5	29.7	228	36.6	185	132
4.8	14.8	27.9	4	35.3	1.2	33.9	28.3	187	24.1	152	109
5.6	17.3	32.3	4	36.6	0.4	35.1	29.3	216	11.1	176	126
6.0	32.5	57.9	2	42.2	1.0	39.7	33.6	388	39.0	289	206

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) [ $\gamma_\phi = 1.25$ ]  
 $C_{um}$  = Dato medio della coesione non drenata  
 $C_{uk}$  = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)  
 $C_{ud}$  = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [ $\gamma_{cu} = 1.4$ ]

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

COMMITTENTE: DUESSE				LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/09/2015							
NOME FILE DUESSE DPSH-01				PENETROMETRO DPSH							
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Dati Num	Natura granulare ( $\phi$ )				Natura Coesiva (Cu)			
				$\phi_m$ [°]	dev stand	$\phi_k$ [°]	$\phi_d$ [°]	$C_{um}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	$C_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_{ud}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
1.6	4.6	9.6	8	27.0	0.9	25.6	25.6	65	9.5	50	50
2.0	10.5	20.4	2	32.5	0.5	28.8	28.8	137	8.5	89	89
2.4	6.0	12.2	2	28.6	0.0	25.3	25.3	82	0.0	53	53
3.2	9.5	18.6	4	31.7	1.0	28.0	28.0	125	15.6	81	81
4.0	18.3	34.0	4	37.0	1.3	32.7	32.7	228	36.6	147	147
4.8	14.8	27.9	4	35.3	1.2	31.3	31.3	187	24.1	121	121
5.6	17.3	32.3	4	36.6	0.4	32.4	32.4	216	11.1	140	140
6.0	32.5	57.9	2	42.2	1.0	37.3	37.3	388	39.0	251	251

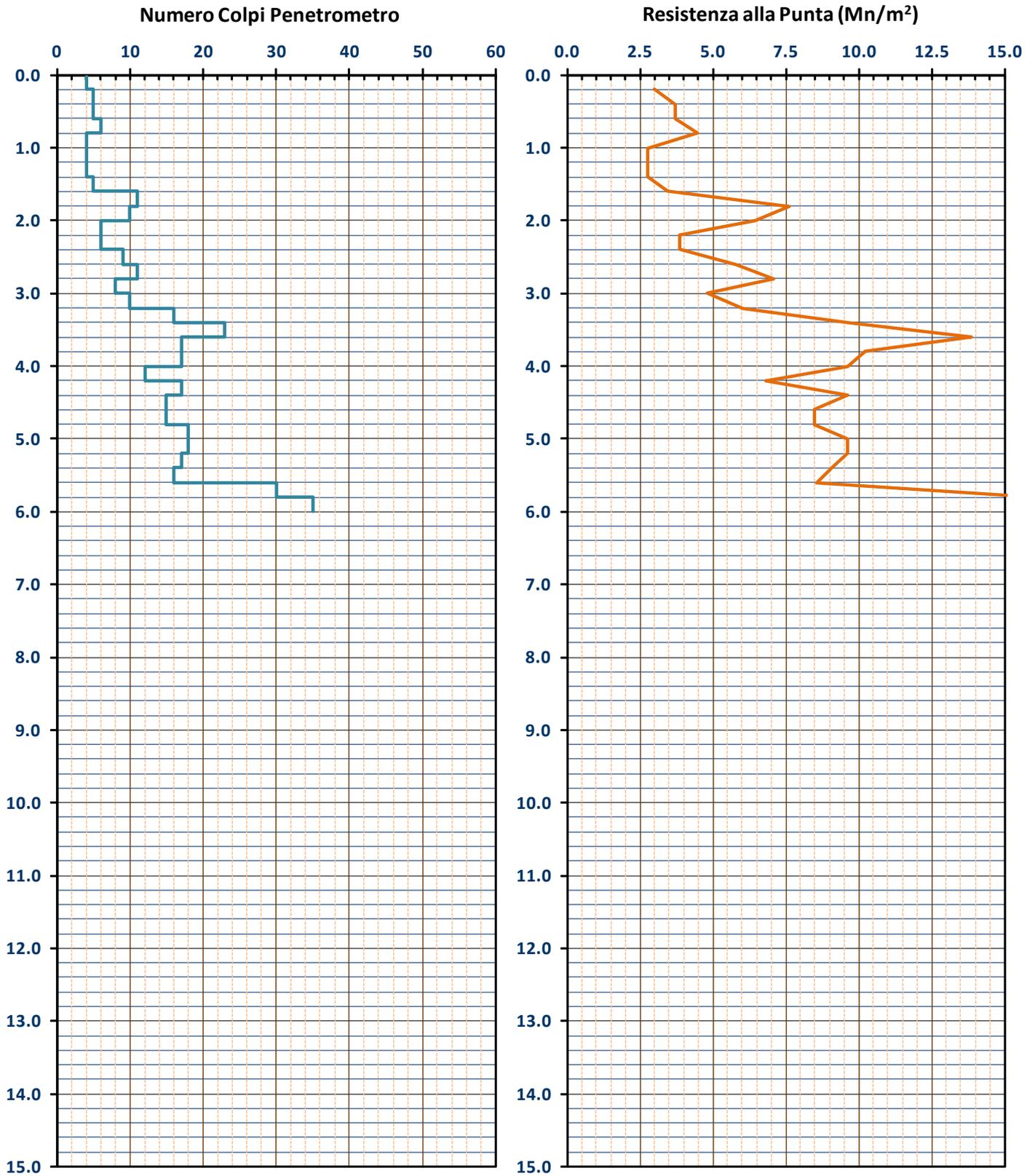
Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato  
 $\phi_m$  = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato  
 $\phi_k$  = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)  
 $\phi_d$  = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [ $\gamma_\phi = 1.0$ ]  
 $C_{um}$  = Dato medio della coesione non drenata  
 $C_{uk}$  = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)  
 $C_{ud}$  = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [ $\gamma_{cu} = 1.0$ ]



**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-01**

COMMITTENTE: DUESSE	LOCALITA' : LA ROLA - S.ANTONIO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/09/2015
NOME FILE: DUESSE DPSH-01	PENETROMETRO DPSH





**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-01**

COMMITTENTE: DUESSE	LOCALITA' : LA ROLA - S.ANTONIO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/09/2015
NOME FILE: DUESSE DPSH-01	PENETROMETRO DPSH

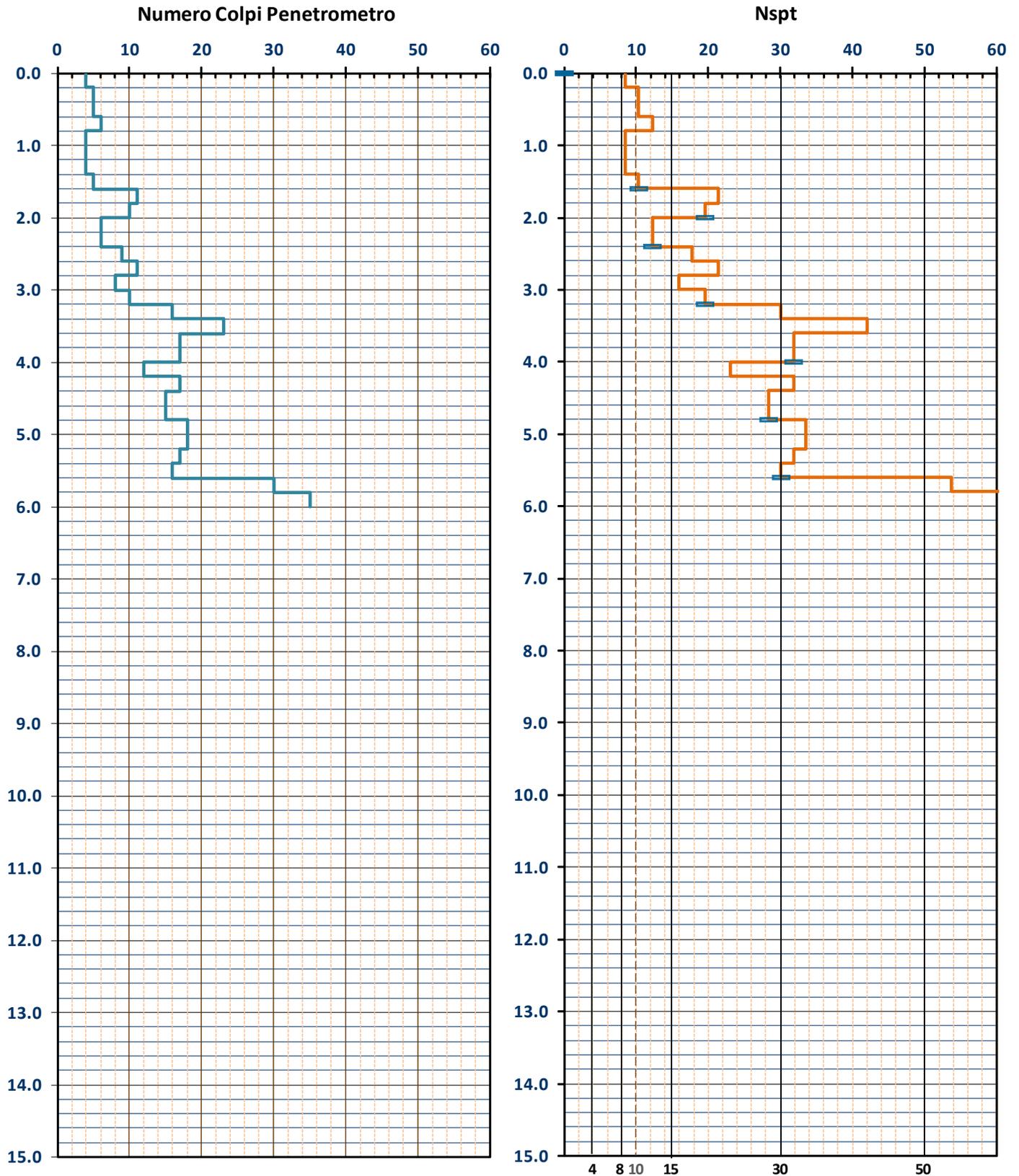




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-02

COMMITTENTE: DUESSE			LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO									
COMUNE: PAVULLO			DATA: 03/09/2015									
NOME FILE: DUESSE DPSH-02			PENETROMETRO DPSH						FALDA NO			
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Asta	Rpd [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa3 [kN/m <sup>2</sup> ]
			$\phi$ [°]	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> ]				
0.20	7	14.1	29.5	10011	57	94	8460	162	1.9	1	5214	209
0.40	7	14.1	29.5	10011	79	94	8460	164	5.7	1	5214	209
0.60	6	12.2	28.6	8694	88	82	7347	144	9.5	1	4469	179
0.80	6	12.2	28.6	8694	108	82	7347	145	13.3	1	4469	179
1.00	9	17.8	31.3	12603	184	119	10651	209	17.1	2	6214	249
1.20	5	10.4	27.5	7359	129	69	6219	126	20.9	2	3452	138
1.40	6	12.2	28.6	8694	168	82	7347	149	24.7	2	4143	166
1.60	7	14.1	29.5	10011	212	94	8460	171	28.5	2	4833	193
1.80	10	19.6	32.1	13882	324	131	11731	235	32.3	2	6905	276
2.00	8	15.9	30.5	11314	287	107	9561	195	36.1	3	5148	206
2.20	8	15.9	30.5	11314	311	107	9561	196	39.9	3	5148	206
2.40	7	14.1	29.5	10011	300	94	8460	176	43.7	3	4504	180
2.60	7	14.1	29.5	10011	323	94	8460	178	47.5	3	4504	180
2.80	6	12.2	28.6	8694	306	82	7347	158	51.3	3	3861	154
3.00	8	15.9	30.5	11314	410	107	9561	201	55.1	4	4819	193
3.20	9	17.8	31.3	12603	482	119	10651	223	58.9	4	5422	217
3.40	11	21.3	32.9	15151	619	143	12804	266	62.7	4	6627	265
3.60	12	23.1	33.6	16412	715	155	13869	288	66.5	4	7229	289
3.80	7	14.1	29.5	10011	455	94	8460	185	70.3	4	4217	169
4.00	11	21.3	32.9	15151	717	143	12804	270	74.1	5	6230	249
4.20	11	21.3	32.9	15151	750	143	12804	271	77.9	5	6230	249
4.40	14	26.6	35.0	18909	1022	178	15980	333	81.7	5	7929	317
4.60	9	17.8	31.3	12603	672	119	10651	232	85.5	5	5097	204
4.80	11	21.3	32.9	15151	848	143	12804	275	89.3	5	6230	249
5.00	12	23.1	33.6	16412	964	155	13869	296	93.1	6	6412	256
5.20	16	30.1	36.1	21380	1369	202	18068	378	96.9	6	8549	342
5.40	11	21.3	32.9	15151	946	143	12804	279	100.7	6	5877	235
5.60	13	24.9	34.3	17664	1170	167	14927	320	104.5	6	6946	278
5.80	12	23.1	33.6	16412	1107	155	13869	301	108.3	6	6412	256
6.00	16	30.1	36.1	21380	1561	202	18068	383	112.1	7	8091	324
6.20	13	24.9	34.3	17664	1286	167	14927	324	115.9	7	6574	263
6.40	15	28.4	35.6	20148	1569	190	17026	366	119.7	7	7586	303
6.60	13	24.9	34.3	17664	1364	167	14927	327	123.5	7	6574	263
6.80	15	28.4	35.6	20148	1660	190	17026	368	127.3	7	7586	303
7.00	14	26.6	35.0	18909	1570	178	15980	349	131.1	8	6720	269
7.20	17	31.8	36.5	22607	1963	213	19105	410	134.9	8	8161	326
7.40	15	28.4	35.6	20148	1797	190	17026	372	138.7	8	7200	288
7.60	18	33.6	36.9	23829	2189	225	20137	433	142.5	8	8641	346
7.80	19	35.3	37.4	25045	2375	236	21165	454	146.3	8	9121	365
8.00	18	33.6	36.9	23829	2297	225	20137	435	150.1	9	8223	329
8.20	17	31.8	36.5	22607	2218	213	19105	417	153.9	9	7766	311
8.40	28	50.4	40.8	35810	4103	338	30262	632	157.7	9	12791	512
8.60	28	50.4	40.8	35810	4194	338	30262	633	161.5	9	12791	512
8.80	18	33.6	36.9	23829	2512	225	20137	440	165.3	9	8223	329
9.00	18	33.6	36.9	23829	2566	225	20137	442	169.1	10	7844	314
9.20	13	24.9	34.3	17664	1868	167	14927	343	172.9	10	5665	227
9.40	13	24.9	34.3	17664	1906	167	14927	344	176.7	10	5665	227
9.60	15	28.4	35.6	20148	2299	190	17026	386	180.5	10	6536	261
9.80	15	28.4	35.6	20148	2345	190	17026	387	184.3	10	6536	261
10.00	15	28.4	35.6	20148	2390	190	17026	388	188.1	11	6248	250
10.20	13	24.9	34.3	17664	2062	167	14927	350	191.9	11	5415	217
10.40	14	26.6	35.0	18909	2285	178	15980	371	195.7	11	5832	233
10.60	14	26.6	35.0	18909	2327	178	15980	372	199.5	11	5832	233
10.80	13	24.9	34.3	17664	2178	167	14927	353	203.3	11	5415	217
11.00	21	38.7	38.2	27464	3675	259	23209	513	207.1	12	8378	335
11.20	15	28.4	35.6	20148	2664	190	17026	396	210.9	12	5985	239
11.40	15	28.4	35.6	20148	2710	190	17026	397	214.7	12	5985	239
11.60	17	31.8	36.5	22607	3084	213	19105	438	218.5	12	6782	271
11.80	16	30.1	36.1	21380	2957	202	18068	420	222.3	12	6384	255
12.00	16	30.1	36.1	21380	3005	202	18068	421	226.1	13	6125	245
12.20	16	30.1	36.1	21380	3053	202	18068	422	229.9	13	6125	245
12.40	16	30.1	36.1	21380	3101	202	18068	424	233.7	13	6125	245
12.60	19	35.3	37.4	25045	3744	236	21165	484	237.5	13	7273	291
12.80	17	31.8	36.5	22607	3390	213	19105	446	241.3	13	6508	260
13.00	15	28.4	35.6	20148	3075	190	17026	407	245.1	14	5519	221
13.20	17	31.8	36.5	22607	3492	213	19105	448	248.9	14	6254	250
13.40	19	35.3	37.4	25045	3972	236	21165	489	252.7	14	6990	280
13.60	16	30.1	36.1	21380	3390	202	18068	431	256.5	14	5886	235
13.80	18	33.6	36.9	23829	3861	225	20137	472	260.3	14	6622	265
14.00	17	31.8	36.5	22607	3696	213	19105	454	264.1	15	6020	241
14.20	25	45.4	39.7	32254	5796	304	27257	611	267.9	15	8853	354
14.40	30	53.8	41.4	38165	7500	360	32252	708	271.7	15	10624	425
14.60	35	62.0	42.9	44006	9483	415	37188	803	275.5	15	12394	496



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

COMMITTENTE: DUESSE						LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/09/2015					
NOME FILE DUESSE DPSH-02						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> ]
2.8	7.1	14.2	29.6	10093	206	95	8529	172	26.6	4863	195
5.0	10.5	20.3	32.4	14443	696	136	12205	258	74.1	6040	242
7.4	14.2	26.9	35.0	19106	1447	180	16146	348	117.8	7190	288
9.0	20.5	37.8	37.9	26823	2807	253	22668	486	155.8	9425	377
11.4	14.7	27.8	35.3	19723	2392	186	16668	383	193.8	6124	245
14.0	16.8	31.6	36.4	22415	3371	212	18942	443	241.3	6355	254
14.2	25.0	45.4	39.7	32254	5796	304	27257	611	267.9	8853	354
14.6	32.5	57.9	42.2	41086	8491	388	34720	755	273.6	11509	460

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)	
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^5 + 15; N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$	(Road Bridge Specification - Carter & Bentley)
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · Ny)] / 3	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, Ny Meyerhof)
Cu = 6.7 · Nspt	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Ed = 600 · Nspt [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)
Qa3 = (Rpd / 15 ÷ 30); Qa = (Rpd / 25)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

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

COMMITTENTE: DUESSE						LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/09/2015					
NOME FILE DUESSE DPSH-02						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Natura granulare			Natura Coesiva					
			Hm [media]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	σv [kN/m <sup>2</sup> ]	Dr [%]	Ks [kN/m <sup>3</sup> ]	Es [kN/m <sup>2</sup> ]	OCR -	Ks [kN/m <sup>3</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]
2.8	7.1	14.2	1.4	18.9	26.6	80.6	24664	10918	0.6	20646	8529
5.0	10.5	20.3	3.9	19.5	74.1	78.9	83514	15741	2.4	30985	12205
7.4	14.2	26.9	6.2	19.9	117.8	79.5	173623	66408	>4	41782	16146
9.0	20.5	37.8	8.2	20.4	155.8	85.9	336819	84760	>4	58274	22668
11.4	14.7	27.8	10.2	19.9	193.8	68.1	287083	79584	>4	46018	16668
14.0	16.8	31.6	12.7	20.1	241.3	66.9	404483	91850	>4	53141	18942
14.2	25.0	45.4	14.1	20.7	267.9	77.0	695470	116070	>4	73294	27257
14.6	32.5	57.9	14.4	21.1	273.6	86.2	1018977	129257	>4	90657	34720

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]
γ = Peso di volume del terreno	[kN/m <sup>3</sup> ]
σv = Pressione litostatica	[kN/m <sup>2</sup> ]
Dr = 21 · [ (10 · Nspt) / (σv + 7) ] <sup>0.5</sup>	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
Ks = Qa · 120 - (Qa = carico ammissibile in KPa)	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m <sup>3</sup> ] (Bowles, 1988)
Es = Es = (105 - 35 · Dr) · Nspt ; OCR > 4 Es = (525 - 350 · Dr) · Nspt	[Modulo Elastico secante] [kN/m <sup>2</sup> ] (Jamolkowski, 1988)
OCR = (Cu / (σv · Kk)) <sup>1.25</sup>	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
Ed = 600 · Nspt (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: DUESSE				LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/09/2015							
NOME FILE DUESSE DPSH-02				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> [°]	C <sub>um</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	C <sub>uk</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	C <sub>ud</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
2.8	7.1	14.2	14	29.6	1.2	<b>28.9</b>	<b>23.9</b>	95	16.3	<b>87</b>	<b>62</b>
5.0	10.5	20.3	11	32.4	1.6	<b>31.5</b>	<b>26.1</b>	136	24.2	<b>122</b>	<b>87</b>
7.4	14.2	26.9	12	35.0	1.1	<b>34.4</b>	<b>28.7</b>	180	21.1	<b>169</b>	<b>121</b>
9.0	20.5	37.8	8	37.9	1.8	<b>36.6</b>	<b>30.7</b>	253	52.7	<b>215</b>	<b>154</b>
11.4	14.7	27.8	12	35.3	1.1	<b>34.7</b>	<b>29.0</b>	186	25.3	<b>172</b>	<b>123</b>
14.0	16.8	31.6	13	36.4	0.5	<b>36.2</b>	<b>30.3</b>	212	14.0	<b>204</b>	<b>146</b>
14.2	25.0	45.4	1	39.7		<b>36.5</b>	<b>30.6</b>	304		<b>197</b>	<b>141</b>
14.6	32.5	57.9	2	42.2	1.0	<b>39.7</b>	<b>33.6</b>	388	39.0	<b>289</b>	<b>206</b>

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) [γφ = 1.25]  
 C<sub>um</sub> = Dato medio della coesione non drenata  
 C<sub>uk</sub> = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)  
 C<sub>ud</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: DUESSE				LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/09/2015							
NOME FILE DUESSE DPSH-02				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> [°]	C <sub>um</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	C <sub>uk</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	C <sub>ud</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
2.8	7.1	14.2	14	29.6	1.2	<b>27.5</b>	<b>27.5</b>	95	16.3	<b>71</b>	<b>71</b>
5.0	10.5	20.3	11	32.4	1.6	<b>29.8</b>	<b>29.8</b>	136	24.2	<b>100</b>	<b>100</b>
7.4	14.2	26.9	12	35.0	1.1	<b>33.2</b>	<b>33.2</b>	180	21.1	<b>148</b>	<b>148</b>
9.0	20.5	37.8	8	37.9	1.8	<b>35.0</b>	<b>35.0</b>	253	52.7	<b>177</b>	<b>177</b>
11.4	14.7	27.8	12	35.3	1.1	<b>33.5</b>	<b>33.5</b>	186	25.3	<b>148</b>	<b>148</b>
14.0	16.8	31.6	13	36.4	0.5	<b>35.6</b>	<b>35.6</b>	212	14.0	<b>189</b>	<b>189</b>
14.2	25.0	45.4	1	39.7		<b>35.1</b>	<b>35.1</b>	304		<b>197</b>	<b>197</b>
14.6	32.5	57.9	2	42.2	1.0	<b>37.3</b>	<b>37.3</b>	388	39.0	<b>251</b>	<b>251</b>

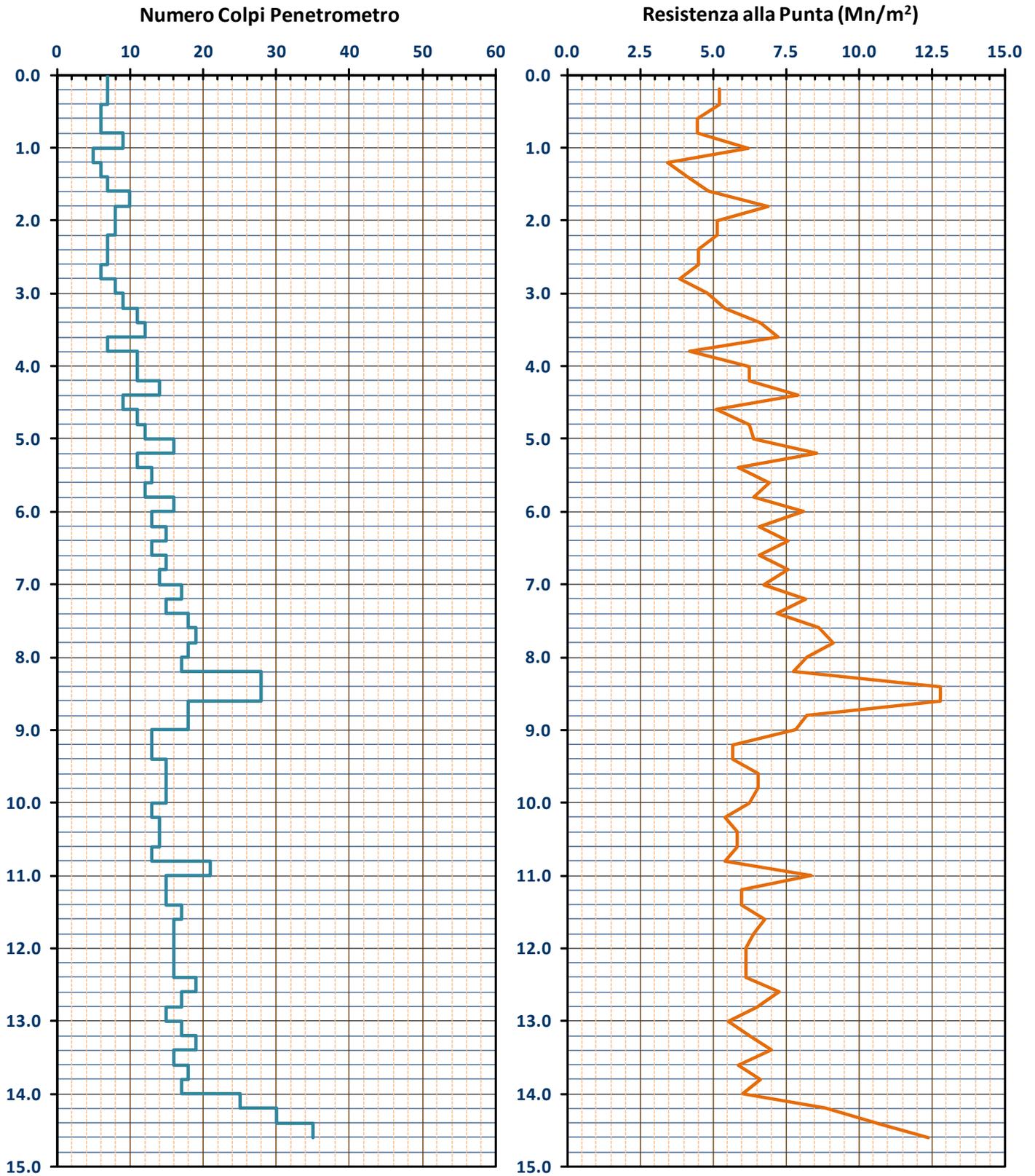
Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato  
 φ<sub>m</sub> = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato  
 φ<sub>k</sub> = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)  
 φ<sub>d</sub> = Valore di progetto dell'angolo di attrito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



**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-02**

COMMITTENTE: DUESSE	LOCALITA' : LA ROLA - S.ANTONIO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/09/2015
NOME FILE: DUESSE DPSH-02	PENETROMETRO DPSH





**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-02**

COMMITTENTE: DUESSE	LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/09/2015
NOME FILE: DUESSE DPSH-02	PENETROMETRO DPSH

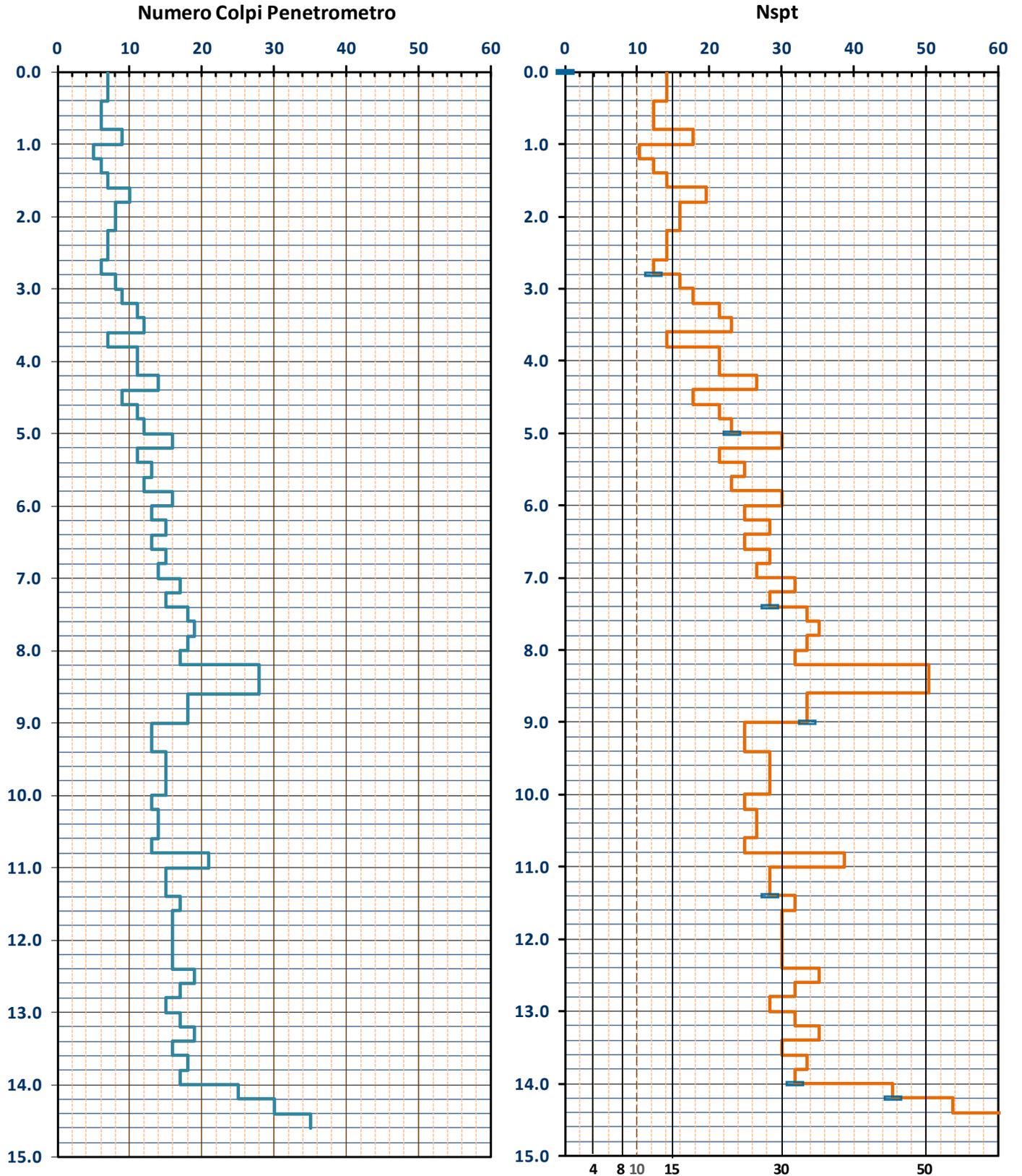




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-03

COMMITTENTE: DUESSE						LOCALITA': LA ROLA - S. ANTONIO						
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/09/2015						
NOME FILE: DUESSE DPSH-03						PENETROMETRO DPSH				FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Asta	Rpd [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>3</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
			$\phi$ [°]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]				
0.20	4	8.5	26.3	6003	34	57	5073	98	1.9	1	2979	119
0.40	4	8.5	26.3	6003	50	57	5073	99	5.7	1	2979	119
0.60	4	8.5	26.3	6003	65	57	5073	100	9.5	1	2979	119
0.80	4	8.5	26.3	6003	80	57	5073	101	13.3	1	2979	119
1.00	4	8.5	26.3	6003	96	57	5073	103	17.1	2	2762	110
1.20	4	8.5	26.3	6003	111	57	5073	104	20.9	2	2762	110
1.40	4	8.5	26.3	6003	127	57	5073	105	24.7	2	2762	110
1.60	4	8.5	26.3	6003	142	57	5073	107	28.5	2	2762	110
1.80	4	8.5	26.3	6003	158	57	5073	108	32.3	2	2762	110
2.00	4	8.5	26.3	6003	173	57	5073	109	36.1	3	2574	103
2.20	5	10.4	27.5	7359	217	69	6219	132	39.9	3	3217	129
2.40	6	12.2	28.6	8694	267	82	7347	155	43.7	3	3861	154
2.60	10	19.6	32.1	13882	444	131	11731	240	47.5	3	6434	257
2.80	12	23.1	33.6	16412	573	155	13869	282	51.3	3	7721	309
3.00	10	19.6	32.1	13882	503	131	11731	243	55.1	4	6024	241
3.20	5	10.4	27.5	7359	305	69	6219	139	58.9	4	3012	120
3.40	4	8.5	26.3	6003	281	57	5073	118	62.7	4	2410	96
3.60	6	12.2	28.6	8694	386	82	7347	163	66.5	4	3615	145
3.80	7	14.1	29.5	10011	455	94	8460	185	70.3	4	4217	169
4.00	8	15.9	30.5	11314	532	107	9561	208	74.1	5	4531	181
4.20	9	17.8	31.3	12603	618	119	10651	230	77.9	5	5097	204
4.40	10	19.6	32.1	13882	712	131	11731	252	81.7	5	5663	227
4.60	10	19.6	32.1	13882	741	131	11731	253	85.5	5	5663	227
4.80	10	19.6	32.1	13882	771	131	11731	254	89.3	5	5663	227
5.00	10	19.6	32.1	13882	801	131	11731	255	93.1	6	5343	214
5.20	10	19.6	32.1	13882	831	131	11731	257	96.9	6	5343	214
5.40	11	21.3	32.9	15151	946	143	12804	279	100.7	6	5877	235
5.60	13	24.9	34.3	17664	1170	167	14927	320	104.5	6	6946	278
5.80	11	21.3	32.9	15151	1011	143	12804	281	108.3	6	5877	235
6.00	12	23.1	33.6	16412	1142	155	13869	303	112.1	7	6069	243
6.20	13	24.9	34.3	17664	1286	167	14927	324	115.9	7	6574	263
6.40	11	21.3	32.9	15151	1109	143	12804	285	119.7	7	5563	223
6.60	12	23.1	33.6	16412	1249	155	13869	307	123.5	7	6069	243
6.80	13	24.9	34.3	17664	1403	167	14927	328	127.3	7	6574	263
7.00	12	23.1	33.6	16412	1320	155	13869	309	131.1	8	5760	230
7.20	13	24.9	34.3	17664	1480	167	14927	331	134.9	8	6240	250
7.40	15	28.4	35.6	20148	1797	190	17026	372	138.7	8	7200	288
7.60	18	33.6	36.9	23829	2189	225	20137	433	142.5	8	8641	346
7.80	17	31.8	36.5	22607	2116	213	19105	414	146.3	8	8161	326
8.00	16	30.1	36.1	21380	2043	202	18068	396	150.1	9	7309	292
8.20	15	28.4	35.6	20148	1980	190	17026	377	153.9	9	6852	274
8.40	13	24.9	34.3	17664	1713	167	14927	338	157.7	9	5939	238
8.60	19	35.3	37.4	25045	2603	236	21165	459	161.5	9	8680	347
8.80	15	28.4	35.6	20148	2116	190	17026	381	165.3	9	6852	274
9.00	16	30.1	36.1	21380	2283	202	18068	402	169.1	10	6972	279
9.20	16	30.1	36.1	21380	2331	202	18068	403	172.9	10	6972	279
9.40	17	31.8	36.5	22607	2524	213	19105	424	176.7	10	7408	296
9.60	21	38.7	38.2	27464	3230	259	23209	504	180.5	10	9151	366
9.80	18	33.6	36.9	23829	2782	225	20137	447	184.3	10	7844	314
10.00	19	35.3	37.4	25045	3002	236	21165	468	188.1	11	7915	317
10.20	30	53.8	41.4	38165	5413	360	32252	681	191.9	11	12497	500
10.40	35	62.0	42.9	44006	6890	415	37188	777	195.7	11	14579	583

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
N <sub>spt</sub> = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^{-0.5} + 15$ ; $N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$	(Road Bridge Specification; Carter & Bentley)
Mo = 710 · N <sub>spt</sub> [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa <sub>1</sub> = [(h · γ · N <sub>q</sub> ) + (½ b · γ · N <sub>γ</sub> )] / 3;	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub> Meyerhof)
Ed = 600 · N <sub>spt</sub> [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Cu = 6.7 · N <sub>spt</sub>	[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>dp</sub> = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa <sub>3</sub> = (R <sub>dp</sub> / 15 ÷ 30); Qa = (R <sub>pd</sub> / 25)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



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

COMMITTENTE: DUESSE						LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/09/2015					
NOME FILE DUESSE DPSH-03						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> ]
2.4	4.3	8.9	26.6	6340	127	60	5358	110	22.8	2948	118
3.0	10.7	20.7	32.6	14725	507	139	12444	255	51.3	6727	269
3.8	5.5	11.3	28.0	8017	357	76	6775	151	64.6	3313	133
7.4	11.3	21.8	33.0	15490	1051	146	13090	286	106.4	5892	236
8.8	16.1	30.3	36.1	21546	2109	203	18208	400	153.9	7490	300
10.0	17.8	33.3	36.9	23618	2692	223	19959	441	178.6	7710	308
10.4	32.5	57.9	42.2	41086	6151	388	34720	729	193.8	13538	542

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)
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^{-5} + 15; N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$ (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato] [kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · Ny)] / 3 b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, Ny Meyerhof)
Cu = 6.7 · Nspt [kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Ed = 600 · Nspt [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)
Qa3 = (Rpd / 15 ± 30); Qa = (Rpd / 25) [kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

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

COMMITTENTE: DUESSE						LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO					
COMUNE: PAVULLO						DATA: 03/09/2015					
NOME FILE DUESSE DPSH-03						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Natura granulare			Natura Coesiva			OCR -	Ks [kN/m <sup>3</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]
			Hm [media]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	σv [kN/m <sup>2</sup> ]	Dr [%]	Ks [kN/m <sup>3</sup> ]	Es [kN/m <sup>2</sup> ]			
2.4	4.3	8.9	1.2	18.3	22.8	65.1	15203	7340	0.4	13213	5358
3.0	10.7	20.7	2.7	19.5	51.3	86.8	60783	15474	0.9	30622	12444
3.8	5.5	11.3	3.4	18.6	64.6	60.8	42813	9452	0.6	18138	6775
7.4	11.3	21.8	5.6	19.6	106.4	73.9	126131	58146	>4	34309	13090
8.8	16.1	30.3	8.1	20.1	153.9	77.3	253024	77204	>4	47959	18208
10.0	17.8	33.3	9.4	20.2	178.6	76.8	323049	85203	>4	52966	19959
10.4	32.5	57.9	10.2	21.1	193.8	98.4	738138	104599	>4	87465	34720

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]
γ = Peso di volume del terreno [kN/m <sup>3</sup> ]
σv = Pressione litostatica [kN/m <sup>2</sup> ]
Dr = 21 · [(10 · Nspt) / (σv + 7)] <sup>0.5</sup> [Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
Ks = Qa · 120 - (Qa = carico ammissibile in KPa) [Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m <sup>3</sup> ] (Bowles, 1988)
Es = Es = (105 - 35 · Dr) · Nspt ; OCR > 4 Es = (525 - 350 · Dr) · Nspt [Modulo Elastico secante] [kN/m <sup>2</sup> ] (Janiolkowski, 1988)
OCR = (Cu / (σv · KK)) <sup>1.25</sup> [Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
Ed = 600 · Nspt (bassa plasticità) [Modulo Edometrico] [kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)



TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE ( $C_u$ ,  $\phi$ ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-03  
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: DUESSE				LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/09/2015							
NOME FILE DUESSE DPSH-03				PENETROMETRO DPSH							
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Dati Num	Natura granulare ( $\phi$ )				Natura Coesiva ( $C_u$ )			
				$\phi_m$ [°]	dev stand	$\phi_k$ [°]	$\phi_d$ [°]	$C_{um}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	$C_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_{ud}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
2.4	4.3	8.9	12	26.6	0.7	26.2	21.5	60	7.9	56	40
3.0	10.7	20.7	3	32.6	0.9	31.1	25.7	139	13.8	109	78
3.8	5.5	11.3	4	28.0	1.4	26.8	22.0	76	16.3	62	44
7.4	11.3	21.8	18	33.0	1.3	32.5	27.0	146	20.7	137	98
8.8	16.1	30.3	7	36.1	1.0	35.3	29.5	203	23.6	185	132
10.0	17.8	33.3	6	36.9	0.8	36.1	30.3	223	22.3	203	145
10.4	32.5	57.9	2	42.2	1.0	39.7	33.6	388	39.0	289	206

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) [ $\gamma_\phi = 1.25$ ]  
 $C_{um}$  = Dato medio della coesione non drenata  
 $C_{uk}$  = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)  
 $C_{ud}$  = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [ $\gamma_{cu} = 1.4$ ]

TABELLA STATISTICA 5° PERCENTILE ( $C_u$ ,  $\phi$ ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-03  
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: DUESSE				LOCALITA': LA ROLA - S.ANTONIO							
COMUNE: PAVULLO				DATA: 03/09/2015							
NOME FILE DUESSE DPSH-03				PENETROMETRO DPSH							
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Dati Num	Natura granulare ( $\phi$ )				Natura Coesiva ( $C_u$ )			
				$\phi_m$ [°]	dev stand	$\phi_k$ [°]	$\phi_d$ [°]	$C_{um}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	$C_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_{ud}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
2.4	4.3	8.9	12	26.6	0.7	25.4	25.4	60	7.9	48	48
3.0	10.7	20.7	3	32.6	0.9	28.9	28.9	139	13.8	90	90
3.8	5.5	11.3	4	28.0	1.4	24.7	24.7	76	16.3	49	49
7.4	11.3	21.8	18	33.0	1.3	30.9	30.9	146	20.7	115	115
8.8	16.1	30.3	7	36.1	1.0	34.4	34.4	203	23.6	167	167
10.0	17.8	33.3	6	36.9	0.8	35.5	35.5	223	22.3	188	188
10.4	32.5	57.9	2	42.2	1.0	37.3	37.3	388	39.0	251	251

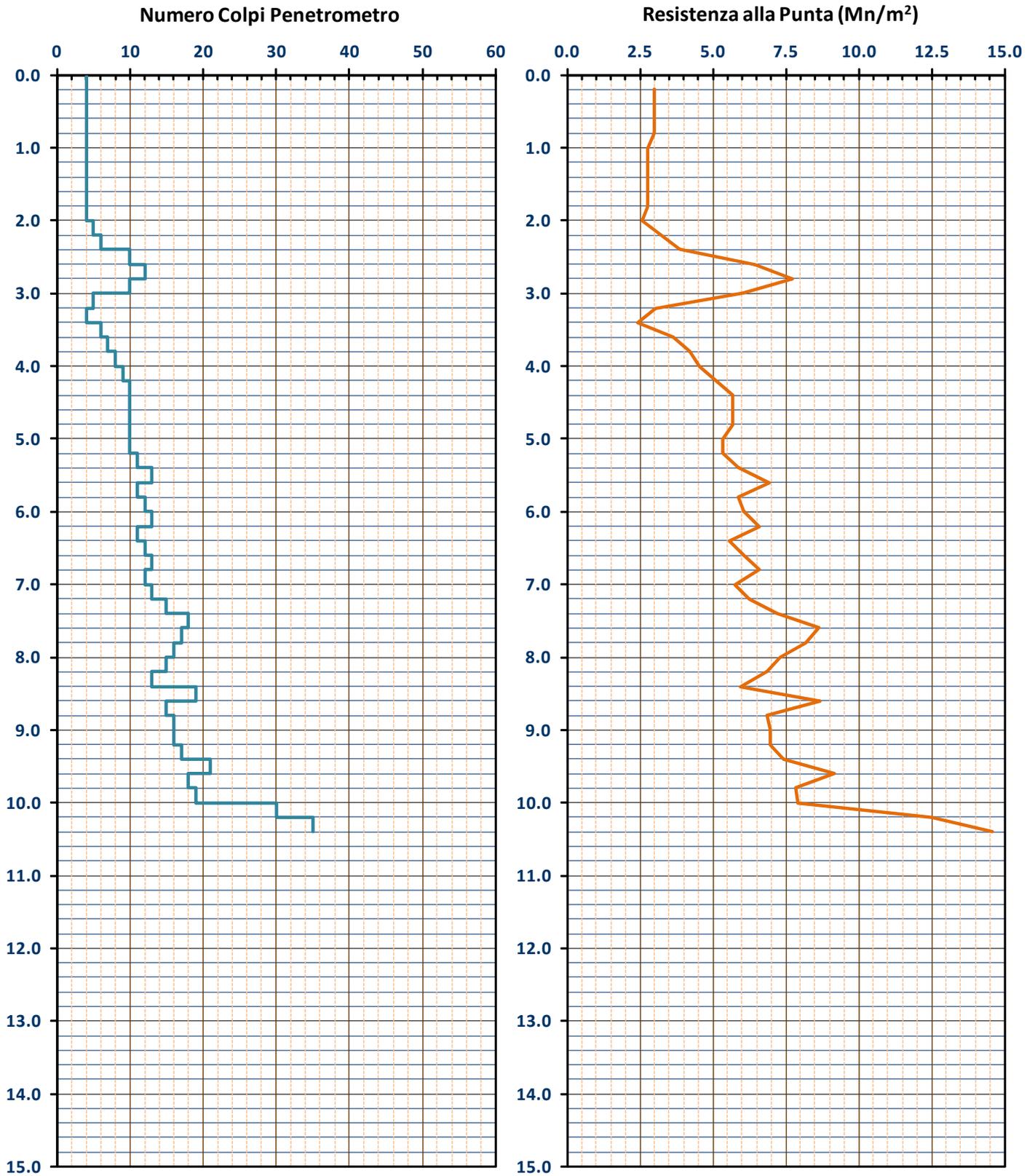
Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato  
 $\phi_m$  = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato  
 $\phi_k$  = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)  
 $\phi_d$  = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M1) [ $\gamma_\phi = 1.0$ ]  
 $C_{um}$  = Dato medio della coesione non drenata  
 $C_{uk}$  = Valore caratteristico della coesione non drenata (5° percentile di distribuzione della media)  
 $C_{ud}$  = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [ $\gamma_{cu} = 1.0$ ]



**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-03**

COMMITTENTE: DUESSE	LOCALITA' : LA ROLA - S.ANTONIO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/09/2015
NOME FILE: DUESSE DPSH-03	PENETROMETRO DPSH

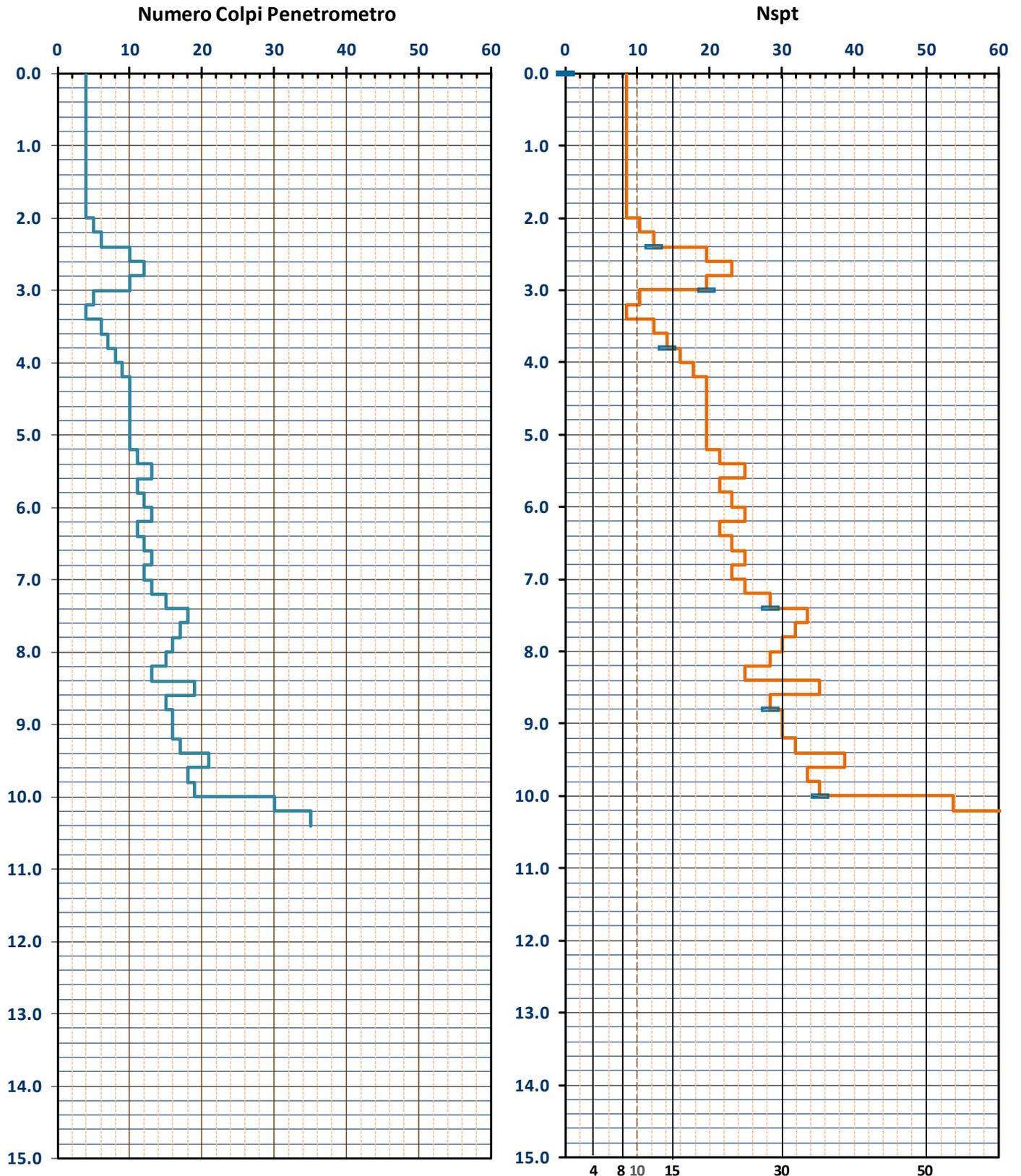




**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

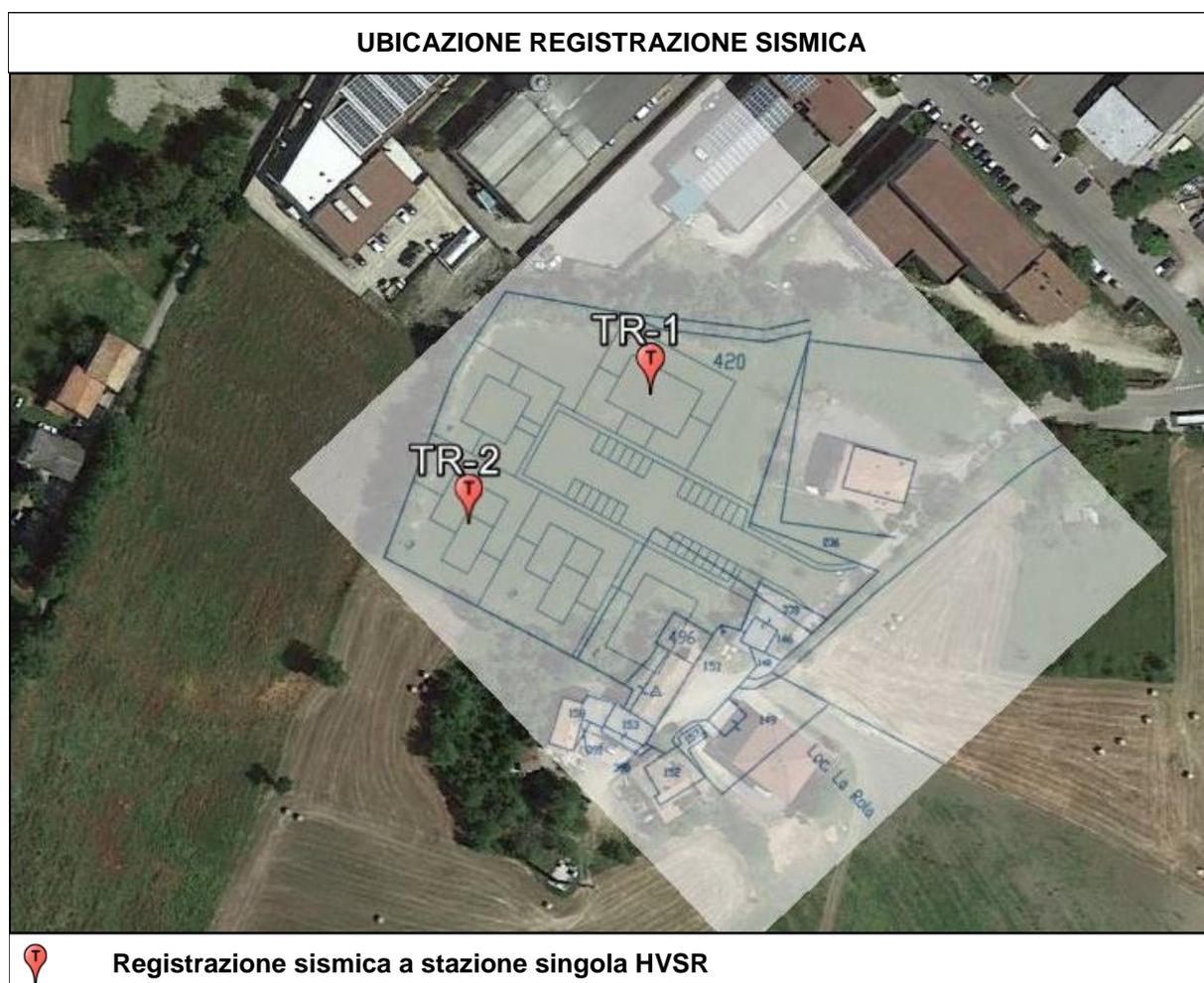
**DPSH-03**

COMMITTENTE: DUESSE	LOCALITA' : LA ROLA - S.ANTONIO
COMUNE: PAVULLO	DATA: 03/09/2015
NOME FILE: DUESSE DPSH-03	PENETROMETRO DPSH



# ALLEGATO B

## Registrazioni Sismiche - Parametri Sismici



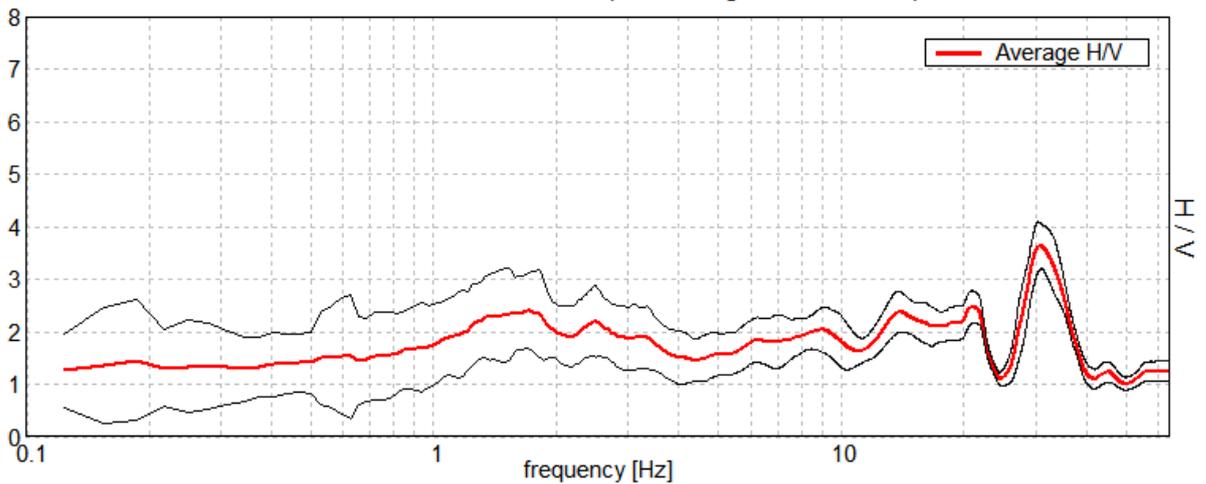


15\_058

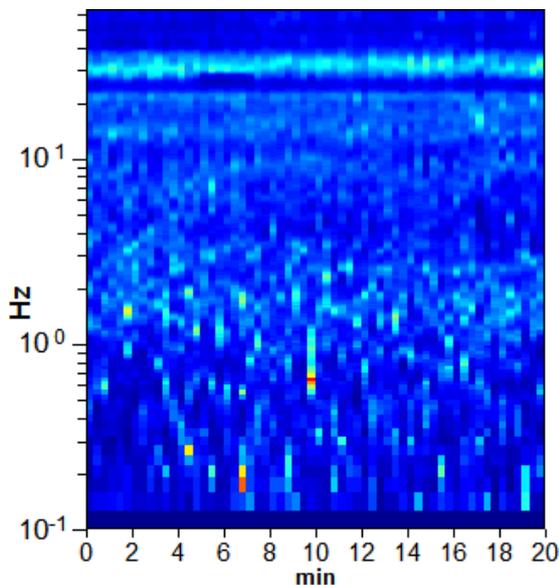
TR\_01

Instrument: TRS-0016/01-06  
 Start recording: 04/09/15 11:37:56      End recording: 04/09/15 11:57:57  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS location: 010°50.1161 E, 44°21.6452 N (777.1 m)  
 (UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
 Satellite no.: 04  
 Trace length: 0h20'00".      Analysis performed on the entire trace.  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

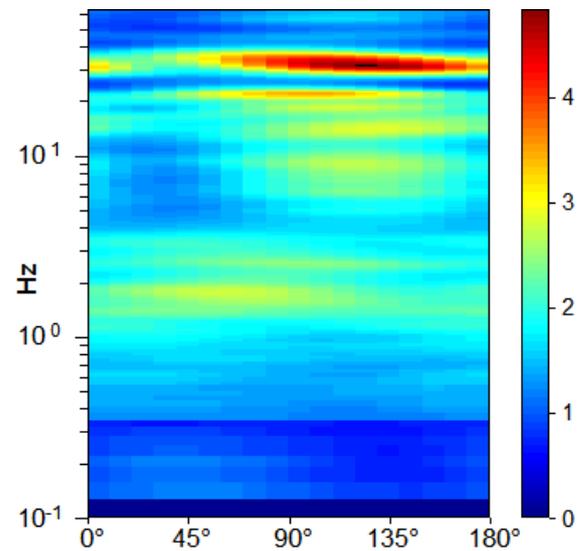
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO  
 Max. H/V at  $30.84 \pm 0.11$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

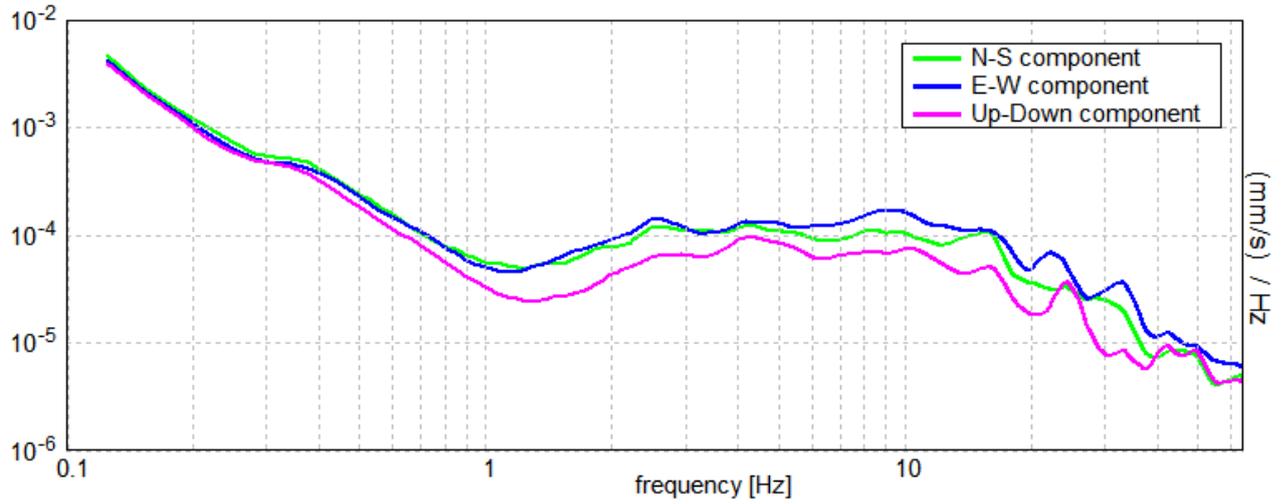


DIRECTIONAL H/V



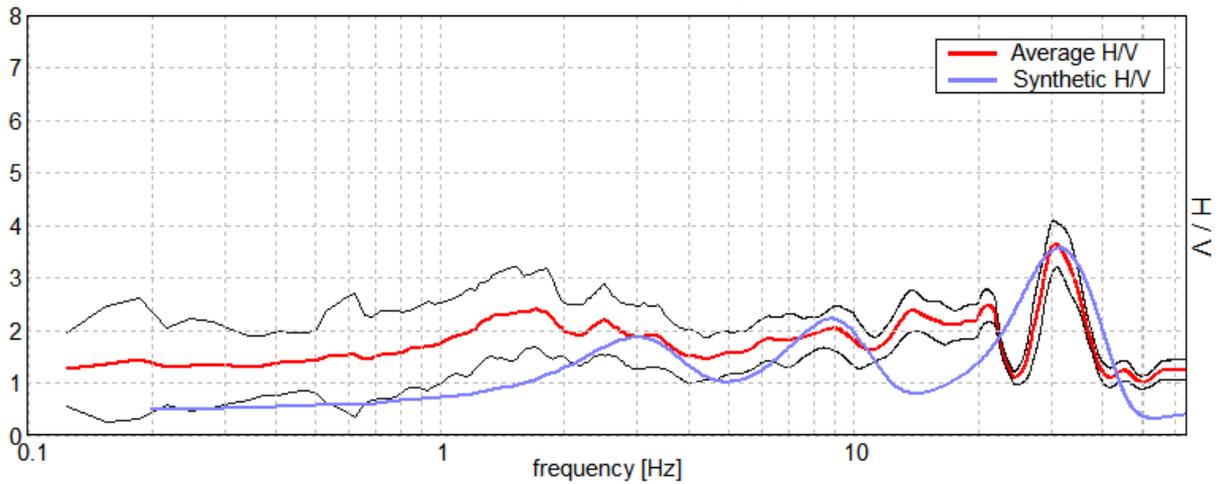


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

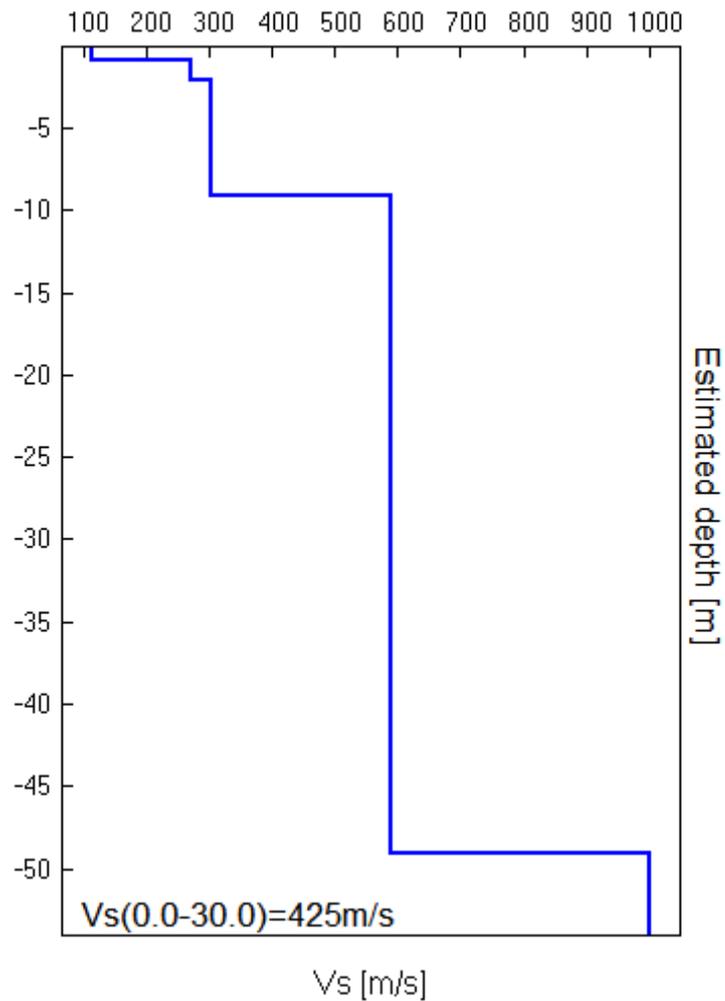
Max. H/V at  $30.84 \pm 0.11$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





Bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.90	0.90	115	0.35
2.10	1.20	270	0.35
9.10	7.00	305	0.35
49.10	40.00	590	0.35
inf.	inf.	1000	0.35

**Vs(0.0-30.0)=425m/s**





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

**Max. H/V at 30.84 ± 0.11 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	30.84 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	37012.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 1482 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**  
[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>	26.938 Hz	OK	
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	37.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.63 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.00182  < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.05614 < 1.54219	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2141 < 1.58	OK	

$L_w$	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

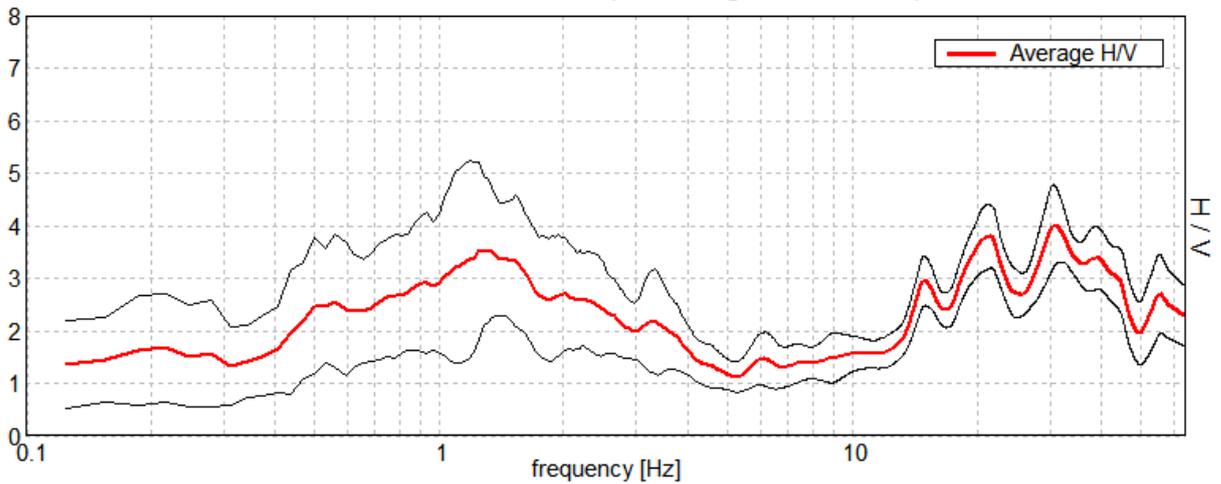


15\_058

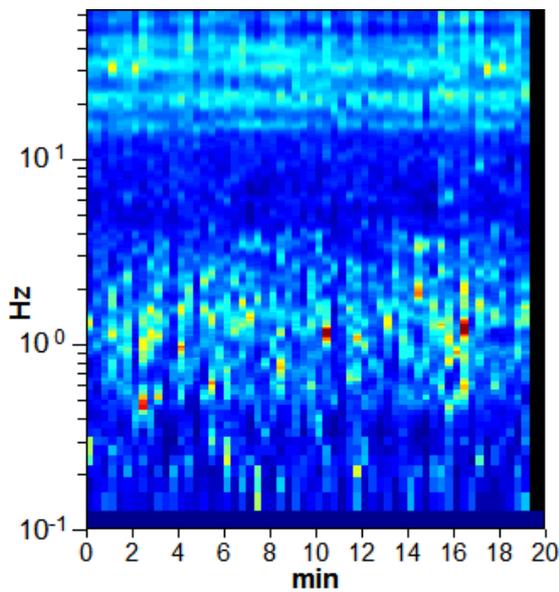
TR\_02

Instrument: TRS-0016/01-06  
 Start recording: 18/09/15 17:13:47      End recording: 18/09/15 17:33:48  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS location: 010°50.0807 E, 44°21.6297 N (778.3 m)  
 (UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
 Satellite no.: 07  
 Trace length: 0h20'00".      Analyzed 97% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

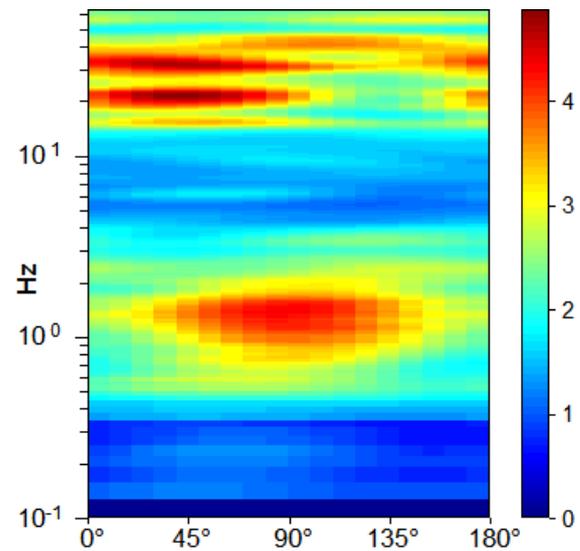
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO  
 Max. H/V at 30.94 ± 1.5 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

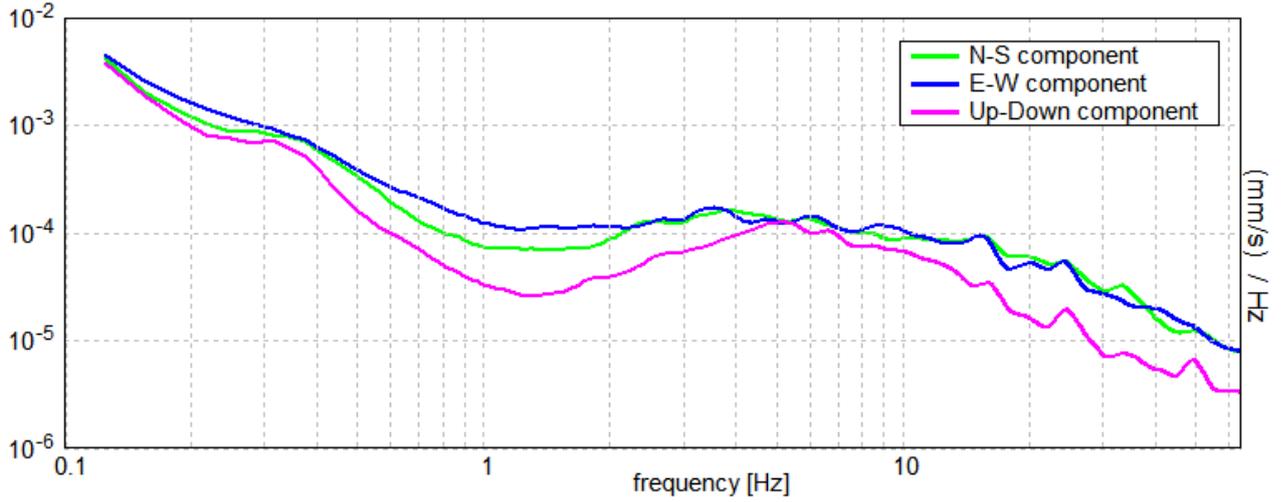


DIRECTIONAL H/V



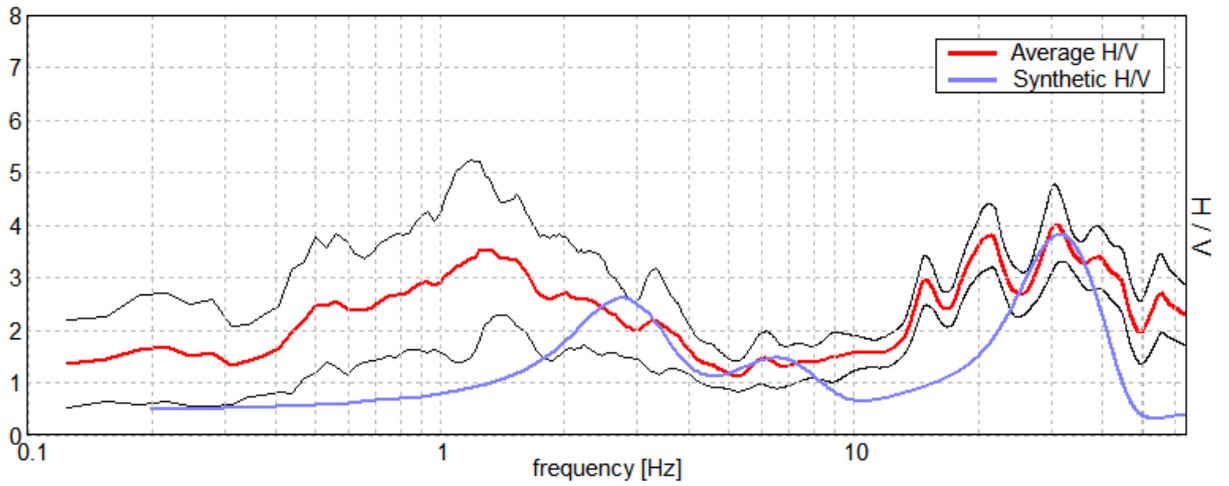


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

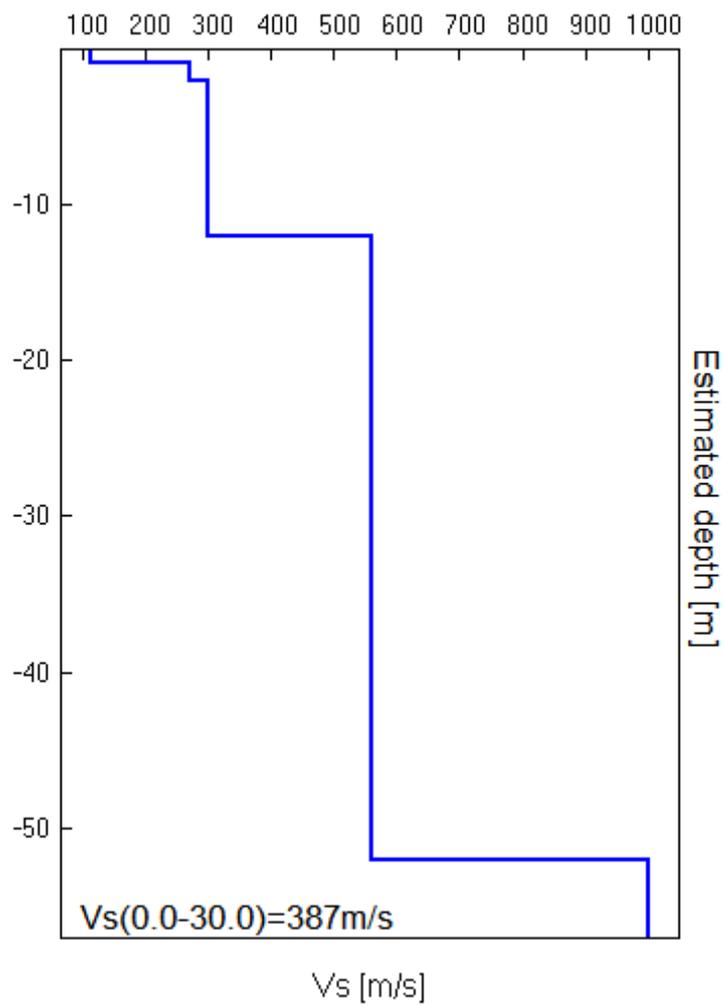
Max. H/V at 30.94 ± 1.5 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





Bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.90	0.90	115	0.35
2.10	1.20	270	0.35
12.10	10.00	300	0.35
52.10	40.00	560	0.35
inf.	inf.	1000	0.35

**Vs(0.0-30.0)=387m/s**





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

**Max. H/V at 30.94 ± 1.5 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	30.94 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	35887.5 > 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 1486 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 $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	13.531 Hz	<b>OK</b>	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	48.656 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	4.00 > 2	<b>OK</b>	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02406  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.74426 < 1.54688	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3723 < 1.58	<b>OK</b>	

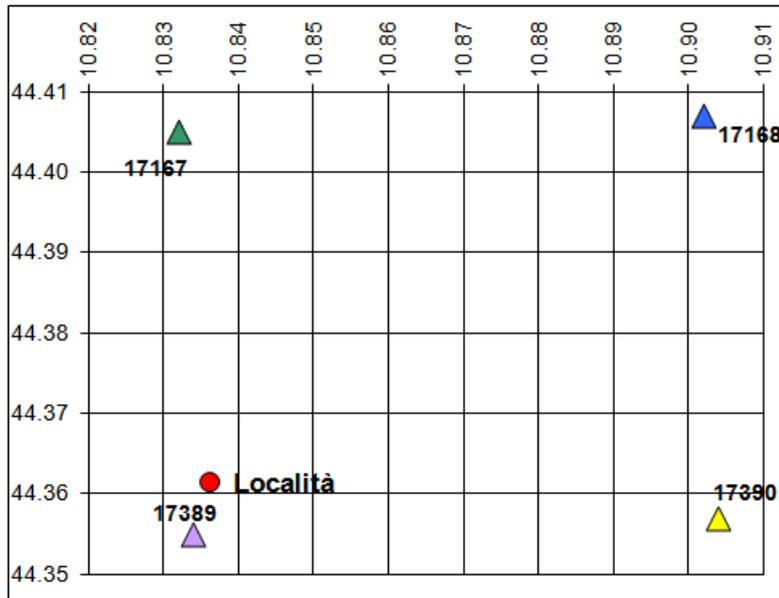
$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	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



Coordinate geografiche della località in esame				
	LON	LAT	Tolleranza	
	[°]	[°]	[°]	[km]
Località	<b>10.8360</b>	<b>44.3616</b>	<b>0.0001</b>	0.014

Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo				
ID	LON	LAT	DIST [°]	[km]
17389	10.834	44.355	0.007	0.746
17390	10.904	44.357	0.049	5.435
17167	10.832	44.405	0.044	4.846
17168	10.902	44.407	0.066	7.290



#### CARATTERISTICHE TERRENO

Topografia		<b>T1</b>
Coeff. topografico	<b>S<sub>T</sub></b>	<b>1.0</b>
Categoria suolo		<b>B</b>

#### VITA DELLA STRUTTURA

Vita nominale	<b>V<sub>N</sub></b>	<b>50</b>	[anni]
Classe d'uso	<b>C<sub>U</sub></b>	<b>II</b>	
Vita di riferimento	<b>V<sub>R</sub></b>	<b>50</b>	[anni]

#### PARAMETRI SISMICI

	SL	P <sub>VR</sub>	T <sub>R</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub> <sup>*</sup>	S	T <sub>b</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>	F <sub>V</sub>
SLE	Operatività	81%	30	<b>0.056</b>	<b>2.50</b>	<b>0.25</b>	1.200	0.121	0.363	1.822	0.795
SLE	Danno	63%	50	<b>0.069</b>	<b>2.50</b>	<b>0.26</b>	1.200	0.125	0.376	1.875	0.885
SLU	Salv. Vita	10%	475	<b>0.159</b>	<b>2.51</b>	<b>0.29</b>	1.200	0.136	0.409	2.234	1.347
SLU	Collasso	5%	975	<b>0.199</b>	<b>2.51</b>	<b>0.30</b>	1.200	0.140	0.420	2.397	1.515



## SPETTRI ELASTICI SLU

Tr = 475 anni (SLV)

Tr = 975 anni (SLC)

