



**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)

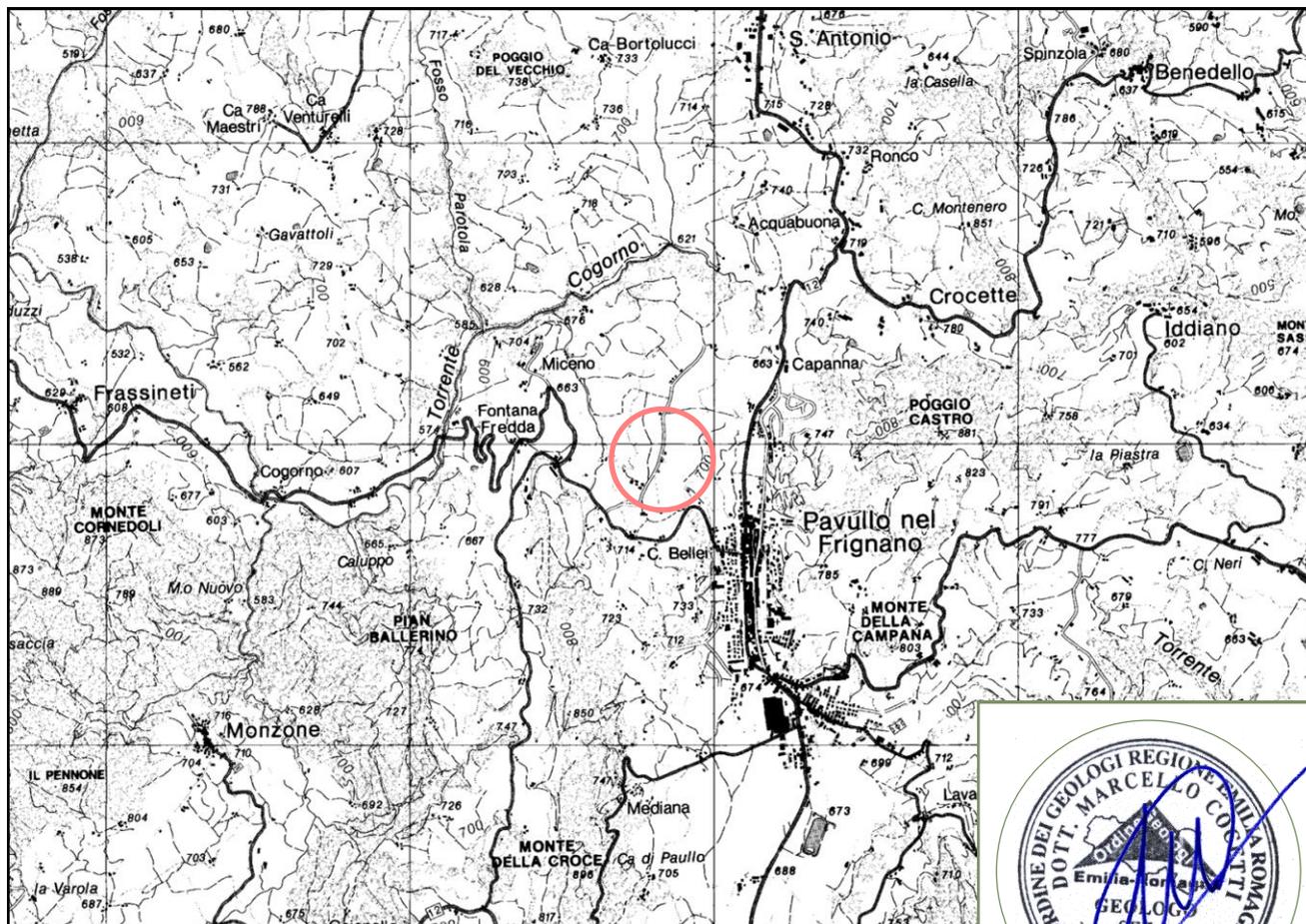
**OGGETTO** : **PROPOSTA DI INSERIMENTO NEL POC 2015/2020 AMBITO ANS 2.1**

**LOCALITÀ** : **CA' DEL VENTO**

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

**COMMITTENTE** : **MONTORSI BRUNO, MONTORSI MARINO**

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



UBICAZIONE DELL'INTERVENTO      SCALA 1:50'000

1 Km

TAV. F236

COORDINATE UTM

Est: 645655

Nord: 911840



## 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-NO

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:10000.  
SEZIONE 236060

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:5000.  
ELEMENTO 236061

ESTRATTO CATASTALE Scala 1:2000. COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO.  
FOGLIO 53; MAPPALE 47, 48, 216, 315.— AMBITO ANS 2.1

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

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

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

CARTA DEL DISSESTO (PTCP).  
SEZIONE 236060

## 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

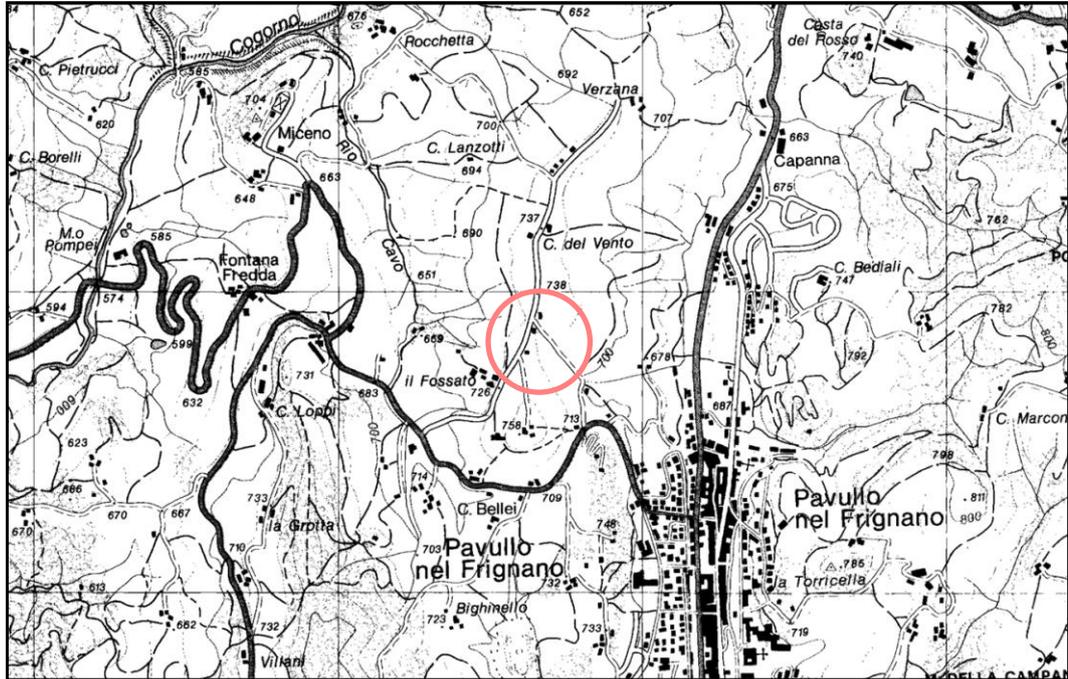


## CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:25'000

TAVOLA 236-NO

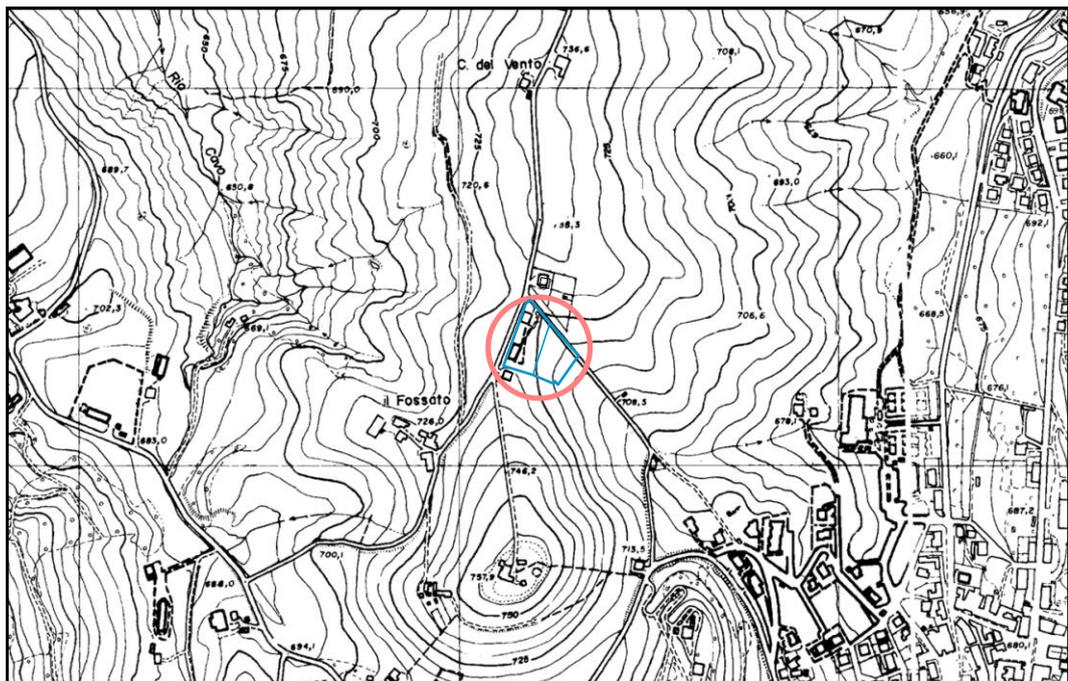
TAV. 1



## CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:10'000

SEZIONE 236060



 UBICAZIONE DEL SITO

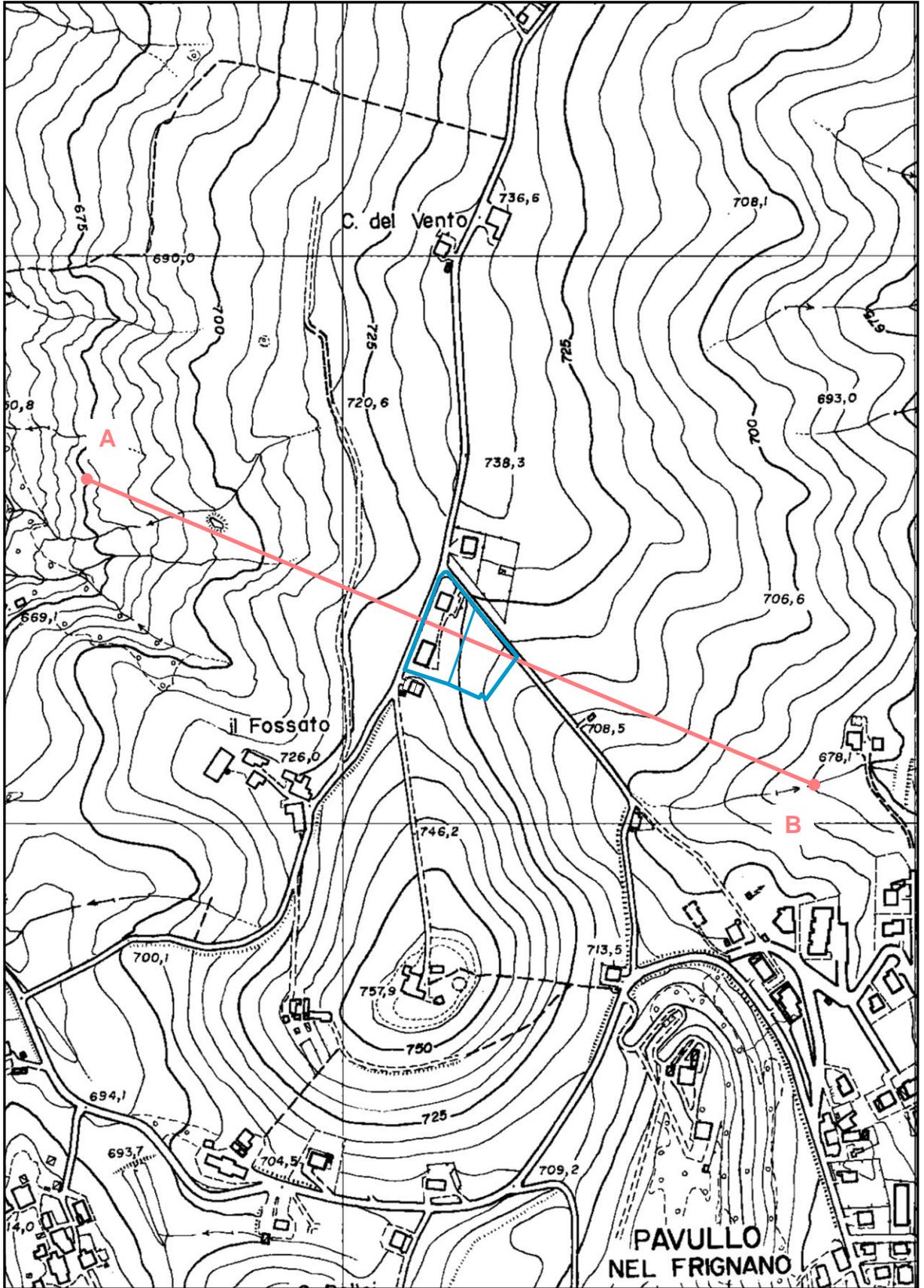


# CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:5'000

ELEMENTO 236061

TAV. 3





## SEZIONE TOPOGRAFICA

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



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
DIST.PROG.	0.0	14.7	42.5	94.4	123.6	168.0	186.0	201.4	220.7	253.1	275.9	320.6	357.2	395.0	449.3	539.5	571.6	593.6	609.1	635.7	660.4	692.5
DIST.PARZIALE	0.0	14.7	27.8	51.9	29.2	44.4	18.0	15.3	19.3	32.4	22.8	44.7	36.6	37.8	54.3	90.3	32.1	22.0	15.5	26.6	24.7	32.1
QUOTA	675.0	680.0	685.0	690.0	695.0	700.0	705.0	710.0	715.0	720.0	725.0	727.0	725.0	720.0	715.0	710.0	705.0	700.0	695.0	690.0	685.0	680.0

## MORFOMETRIA DEL VERSANTE

RILEVATO DALLA CARTA TECNICA REGIONALE

Scala 1:5000

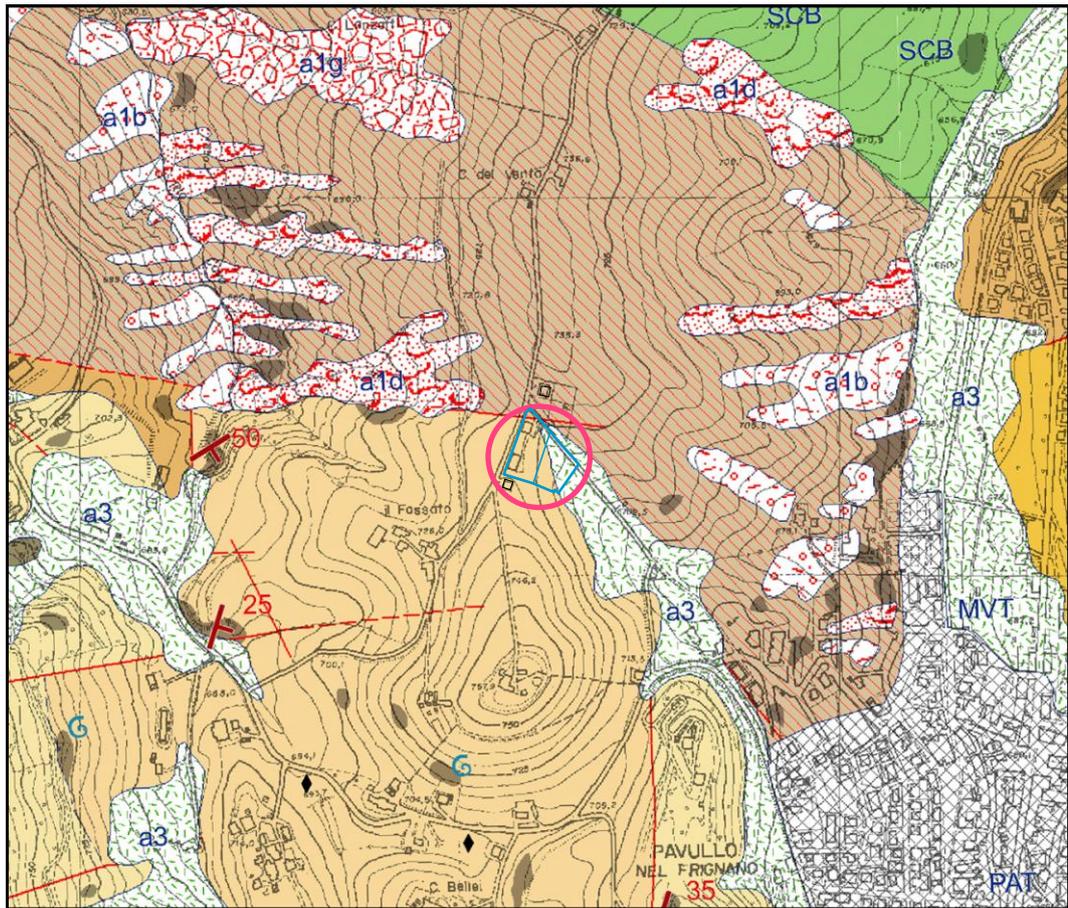
Pun. n°	D. Prog.	D. Parz.	Quota	Acc. %	Acc. °
0002.0	0014.7	0014.7	0680.0	034.0	018.8
0003.0	0042.5	0027.8	0685.0	018.0	010.2
0004.0	0094.4	0051.9	0690.0	009.6	005.5
0005.0	0123.6	0029.2	0695.0	017.1	009.7
0006.0	0168.0	0044.4	0700.0	011.3	006.4
0007.0	0186.0	0018.0	0705.0	027.8	015.5
0008.0	0201.4	0015.3	0710.0	032.6	018.0
0009.0	0220.7	0019.3	0715.0	025.9	014.5
0010.0	0253.1	0032.4	0720.0	015.4	008.8
0011.0	0275.9	0022.8	0725.0	021.9	012.4
0012.0	0320.6	0044.7	0727.0	004.5	002.6
0013.0	0357.2	0036.6	0725.0	005.5	003.1
0014.0	0395.0	0037.8	0720.0	013.2	007.5
0015.0	0449.3	0054.3	0715.0	009.2	005.3
0016.0	0539.5	0090.3	0710.0	005.5	003.2
0017.0	0571.6	0032.1	0705.0	015.6	008.9
0018.0	0593.6	0022.0	0700.0	022.7	012.8
0019.0	0609.1	0015.5	0695.0	032.2	017.9
0020.0	0635.7	0026.6	0690.0	018.8	010.7
0021.0	0660.4	0024.7	0685.0	020.3	011.5
0022.0	0692.5	0032.1	0680.0	015.6	008.9



## 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
	a6 - Detrito di falda
	b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
	b1a - Deposito alluvionale in evoluzione fissato da vegetazione
	d1 - Deposito eolico
	f1 - Deposito palustre
	i1 - Conoide torrentizia in evoluzione
	a3 - Deposito di versante s.l.
	a4 - Deposito eluvio-colluviale
	d1 - Deposito eolico

#### Successione epiligure

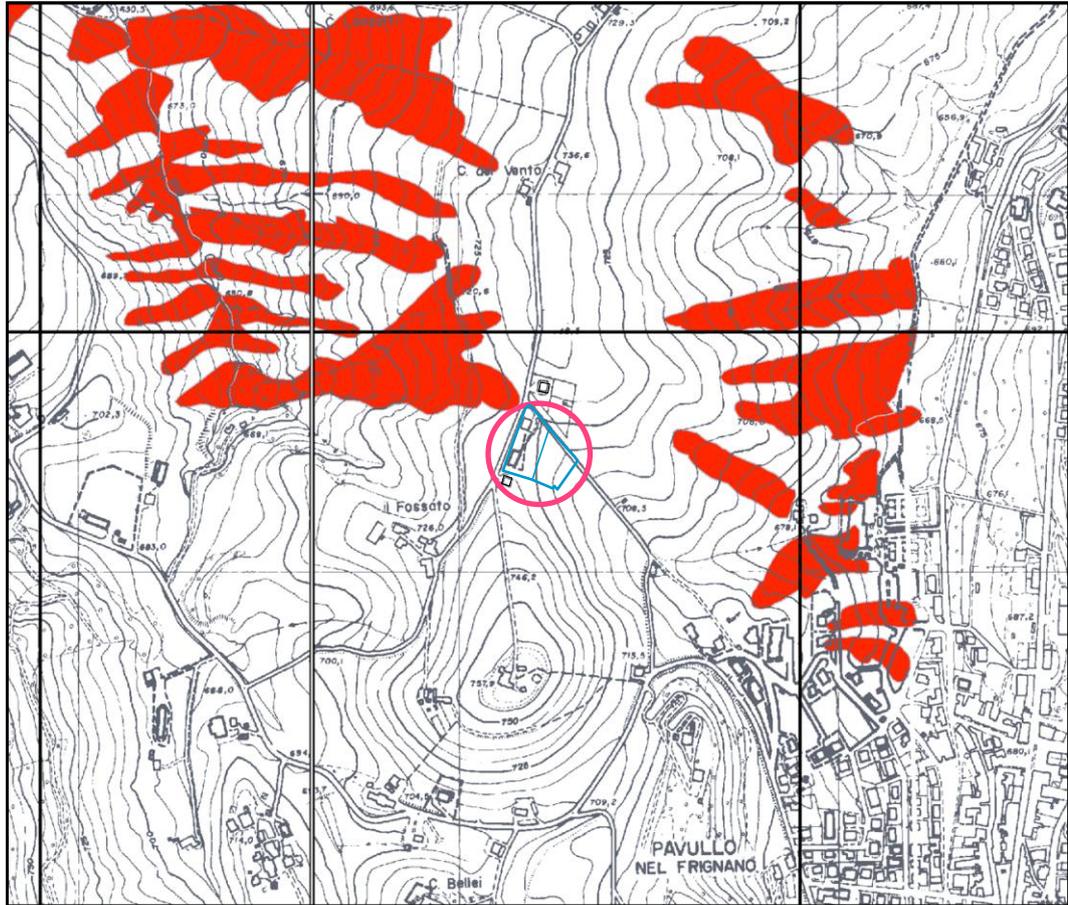
	CIG - Formazione di Cigarello
	CIG2 - Formazione di Cigarello - membro di Monte Luminasio
	CIG1 - Formazione di Cigarello - membro di Montalto Nuovo
	PAT - Formazione di Pantano
	PAT2 - Formazione di Pantano - membro di Montecuccolo
	PAT1 - Formazione di Pantano - membro di Sassoguidano
	CTG - Formazione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



## CARTA DEL DISSESTO PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 5



PTCP Provincia di Modena  
Carta del Dissesto

Scala 1:10000



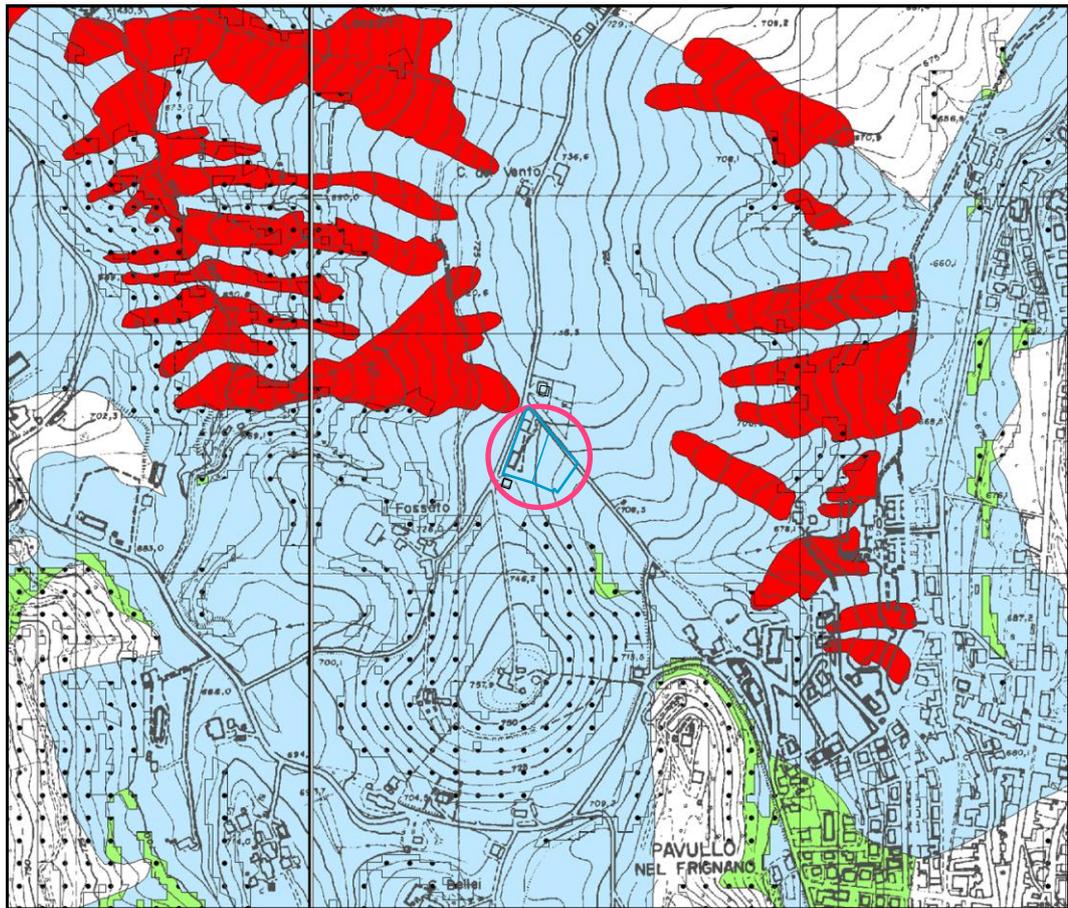
VOCI DI LEGENDA				
<b>Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità</b>				
		Aree interessate da frane attive	Art.15	
		Aree interessate da frane quiescenti		
<b>Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità</b>				
			Aree potenzialmente instabili	Art.16
<b>Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato</b>				
	Codice scheda 2.1.1 NR	Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR)		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**

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

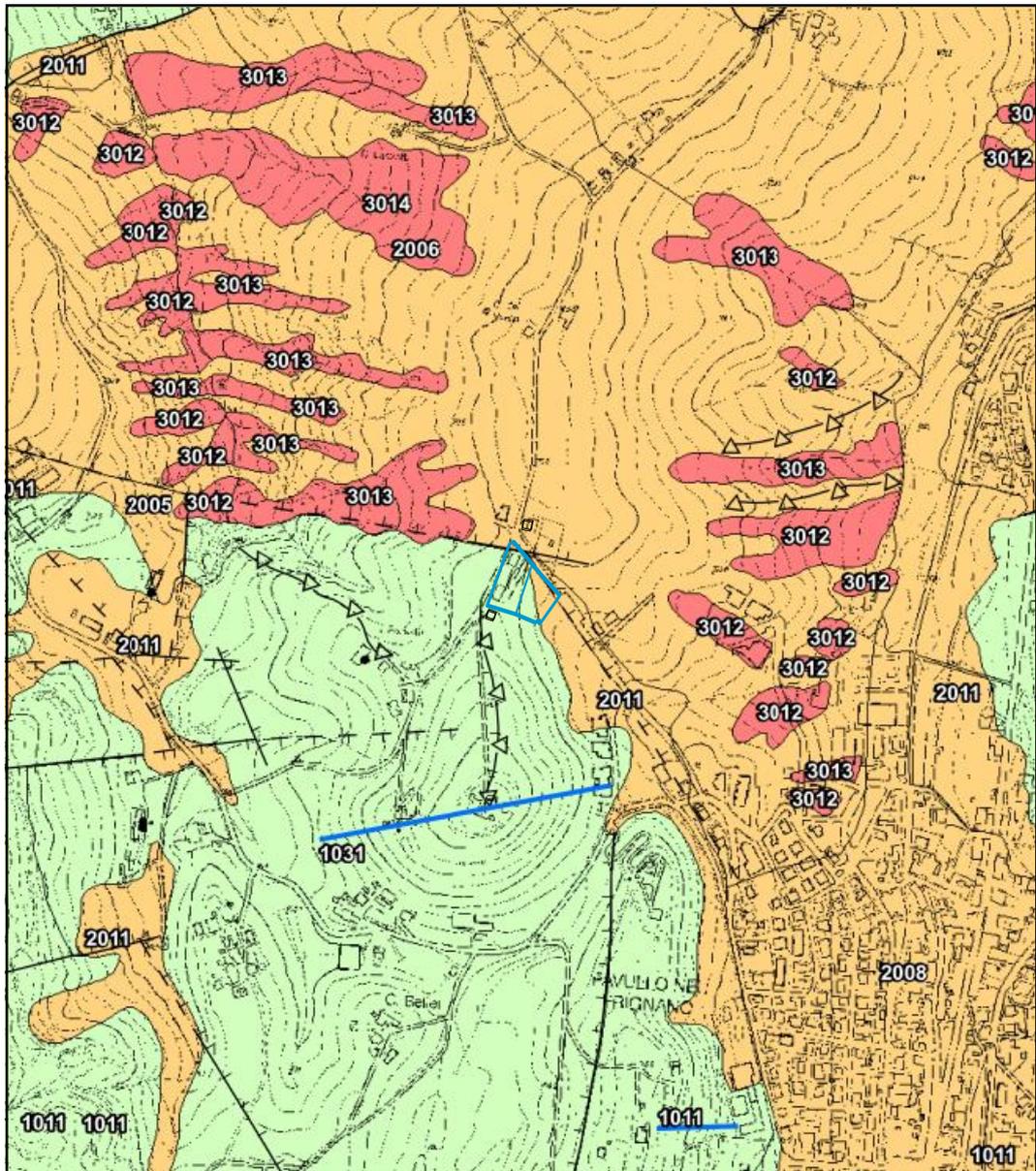




## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA 1° LIVELLO - PSC

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 sepolti



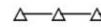
Falda detritica



Conoide alluvionale



Orlo di scarpata morfologica >20m



creste



Valle sepolta larga



Valle sepolta stretta



Picco isolato



Sinkhole, grotte, cavità isolate



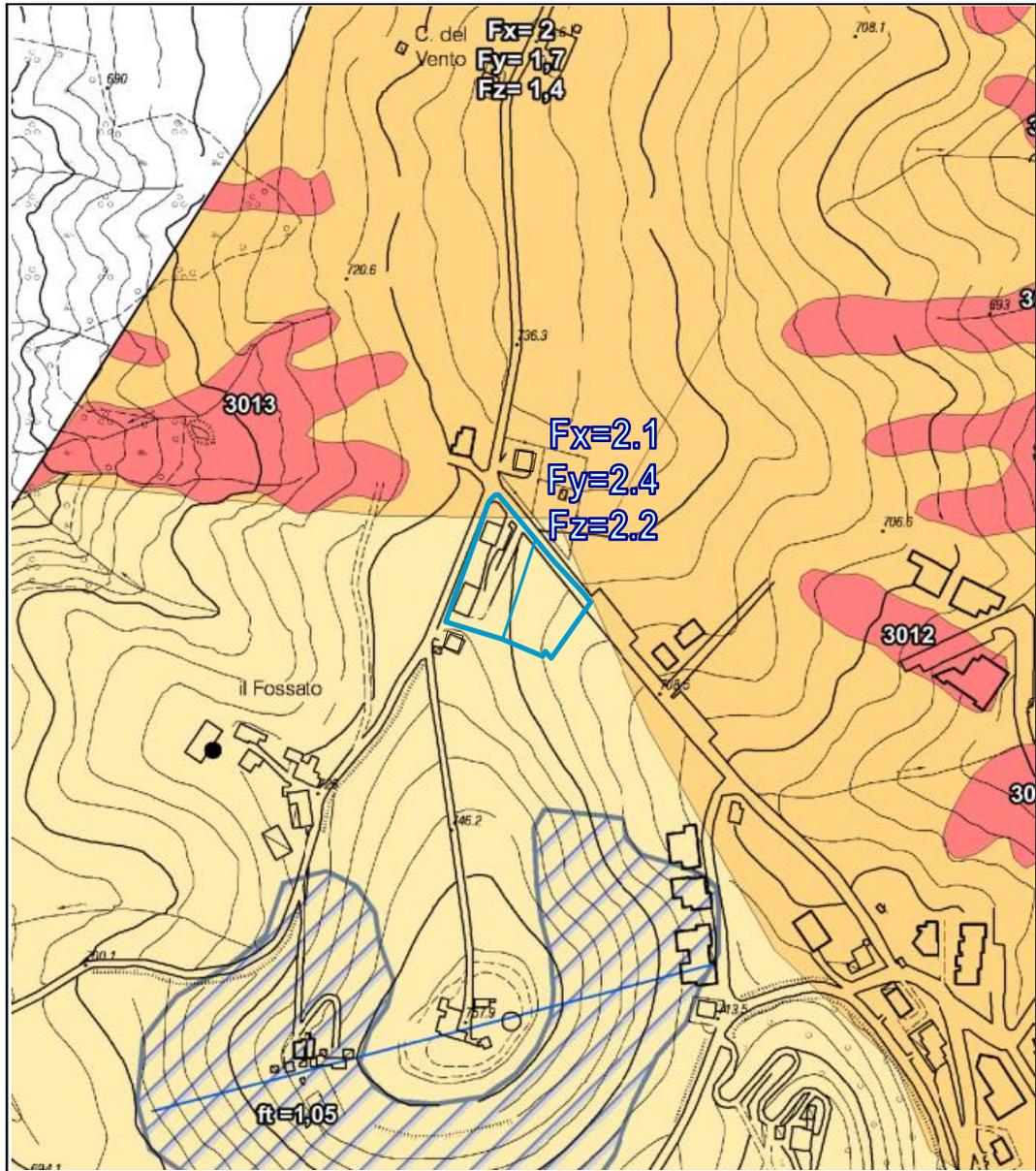
Traccia per gli approfondimenti  
delle amplificazioni topografiche



## 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



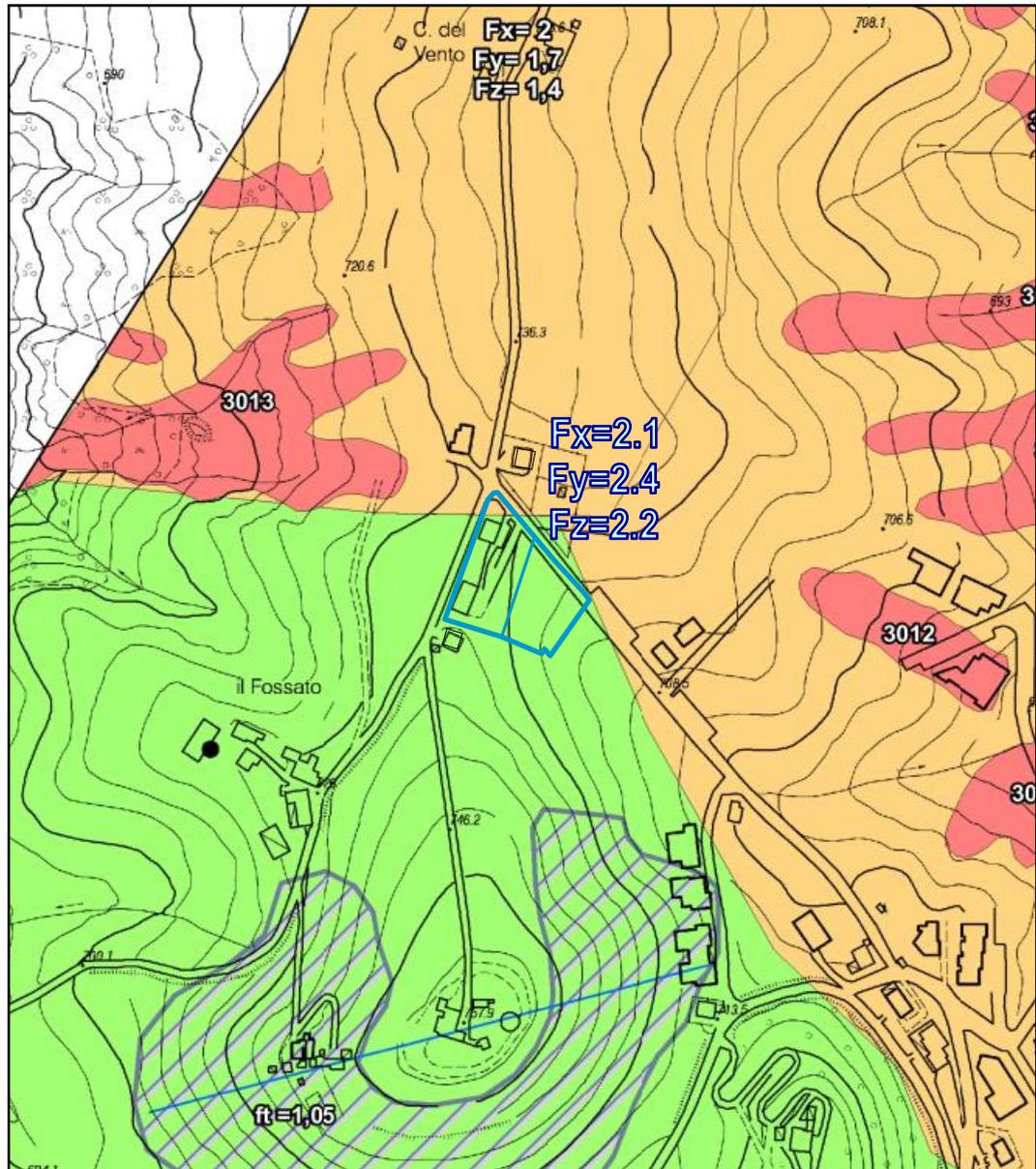
Area di amplificazione topografica



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

Scala 1:5000

TAV. 9b1





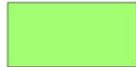
## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI<sub>0</sub> - PSC

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



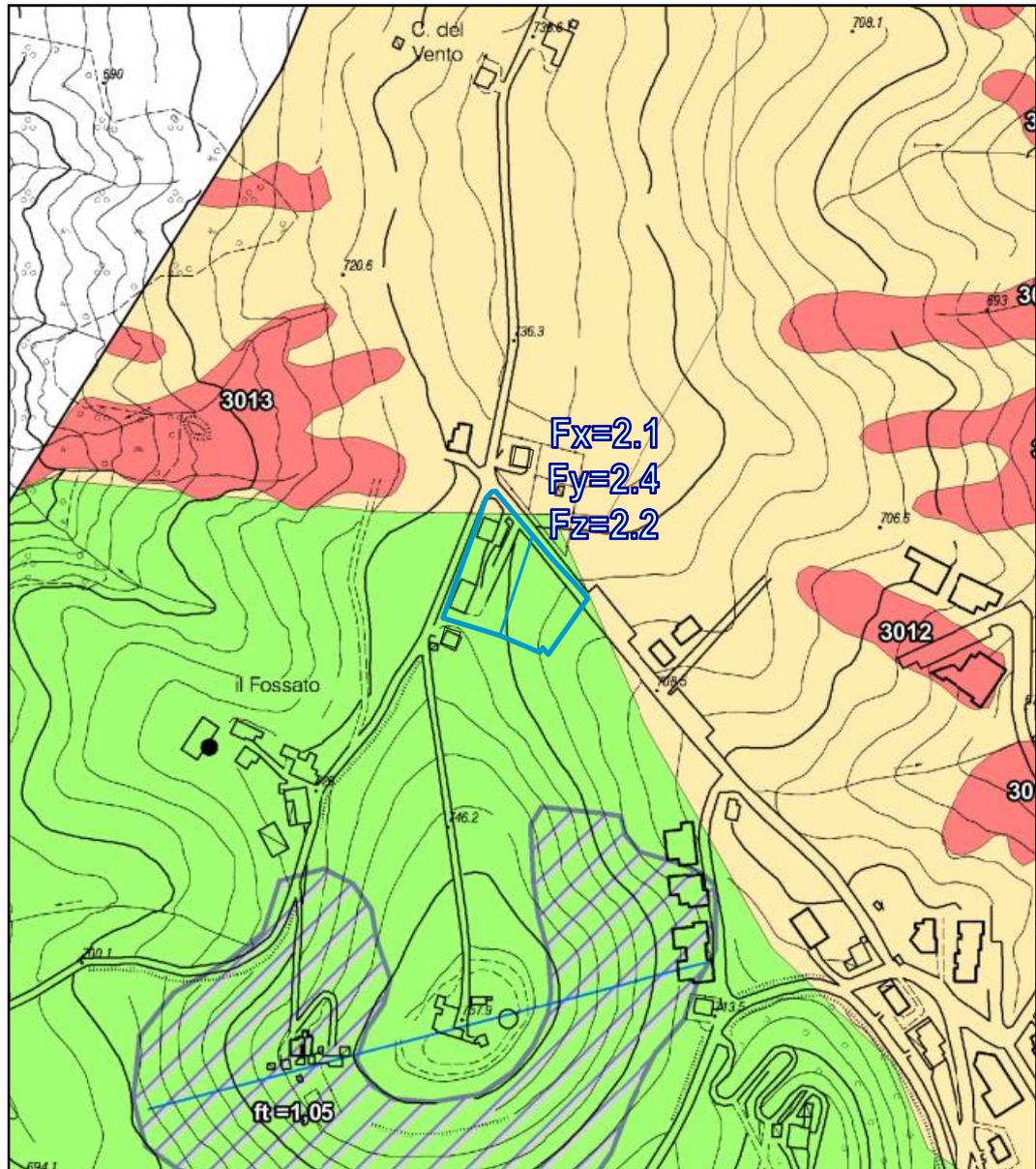
Area di amplificazione topografica



## 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 : 53

MAPPALE : 47, 48, 216, 315

○ PROVA PENETROMETRICA

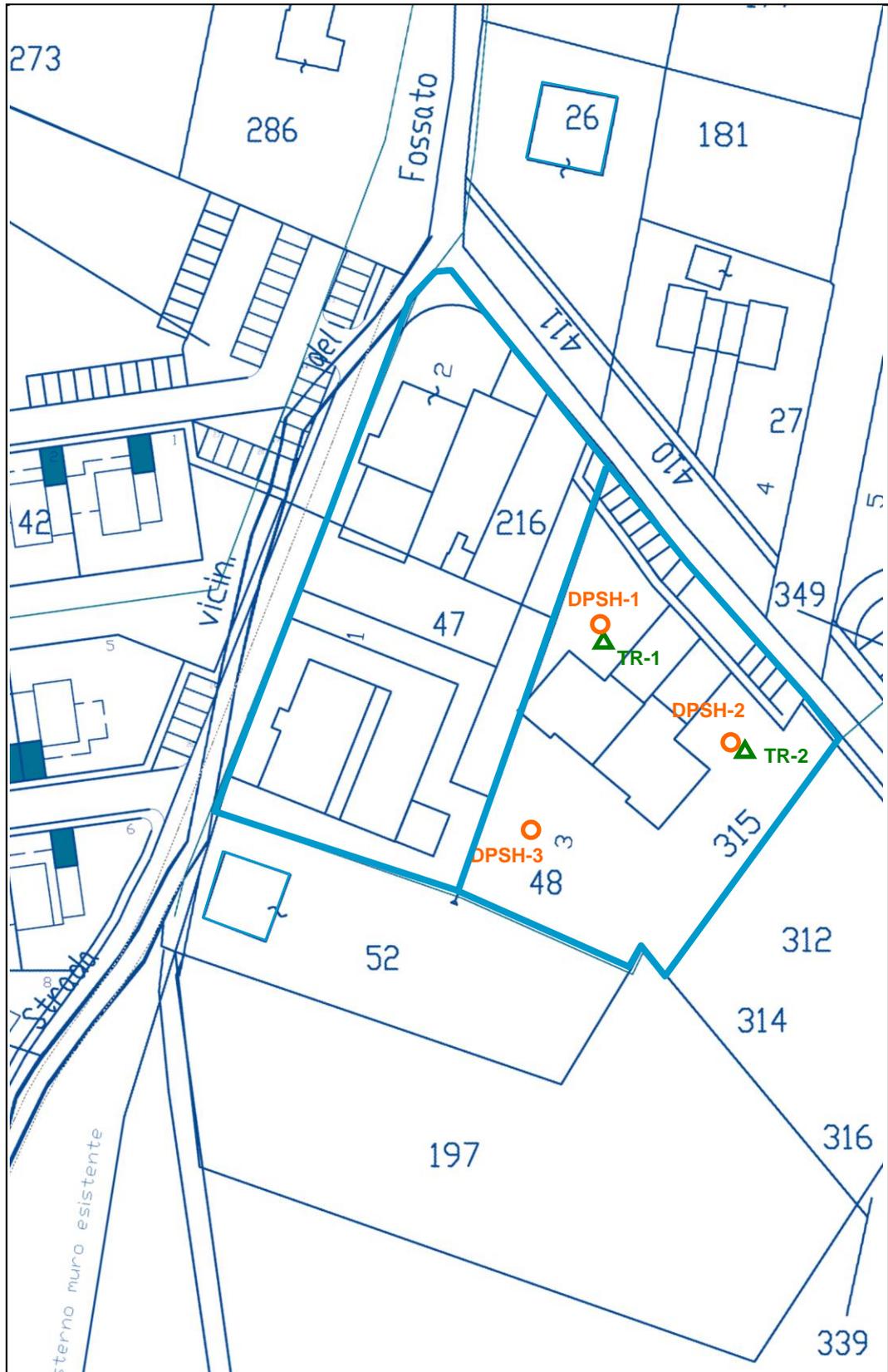
▲ REGISTRAZIONE SISMICA



## PLANIMETRIA CON PROVE GEOGNOSTICHE

Scala 1:1000

TAV. 11



### LEGENDA

-  PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTEDPSH
-  REGISTRAZIONE SISMICA A STAZIONE SINGOLA HVSR



# 1. RELAZIONE GEOLOGICA

## 1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il sito si colloca ad una quota di circa 725 m s.l.m. lungo una dorsale (*C.Bellei-Il Fossato-C.del Vento*) che corre da Sud a Nord

Il settore Nord e Nord-orientale dell'area è in massima parte costituito da litotipi argillosi (MVT) mentre quello meridionale da litotipi prevalentemente calcarei e arenacei (CIG) appartenenti al Gruppo di Bismantova (vedi la tavola 3 con la "Morfometria del Versante" e la tavola 4 con la "Carta Geologica CARG").

Ripide scarpate, impostate sulle formazioni più litoidi, sono molto frequenti nell'area pavullese e nel settore più meridionale del paese delimitano una vasta depressione di origine carsica (*poljie*) impostata su termini prevalentemente calcarei. L'intera area di *Pavullo nel Frignano* è infatti formata da una "zolla" calcareo-arenacea di dimensioni chilometriche costituita dalle formazioni di Bismantova e di Antognola, poggianti sui complessi di base costituiti in prevalenza dalle *Arenarie di Scabiazza* e dalle *Argille a Palombini*. L'intera conca di *Pavullo nel Frignano* sarebbe infatti derivata dalla soluzione chimica delle rocce più calcaree, mentre gli abbondanti depositi lacustri (particolarmente abbondanti al centro della conca e nella periferia Sud del capoluogo) deriverebbero da una successiva occlusione delle strutture carsiche che permettevano l'evacuazione delle acque di inondazione.

In ogni caso l'area oggetto di studio è posta in zona di dorsale e non risulta interessata da fenomeni carsici.

Il sito è ricoperto da un modesto spessore di depositi di versante indifferenziati (a3) costituiti da materiale eterogeneo di dimensioni variabili dai massi alle peliti e di modesto spessore.

La zona in esame non è soggetta ad evoluzione geomorfologica.

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

Le acque vengono prima raccolte entro la conca pavullese e quindi smaltite dal *Torrente Cogorno*.

Il Bacino principale è quello del *Fiume Secchia*.



## 1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico nell'area affiorano i terreni appartenenti alle Unità Epiliguri (Gruppo di Bismantova).

Seguendo la *Carta Geologica CARG (RER)* si possono riconoscere nell'area i seguenti depositi e le seguenti unità:

### Depositi quaternari continentali

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

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

#### **a6 - Detrito di falda**

Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, generalmente a quote elevate o molto elevate, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm<sup>3</sup> e decine di m<sup>3</sup>, privo di matrice o in matrice sabbioso-pelitica alterata e pedogenizzata, di origine gravitativa frequentemente alla base di scarpate e lungo i versanti più acclivi.

#### **d1 - Deposito eolico**

Sabbie fini, limi e limi argillosi in genere notevolmente pedogenizzati, su paleosuperfici.

## Successione Epiligure: Gruppo di Bismantova

#### **CIG - Formazione di Cigarello**

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

#### **CIG2 - Formazione di Cigarello - membro di Monte Luminasio**

Arenarie fini e medie, localmente biocalcareni e litareniti grossolane e microconglomeratiche, alternate a peliti siltose grigie, in strati da sottili a molto spessi, prevalentemente tabulari. Rapporto A/P >1. Intercalazioni metriche e decametriche di peliti sabbiose. Corpi arenacei lenticolari intercalati a varie altezze stratigrafiche. Torbiditi di scarpata bacino. Potenza variabile da 0 a 100 m circa. *Langhiano - Serravalliano*

#### **CIG1 - Formazione di Cigarello - membro di Montalto Nuovo**

Alternanze di arenarie finissime bioturbate e siltiti o peliti marnoso-sabbiose in strati da sottilissimi a medi; verso l'alto arenarie bioturbate in strati metrici e peliti marnose. Potenza massima di poche decine di metri. Ambiente di piattaforma esterna. Passaggio sfumato su PAT. *Langhiano - Serravalliano*

#### **PAT - Formazione di Pantano**

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

*Burdigaliano sup. - Langhiano inf.*

#### **MVT - Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa**

Breccie a matrice argillosa grigia o grigio-scura, talora varicolore, con clasti decimetrici o di dimensioni maggiori di prevalenti calcilutiti biancastre tipo "palombino", calcari marnosi, marne, siltiti e arenarie, e inclusi da decametrici ad ettometrici di formazioni liguri o epiliguri. Il limite inferiore è netto, su MMP o graduale rapido su AVS, spesso meccanico; questa unità presenta evidenti rapporti di eteropia con ANT. Depositati di colata gravitativa (mud e debris flow). La potenza massima varia da qualche decina ad oltre 500 m.

*Chattiano? - Aquitaniano*



### 1.3 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

L'area si colloca in zona di dorsale per cui l'allontanamento delle acque e il drenaggio superficiale è assicurato.

La permeabilità del terreno è primaria per porosità nei depositi di versante (a3) e nelle aree dove affiorano i termini più argillosi (MVT); secondaria per fessurazione nella porzione di territorio interessata dagli affioramenti calcarei (CIG).

Più a valle dell'area non si possono escludere piccole emergenze lungo il contatto fra litotipi a diverso grado di permeabilità per la presenza di un orizzonte idrico ipogeo.

Tutte le acque che solcano il versante alimentano rivoli e fossi tributari del *Torrente Cogorno*.

Il *Torrente Cogorno* confluisce più a valle nel *Torrente Rossenna*, affluente di destra del *Fiume Secchia*

Le opere previste non potranno interferire negativamente sulla circolazione delle acque superficiali ed ipogee.

### 1.4 PROCESSI EROSIVI E GRADO DI STABILITA'

I processi erosivi, ad opera delle acque superficiali e di ruscellamento, sono limitati per le buone caratteristiche geotecniche del litotipo affiorante e per le caratteristiche geomorfologiche dell'area che si colloca in zona di dorsale.

Tali processi sono inoltre limitati dalla buona conduzione agraria dell'area e dalla presenza di un abbondante manto erboso.

Si possono avere limitati fenomeni di erosione carsica sul versante più a Sud, dove affiorano le unità più calcaree del Gruppo di Bismantova, con occasionali depositi di dissoluzione.

Nell'area di intervento la morfologia risulta poco evoluta e con forme riferibili al Wurm.

Nella *Carta delle frane e della stabilità dei terreni del bacino del Fiume Secchia* i terreni affioranti nell'area circostante il sito esaminato sono così descritti: "Terreni stabili, Terreni caratterizzati da buone condizioni di stabilità, per i quali l'imposizione di



opere d'arte in genere non da luogo a problemi particolari”.

Nella *Carta del Dissesto* estratta dal PTCP (vedi TAV. 5) non vengono segnalati fenomeni di dissesto e/o instabilità nelle aree adiacenti al sito e sul porzione di versante studiata.

Sul campo non vi sono evidenze di fenomeni franosi o di cedimenti del terreno: in particolare li fabbricati esistenti risultano in buono stato di conservazione.

La porzione di dorsale, oggetto del presente inserimento nel POC, può quindi essere classificata, in ultima analisi, come stabile.

Si ritiene in conclusione che per l'entità degli interventi previsti e per la loro collocazione, fatta salva la corretta esecuzione delle opere, non sarà pregiudicato il grado di stabilità dell'area.

## 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 all'inserimento nel POC.

Anche se generalmente la roccia (Formazione di Cigarellino del Gruppo di Bismantova) affiora nella zona di dorsale ad una profondità limitata (2-3 m dal p.c.), nella fascia più bassa del lotto, quella esposta a Nord/Est (prove DPSH-1 e DPSH-2) la copertura detritica o comunque di materiale molto alterato può raggiungere spessori importanti, anche di 5/6 m (vedi prova 1).

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-1 e DPSH-2.



### 1.5.1 Prove Penetrometriche Dinamiche

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno sono state eseguite 3 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). Nella pagina seguente riportiamo l'elaborazione della prova penetrometrica dinamica DPSH-1.

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: MONTORSI						LOCALITA': PAVULLO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 26/09/2015					
NOME FILE MONTORSI 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> ]
1.0	7.2	14.5	29.7	10263	108	97	8673	169	9.5	5276	211
2.4	2.9	6.2	24.6	4409	130	42	3726	82	32.3	1912	76
4.8	5.5	11.3	28.0	8022	362	76	6779	152	67.1	3257	130
6.2	9.1	18.0	31.4	12776	680	121	10796	236	89.5	4803	192
9.8	22.3	40.9	38.7	29053	2141	274	24552	507	112.0	10386	415
10.2	28.5	51.3	40.9	36399	3341	343	30760	632	130.0	11872	475
10.4	35.0	62.0	42.9	44006	4563	415	37188	756	132.7	14579	583

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 = $[(h \cdot \gamma' \cdot Nq) + (\frac{1}{2} \cdot b \cdot \gamma \cdot N\gamma)] / 3$	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, N $\gamma$ Meyerhof)
Cu = 6.7 · Nspt	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Qa2 = $[(h \cdot \gamma') + (Cu \cdot Nc)] / 3$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rpd = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = (Rpd / 15÷30); Qa=(Rpd / 25)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



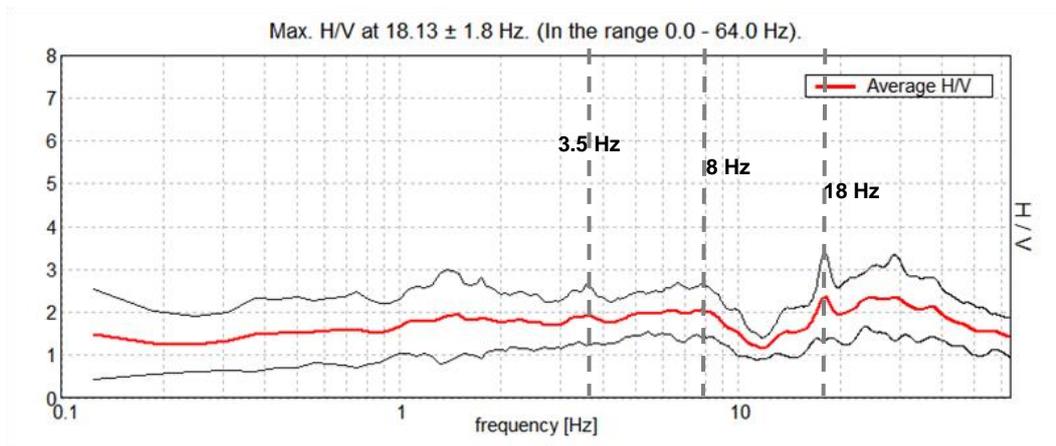
## 1.5.2 Registrazione Sismica

Le prove sismiche hanno confermato la presenza del substrato più compatto ad una profondità di circa 6 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 1:



Osservando il grafico precedente si notano 3 picchi: procediamo da destra verso sinistra, cioè dalla superficie in profondità. Il primo è una specie di gobba (fra 18 e 40 Hz) e interessa il passaggio Suolo detrito; il secondo picco a circa 8 Hz interessa il passaggio fra materiale detritico e roccia alterata (circa 6 m dal p.c.); l'ultimo picco più profondo (3.5-4 Hz) qui viene appena accennato, ma è più evidente in altre registrazioni sismiche fatte poco distanti (TR-2 e TR-3) e segna il passaggio fra i 350 e i 550 m/s (cioè il passaggio ad una roccia rigida).

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

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

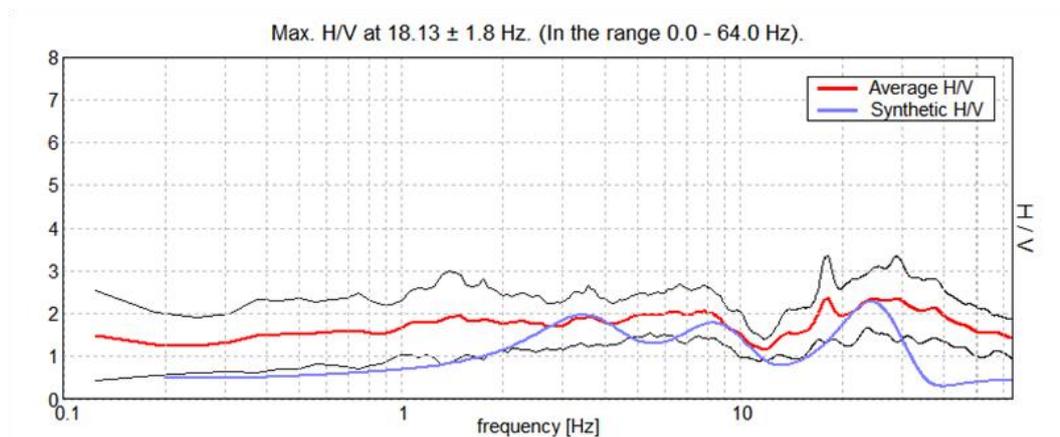


Dalla formula precedente, conoscendo la frequenza di risonanza e sapendo dalla prova penetrometrica che il passaggio fra lo strato più superficiale e quello sottostante avviene ad una certa profondità  $h$ , alla quale corrisponde la frequenza  $F_r$ , si può ottenere la  $V_s$  media dello strato sovrastante.

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
1.10	1.10	100	0.40
2.30	1.20	220	0.40
6.50	4.20	200	0.40
26.50	20.00	350	0.35
inf.	inf.	550	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 (depositi o detriti di versante e/o roccia molto alterata e fratturata) con spessore molto variabile fra 1.5 m (DPSH-3) a 6 m (DPSH-1).
- Un secondo strato, sottostante allo strato precedente, costituito da roccia alterata e fratturata ( $V_s \sim 350$  m/s) mostra uno spessore che raggiunge circa 20 m ed una profondità di 26.6 m dal p.c.
- 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 — 1.0 m	Suolo Terreno agrario
1.0 — 1.5/6 m	Depositi o detriti di versante ( $V_s \sim 200-220$ m/s)
6.0 — 26 m	Roccia fratturata e alterata ( $V_s \sim 350$ m/s)
> 26 m	Roccia compatta ( $V_s > 550$ m/s)

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

STRATIGRAFIA DPSH-1			
LITOLOGIA	H	Nspt[h]	DESCRIZIONE
1	1.0	6 [2.4]	Terreno vegetale limo argilloso sabbioso con clasti
2			Depositi o detriti di versante ( $V_s \sim 200/220$ m/s)
3	6.0	11 [4.8]	Probabili Arenarie e Marne alterate e molto fratturate appartenenti alla Formazione di Cigarello ( $V_s \sim 350$ m/s)
4			
5			
6			
7	10.5	41 [9.8] 62 [10.4]	Arenarie e Marne appartenenti alla Formazione di Cigarello ( $V_s \sim 350/400$ m/s)
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			



## 2. RELAZIONE SISMICA

### 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:

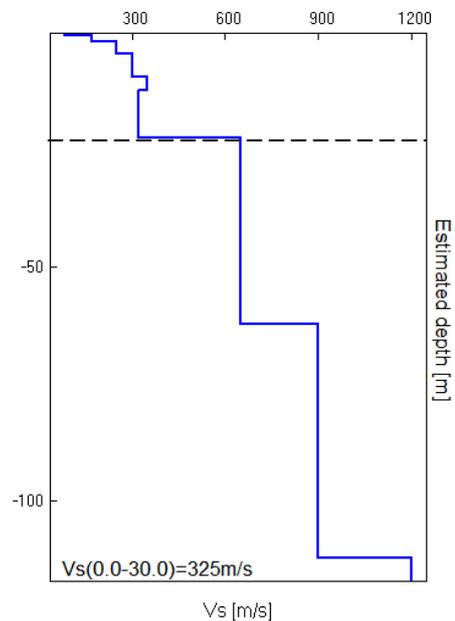
$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{s30i})$$

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 n°1.

Thickness [m]	Vs [m/s]
1.10	100
1.20	220
4.20	200
20.00	350
inf.	550



Elaborando le varie velocità secondo la formula precedente si ottiene per una profondità  $h = 0$  m dal p.c. una  $V_{s30} = 297$  m/s.

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



## 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.

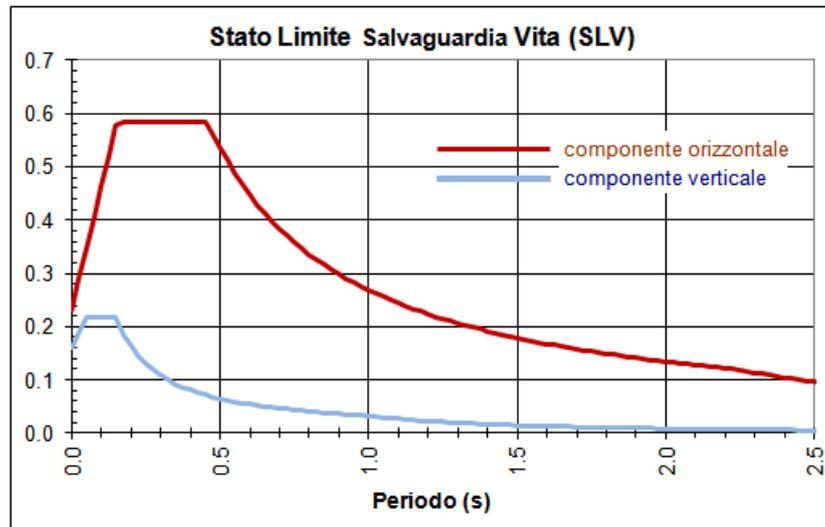
§ 3.2.3.2.2

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

$S = S_s \times S_T$	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 C**; 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:ù



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

- 1) La categoria del suolo di fondazione è la **C**.
- 2) L'accelerazione orizzontale di picco PGA (Peak Ground Acceleration) è di **0.59** 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 **C** 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 quella relativa alla lettura sismica TR-1:

DATUM ED50 UTM_X = 645713 m UTM_Y = 4911429 m				
PROFONDITA' (m)	SPESSORE (m)	Vs (m/s)	BEDROCK	
1.10	1.10	100		Vs30 297 m/s
2.30	1.20	220		
6.50	4.20	200		
26.50	20.00	350		
30.00	3.50	550	X	Vsh 280 m/s h = 26.5 m

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 Vs &lt; 800 m/s)</b>		
H	=	26.5 m
$V_{sh}$	=	280 m/s
FA PGA	=	2.1
FA IS ( $0.1 < T_0 < 0.5$ s)	=	2.4
FA IS ( $0.5 < T_0 < 1.0$ s)	=	2.2

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 l'area studiata, si sono ottenute le seguenti amplificazioni sismiche: PGA/PGAo=**2.1**; SI/SIo<sub>(0.1-0.5)</sub>=**2.4**;

SI/SIo<sub>(0.5-1.0)</sub>=**2.2**.



## 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 *Cà del Vento*, 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 Stato Limite delle 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 substrato di fondazione, l'amplificazione sismica (vedi paragrafo precedente).

#### 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) si ricavano i parametri caratteristici che vengono mostrati nella tabella sotto riportata nella quale viene elaborata la prova penetrometrica dinamica DPSH-1. 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-01  
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: MONTORSI				LOCALITA': PAVULLO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 26/09/2015							
NOME FILE MONTORSI DPSH-01				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> ]
1.0	7.2	14.5	5	29.7	1.2	28.6	23.6	97	16.0	81	58
2.4	2.9	6.2	7	24.6	1.1	23.7	19.4	42	9.2	34	25
4.8	5.5	11.3	12	28.0	1.0	27.5	22.6	76	11.4	70	50
6.2	9.1	18.0	7	31.4	1.3	30.3	25.1	121	17.9	106	76
9.8	22.3	40.9	18	38.7	1.1	38.2	32.2	274	31.5	261	186
10.2	28.5	51.3	2	40.9	0.2	38.6	32.5	343	7.9	256	183
10.4	35.0	62.0	1	42.9		39.4	33.3	415		269	192

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-1 (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 di Versante 1.0<h<2.4 m)

$$\phi'_k \sim 24^\circ$$

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

$$C_{uk} \sim 30 \text{ kPa}$$

#### STRATO 2 (Depositi di Versante 2.4<h<4.8 m)

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

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

$$C_{uk} \sim 70 \text{ kPa}$$



Seguono i calcoli dei parametri caratteristici elaborati per piccole superfici e quindi per il calcolo della portanza del palo singolo.

Si prende sempre in considerazione l'elaborazione della prova penetrometrica DPSH-1, quella che ha mostrato caratteristiche geotecniche più modeste nello strato più superficiale:

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

COMMITTENTE: MONTORSI				LOCALITA': PAVULLO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 26/09/2015							
NOME FILE MONTORSI DPSH-01				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare ( $\phi$ )				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	$\phi_m$ [°]	dev stand	$\phi_k$ [°]	$\phi_d$ [°]	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> ]
1.0	7.2	14.5	5	29.7	1.2	<b>26.3</b>	<b>26.3</b>	97	16.0	<b>63</b>	<b>63</b>
2.4	2.9	6.2	7	24.6	1.1	<b>22.8</b>	<b>22.8</b>	42	9.2	<b>28</b>	<b>28</b>
4.8	5.5	11.3	12	28.0	1.0	<b>26.4</b>	<b>26.4</b>	76	11.4	<b>59</b>	<b>59</b>
6.2	9.1	18.0	7	31.4	1.3	<b>29.2</b>	<b>29.2</b>	121	17.9	<b>94</b>	<b>94</b>
9.8	22.3	40.9	18	38.7	1.1	<b>36.9</b>	<b>36.9</b>	274	31.5	<b>226</b>	<b>226</b>
10.2	28.5	51.3	2	40.9	0.2	<b>36.2</b>	<b>36.2</b>	343	7.9	<b>222</b>	<b>222</b>
10.4	35.0	62.0	1	42.9		<b>38.0</b>	<b>38.0</b>	415		<b>269</b>	<b>269</b>

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

I dati riportati nelle 2 tabelle precedenti sono relativi alla verticale DPSH-1, 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	6	7
Profondità letto dello Strato	[m]	1	2.4	4.8	6.2	9.8	10.2	10.4
Spessore dello Strato	[m]	1	1.4	2.4	1.4	3.6	0.4	0.2
Nspt (Standard Penetration Test)	-	14	6	11	18	41	51	62
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>-3</sup> ]	19	18	19	19	21	21	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	90	52	60	71	100	100	100
Coesione non drenata (con $\phi^1=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>-2</sup> ]	80	35	70	105	260	255	270
Angolo di attrito interno (con $C'=0$ )	$\phi^1_k$ [°]	29	24	27	30	38	39	39
Grado di Consolidamento	OCR	1.8	0.2	0.7	>4	>4	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>-2</sup> ]	8700	3700	6800	10800	24600	30800	37200
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	10600	5400	9500	50000	72200	89700	108500
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>-3</sup> ]	13000 20300	9800 15600	18200 43500	28400 81700	60800 256900	75800 400900	90700 547600

DPSH-01 (valori caratteristici per pali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI						
		1	2	3	4	5	6	7
Profondità letto dello Strato	[m]	1	2.4	4.8	6.2	9.8	10.2	10.4
Spessore dello Strato	[m]	1	1.4	2.4	1.4	3.6	0.4	0.2
Nspt (Standard Penetration Test)	-	14	6	11	18	41	51	62
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>-3</sup> ]	19	18	19	19	21	21	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	90	52	60	71	100	100	100
Coesione non drenata (con $\phi^1=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>-2</sup> ]	65	30	60	95	225	220	270
Angolo di attrito interno (con $C'=0$ )	$\phi^1_k$ [°]	26	23	26	29	37	36	38
Grado di Consolidamento	OCR	1.8	0.2	0.7	>4	>4	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>-2</sup> ]	8700	3700	6800	10800	24600	30800	37200
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	10600	5400	9500	50000	72200	89700	108500
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>-3</sup> ]	13000 20300	9800 15600	18200 43500	28400 81700	60800 256900	75800 400900	90700 547600



DPSH-02 (valori caratteristici per fondazioni superficiali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI					
		1	2	3	4	5	6
Profondità letto dello Strato	[m]	0.2	1.2	2.4	4.6	6	6.4
Spessore dello Strato	[m]	0.2	1	1.2	2.2	1.4	0.4
Nspt (Standard Penetration Test)	-	7	10	6	10	32	58
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>-3</sup> ]	18	19	18	18	20	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	63	74	48	56	91	100
Coesione non drenata (con $\phi^1=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>-2</sup> ]	30	60	30	60	175	290
Angolo di attrito interno (con $C'=0$ )	$\phi^1_k$ [°]	23	26	23	26	34	40
Grado di Consolidamento	OCR	>4	0.8	0.2	0.5	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>-2</sup> ]	3900	6200	3300	5800	19400	34700
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	19800	8200	4800	8300	66300	101300
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>-3</sup> ]	3300 9000	11200 14800	8900 15500	16000 39100	48500 188000	84400 470700

DPSH-02 (valori caratteristici per pali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI					
		1	2	3	4	5	6
Profondità letto dello Strato	[m]	0.2	1.2	2.4	4.6	6	6.4
Spessore dello Strato	[m]	0.2	1	1.2	2.2	1.4	0.4
Nspt (Standard Penetration Test)	-	7	10	6	10	32	58
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>-3</sup> ]	18	19	18	18	20	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	63	74	48	56	91	100
Coesione non drenata (con $\phi^1=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>-2</sup> ]	30	45	25	50	140	250
Angolo di attrito interno (con $C'=0$ )	$\phi^1_k$ [°]	22	24	23	25	32	37
Grado di Consolidamento	OCR	>4	0.8	0.2	0.5	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>-2</sup> ]	3900	6200	3300	5800	19400	34700
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	19800	8200	4800	8300	66300	101300
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>-3</sup> ]	3300 9000	11200 14800	8900 15500	16000 39100	48500 188000	84400 470700



DPSH-03 (valori caratteristici per fondazioni superficiali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI						
		1	2	3	4	5	6	7
Profondità letto dello Strato	[m]	0.2	1	1.4	1.8	3.2	4.6	4.8
Spessore dello Strato	[m]	0.2	0.8	0.4	0.4	1.4	1.4	0.2
Nspt (Standard Penetration Test)	-	7	10	7	11	26	45	62
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>-3</sup> ]	18	18	18	19	20	21	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	63	73	56	70	99	100	100
Coazione non drenata (con $\phi^l=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>-2</sup> ]	30	55	30	55	150	260	270
Angolo di attrito interno (con $C^l=0$ )	$\phi^l_k$ [°]	23	26	23	26	33	38	39
Grado di Consolidamento	OCR	>4	0.9	0.3	0.4	1.1	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>-2</sup> ]	3900	5900	3900	6800	15700	27200	37200
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	19800	7800	5600	9100	18400	79400	108500
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>-3</sup> ]	3300 9000	9800 14100	9900 12100	16800 22600	37900 76600	65500 223900	89000 411900

DPSH-03 (valori caratteristici per pali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI						
		1	2	3	4	5	6	7
Profondità letto dello Strato	[m]	0.2	1	1.4	1.8	3.2	4.6	4.8
Spessore dello Strato	[m]	0.2	0.8	0.4	0.4	1.4	1.4	0.2
Nspt (Standard Penetration Test)	-	7	10	7	11	26	45	62
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>-3</sup> ]	18	18	18	19	20	21	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	63	73	56	70	99	100	100
Coazione non drenata (con $\phi^l=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>-2</sup> ]	30	45	30	50	130	225	270
Angolo di attrito interno (con $C^l=0$ )	$\phi^l_k$ [°]	22	24	22	25	32	37	38
Grado di Consolidamento	OCR	>4	0.9	0.3	0.4	1.1	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>-2</sup> ]	3900	5900	3900	6800	15700	27200	37200
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	19800	7800	5600	9100	18400	79400	108500
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>-3</sup> ]	3300 9000	9800 14100	9900 12100	16800 22600	37900 76600	65500 223900	89000 411900



## 4. CONCLUSIONI

C.T.R.	sc. 1:10.000 N° 236060 sc. 1:5000 N° 236061
INQUADRAMENTO DELL' AREA	Descrizione
Geologia	CIG1 Formazione di Cigarellò (substrato) Alternanze di arenarie finissime bioturbate e silti o peliti marnoso-sabbiose in strati da sottilissimi a medi; verso l'alto arenarie bioturbate in strati metrici e peliti marnose. Ricopertura 3 - 5 metri di depositi di versante a3
Morfologia	Quota compresa fra i 710 - 720 m s.l.m. Esposizione Sud-Est Acclività 5 - 12 %
Idrogeologia - Idrologia	Permeabilità per porosità/ fessurazione. Ottimo deflusso delle acque superficiali e sotterranee.
<b>Classificazione PTCP</b>	
Carta del Dissesto PTCP	Area classificata stabile
Carta del Rischio Sismico PTCP	Area classificata pot. soggetta ad amplif. per caratt. Litologiche.
<b>Classificazione PSC</b>	
Carta microz. sismica I Livello (PSC)	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locali
Carta microz sismica II Livello Pga/Pga0	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locali $1,0 < F_x \leq 1,5$
Carta microz sismica II Livello SI/SI0	Zona stabile .
Carta microz sismica II Livello SI(0.5-1.0) / SI0	Zona stabile .



<b>CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO</b>																																																																																																																				
Stratigrafia	0.0 — 1.0 m Suolo Terreno agrario 1.0 — 1.5/6 m Depositi o detriti di versante ( $V_s \sim 200-220$ m/s) 6.0 — 26 m Roccia fratturata e alterata ( $V_s \sim 350$ m/s) > 26 m Roccia compatta ( $V_s > 550$ m/s)																																																																																																																			
Vs (0-30)	297 m/s																																																																																																																			
Classe del suolo (DM 2008)	Categoria suolo C																																																																																																																			
Amplificazioni sismiche (DAL R.E.R. 112/2007)	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>CASO APP1 (Substrato <math>V_s &lt; 800</math> m/s)</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H</td> <td>= 26.5 m</td> </tr> <tr> <td>VSh</td> <td>= 280 m/s</td> </tr> <tr> <td>FA PGA</td> <td>= 2.1</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.1 &lt; To &lt; 0.5 s)</td> <td>= 2.4</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.5 &lt; To &lt; 1.0 s)</td> <td>= 2.2</td> </tr> </tbody> </table>	<b>CASO APP1 (Substrato <math>V_s &lt; 800</math> m/s)</b>		H	= 26.5 m	VSh	= 280 m/s	FA PGA	= 2.1	FA IS (0.1 < To < 0.5 s)	= 2.4	FA IS (0.5 < To < 1.0 s)	= 2.2																																																																																																							
<b>CASO APP1 (Substrato <math>V_s &lt; 800</math> m/s)</b>																																																																																																																				
H	= 26.5 m																																																																																																																			
VSh	= 280 m/s																																																																																																																			
FA PGA	= 2.1																																																																																																																			
FA IS (0.1 < To < 0.5 s)	= 2.4																																																																																																																			
FA IS (0.5 < To < 1.0 s)	= 2.2																																																																																																																			
Geotecnica - Parametri caratteristici	<p>DPSH-01 (valori caratteristici per fondazioni superficiali)</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">PARAMETRO GEOTECNICO</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>1</td> <td>2.4</td> <td>4.8</td> <td>6.2</td> <td>9.8</td> <td>10.2</td> <td>10.4</td> </tr> <tr> <td>Spessore dello Strato</td> <td>[m]</td> <td>1</td> <td>1.4</td> <td>2.4</td> <td>1.4</td> <td>3.6</td> <td>0.4</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Nspt (Standard Penetration Test)</td> <td>-</td> <td>14</td> <td>6</td> <td>11</td> <td>18</td> <td>41</td> <td>51</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>Peso Specifico del Terreno</td> <td><math>\gamma</math> [kN/m<sup>3</sup>]</td> <td>19</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>19</td> <td>21</td> <td>21</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Densità Relativa</td> <td><math>D_r</math> [%]</td> <td>90</td> <td>52</td> <td>60</td> <td>71</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Coesione non drenata (<math>\text{con } \phi = 0</math>)</td> <td><math>C_{uk}</math> [kN/m<sup>2</sup>]</td> <td>80</td> <td>35</td> <td>70</td> <td>105</td> <td>260</td> <td>255</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td>Angolo di attrito interno (<math>\text{con } C = 0</math>)</td> <td><math>\phi</math> [°]</td> <td>29</td> <td>24</td> <td>27</td> <td>30</td> <td>38</td> <td>39</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>Grado di Consolidamento</td> <td>OCR</td> <td>1.8</td> <td>0.2</td> <td>0.7</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>8700</td> <td>3700</td> <td>6800</td> <td>10800</td> <td>24600</td> <td>30800</td> <td>37200</td> </tr> <tr> <td>Modulo Elastico (Young)</td> <td><math>E_s</math> [kN/m<sup>2</sup>]</td> <td>10600</td> <td>5400</td> <td>9500</td> <td>50000</td> <td>72200</td> <td>89700</td> <td>108500</td> </tr> <tr> <td>Modulo di Reazione (Winkler)</td> <td><math>K_s</math> [kN/m<sup>3</sup>]</td> <td>13000 20800</td> <td>9800 15600</td> <td>18200 43500</td> <td>28400 81700</td> <td>60800 256900</td> <td>75800 400900</td> <td>90700 547600</td> </tr> </tbody> </table>	PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI							1	2	3	4	5	6	7	Profondità letto dello Strato	[m]	1	2.4	4.8	6.2	9.8	10.2	10.4	Spessore dello Strato	[m]	1	1.4	2.4	1.4	3.6	0.4	0.2	Nspt (Standard Penetration Test)	-	14	6	11	18	41	51	62	Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19	18	19	19	21	21	21	Densità Relativa	$D_r$ [%]	90	52	60	71	100	100	100	Coesione non drenata ( $\text{con } \phi = 0$ )	$C_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	80	35	70	105	260	255	270	Angolo di attrito interno ( $\text{con } C = 0$ )	$\phi$ [°]	29	24	27	30	38	39	39	Grado di Consolidamento	OCR	1.8	0.2	0.7	>4	>4	>4	>4	Modulo Edometrico	$E_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]	8700	3700	6800	10800	24600	30800	37200	Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kN/m <sup>2</sup> ]	10600	5400	9500	50000	72200	89700	108500	Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	13000 20800	9800 15600	18200 43500	28400 81700	60800 256900	75800 400900	90700 547600
PARAMETRO GEOTECNICO				STRATI																																																																																																																
		1	2	3	4	5	6	7																																																																																																												
Profondità letto dello Strato	[m]	1	2.4	4.8	6.2	9.8	10.2	10.4																																																																																																												
Spessore dello Strato	[m]	1	1.4	2.4	1.4	3.6	0.4	0.2																																																																																																												
Nspt (Standard Penetration Test)	-	14	6	11	18	41	51	62																																																																																																												
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19	18	19	19	21	21	21																																																																																																												
Densità Relativa	$D_r$ [%]	90	52	60	71	100	100	100																																																																																																												
Coesione non drenata ( $\text{con } \phi = 0$ )	$C_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	80	35	70	105	260	255	270																																																																																																												
Angolo di attrito interno ( $\text{con } C = 0$ )	$\phi$ [°]	29	24	27	30	38	39	39																																																																																																												
Grado di Consolidamento	OCR	1.8	0.2	0.7	>4	>4	>4	>4																																																																																																												
Modulo Edometrico	$E_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]	8700	3700	6800	10800	24600	30800	37200																																																																																																												
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kN/m <sup>2</sup> ]	10600	5400	9500	50000	72200	89700	108500																																																																																																												
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	13000 20800	9800 15600	18200 43500	28400 81700	60800 256900	75800 400900	90700 547600																																																																																																												
Tipologia Fondazioni	Fondazioni a trave rovescia e/o fondazioni a platea con piano di posa a -3,00 dal p.c. (raggiungibile con seminterrati) in alternativa per carichi maggiori o piano di posa a p.c. fondazioni su pali.																																																																																																																			
Prescrizioni ed approfondimenti successivi	<b>Area idonea all' edificazione.</b> In fase esecutiva, indagine mirata per la realizzazione di ogni singolo fabbricato. Corretta regimazione delle acque superficiali e raccolta canalizzazione delle acque intercettate durante gli scavi.																																																																																																																			

Pavullo, Settembre 2015

IL GEOLOGO



# ALLEGATO A

## Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH

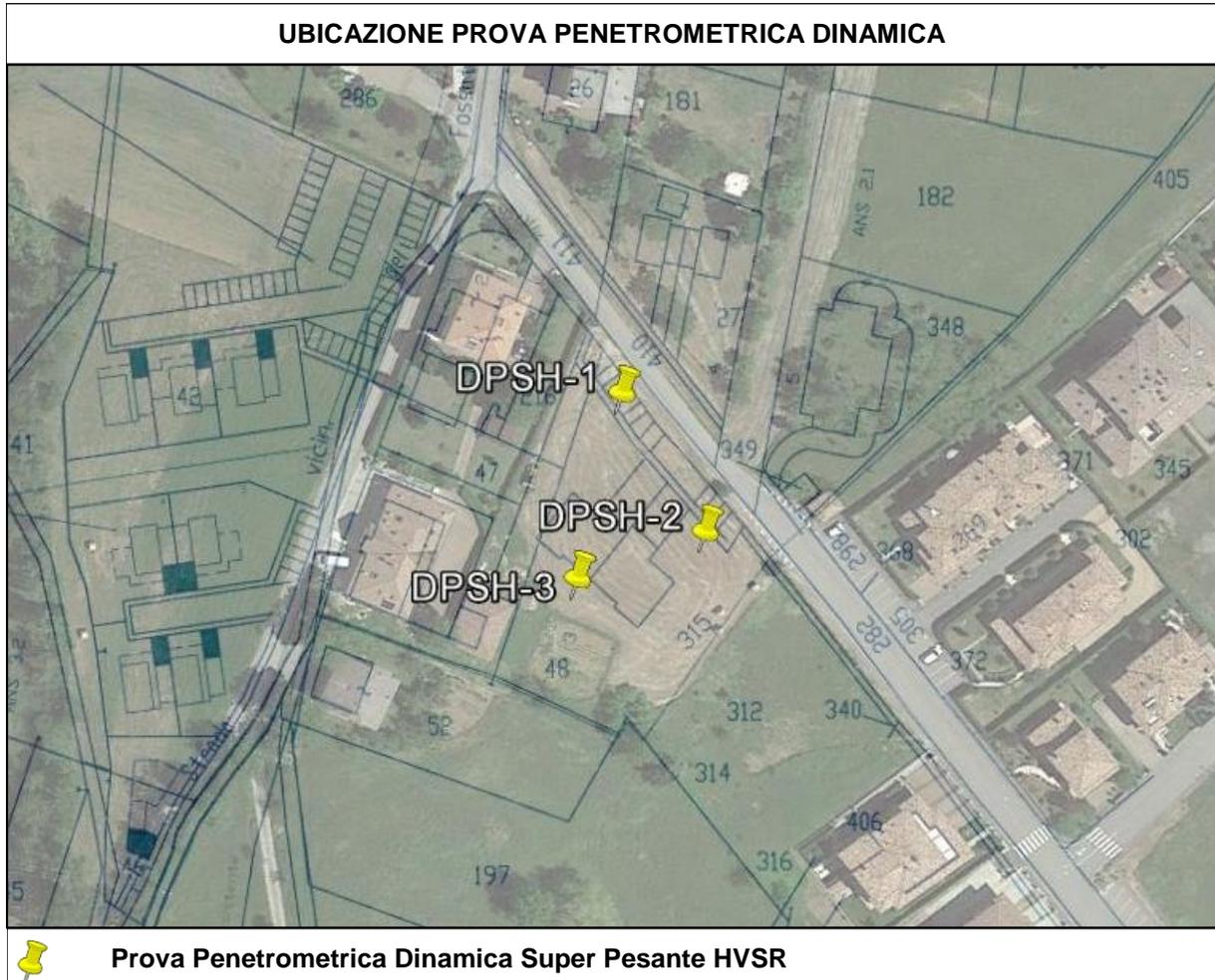




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-01

COMMITTENTE: MONTORSI			LOCALITA': PAVULLO									
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO			DATA: 26/09/2015									
NOME FILE: MONTORSI DPSH-01			PENETROMETRO DPSH							FALDA 4		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			σ'v [kN/m²]	Asta	Rpd [kN/m²]	Qa3 [kN/m²]
			φ [°]	Mo [kN/m²]	Qa1 [kN/m²]	Cu [kN/m²]	Ed [kN/m²]	Qa2 [kN/m²]				
0.20	6	12.2	28.6	8694	49	82	7347	141	1.9	1	4469	179
0.40	6	12.2	28.6	8694	69	82	7347	142	5.7	1	4469	179
0.60	7	14.1	29.5	10011	101	94	8460	165	9.5	1	5214	209
0.80	9	17.8	31.3	12603	157	119	10651	208	13.3	1	6704	268
1.00	8	15.9	30.5	11314	164	107	9561	189	17.1	2	5524	221
1.20	4	8.5	26.3	6003	111	57	5073	104	20.9	2	2762	110
1.40	3	6.5	24.9	4618	108	44	3903	83	24.7	2	2071	83
1.60	2	4.5	23.2	3194	100	30	2699	61	28.5	2	1381	55
1.80	2	4.5	23.2	3194	111	30	2699	62	32.3	2	1381	55
2.00	3	6.5	24.9	4618	148	44	3903	87	36.1	3	1930	77
2.20	3	6.5	24.9	4618	161	44	3903	88	39.9	3	1930	77
2.40	3	6.5	24.9	4618	174	44	3903	89	43.7	3	1930	77
2.60	5	10.4	27.5	7359	252	69	6219	135	47.5	3	3217	129
2.80	5	10.4	27.5	7359	270	69	6219	136	51.3	3	3217	129
3.00	6	12.2	28.6	8694	326	82	7347	159	55.1	4	3615	145
3.20	4	8.5	26.3	6003	266	57	5073	117	58.9	4	2410	96
3.40	5	10.4	27.5	7359	323	69	6219	140	62.7	4	3012	120
3.60	5	10.4	27.5	7359	340	69	6219	141	66.5	4	3012	120
3.80	6	12.2	28.6	8694	405	82	7347	164	70.3	4	3615	145
4.00	5	10.4	27.5	7359	375	69	6219	144	74.1	5	2832	113
4.20	5	10.4	27.5	7359	371	69	6219	145	76.9	5	2832	113
4.40	7	14.1	29.5	10011	480	94	8460	188	78.7	5	3964	159
4.60	7	14.1	29.5	10011	491	94	8460	189	80.5	5	3964	159
4.80	6	12.2	28.6	8694	448	82	7347	168	82.3	5	3398	136
5.00	9	17.8	31.3	12603	629	119	10651	232	84.1	6	4809	192
5.20	9	17.8	31.3	12603	642	119	10651	232	85.9	6	4809	192
5.40	10	19.6	32.1	13882	721	131	11731	254	87.7	6	5343	214
5.60	10	19.6	32.1	13882	735	131	11731	254	89.5	6	5343	214
5.80	6	12.2	28.6	8694	494	82	7347	171	91.3	6	3206	128
6.00	10	19.6	32.1	13882	763	131	11731	255	93.1	7	5057	202
6.20	10	19.6	32.1	13882	778	131	11731	256	94.9	7	5057	202
6.40	20	37.0	37.8	26257	1625	248	22189	457	96.7	7	10114	405
6.60	24	43.7	39.4	31062	2052	293	26250	535	98.5	7	12137	485
6.80	25	45.4	39.7	32254	2198	304	27257	555	100.3	7	12643	506
7.00	22	40.4	38.6	28667	1908	271	24226	498	102.1	8	10561	422
7.20	23	42.1	39.0	29867	2047	282	25239	518	103.9	8	11041	442
7.40	21	38.7	38.2	27464	1868	259	23209	479	105.7	8	10081	403
7.60	22	40.4	38.6	28667	2004	271	24226	499	107.5	8	10561	422
7.80	15	28.4	35.6	20148	1375	190	17026	362	109.3	8	7200	288
8.00	25	45.4	39.7	32254	2420	304	27257	559	111.1	9	11421	457
8.20	23	42.1	39.0	29867	2214	282	25239	521	112.9	9	10507	420
8.40	19	35.3	37.4	25045	1806	236	21165	443	114.7	9	8680	347
8.60	21	38.7	38.2	27464	2048	259	23209	483	116.5	9	9593	384
8.80	25	45.4	39.7	32254	2568	304	27257	561	118.3	9	11421	457
9.00	24	43.7	39.4	31062	2474	293	26250	542	120.1	10	10458	418
9.20	21	38.7	38.2	27464	2139	259	23209	485	121.9	10	9151	366
9.40	24	43.7	39.4	31062	2545	293	26250	543	123.7	10	10458	418
9.60	21	38.7	38.2	27464	2199	259	23209	486	125.5	10	9151	366
9.80	27	48.8	40.4	34628	3045	327	29263	602	127.3	10	11766	471
10.00	29	52.1	41.1	36989	3399	349	31258	641	129.1	11	12080	483
10.20	28	50.4	40.8	35810	3283	338	30262	623	130.9	11	11664	467
10.40	35	62.0	42.9	44006	4563	415	37188	756	132.7	11	14579	583

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
φ° = Nspt < 30 (15 · Nspt) <sup>5</sup> + 15 ; Nspt > 30 -0.0015 · Nspt <sup>2</sup> + 0.353 · Nspt + 26.782	(Road Bridge Specification; Carter & Bentley)
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	[kN/m²] (Farrent)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ b · γ' · Nγ)] / 3 ; b=1 m	[kN/m²] (Qa Terzaghi; Nq, Nγ Meyerhof)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	[kN/m²] (Stroud & Butler)
Cu = 6.7 · Nspt	[kN/m²] (Terzaghi)
Qa2 = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3 ;	[kN/m²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rpd = M² · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m²] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = (Rpd / 15 ± 30); Qa = (Rpd / 25)	[kN/m²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



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

COMMITTENTE: MONTORSI						LOCALITA': PAVULLO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 26/09/2015					
NOME FILE MONTORSI 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> ]
1.0	7.2	14.5	29.7	10263	108	97	8673	169	9.5	5276	211
2.4	2.9	6.2	24.6	4409	130	42	3726	82	32.3	1912	76
4.8	5.5	11.3	28.0	8022	362	76	6779	152	67.1	3257	130
6.2	9.1	18.0	31.4	12776	680	121	10796	236	89.5	4803	192
9.8	22.3	40.9	38.7	29053	2141	274	24552	507	112.0	10386	415
10.2	28.5	51.3	40.9	36399	3341	343	30760	632	130.0	11872	475
10.4	35.0	62.0	42.9	44006	4563	415	37188	756	132.7	14579	583

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> ] (Formola 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: MONTORSI						LOCALITA': PAVULLO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 26/09/2015					
NOME FILE MONTORSI DPSH-01						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> ]			
1.0	7.2	14.5	0.5	19.0	9.5	89.5	12951	10648	1.8	20292	8673
2.4	2.9	6.2	1.7	17.8	32.3	51.7	15650	5396	0.2	9846	3726
4.8	5.5	11.3	3.6	18.6	67.1	60.3	43470	9479	0.7	18246	6779
6.2	9.1	18.0	5.5	19.3	89.5	70.5	81656	50046	>4	28367	10796
9.8	22.3	40.9	8.0	20.5	112.0	99.6	256890	72218	>4	60847	24552
10.2	28.5	51.3	10.0	20.9	130.0	100.0	400941	89716	>4	75821	30760
10.4	35.0	62.0	10.3	21.2	132.7	100.0	547585	108466	>4	90687	37188

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-01  
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: MONTORSI				LOCALITA': PAVULLO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 26/09/2015							
NOME FILE MONTORSI DPSH-01				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> ]
1.0	7.2	14.5	5	29.7	1.2	28.6	23.6	97	16.0	81	58
2.4	2.9	6.2	7	24.6	1.1	23.7	19.4	42	9.2	34	25
4.8	5.5	11.3	12	28.0	1.0	27.5	22.6	76	11.4	70	50
6.2	9.1	18.0	7	31.4	1.3	30.3	25.1	121	17.9	106	76
9.8	22.3	40.9	18	38.7	1.1	38.2	32.2	274	31.5	261	186
10.2	28.5	51.3	2	40.9	0.2	38.6	32.5	343	7.9	256	183
10.4	35.0	62.0	1	42.9		39.4	33.3	415		269	192

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-01  
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: MONTORSI				LOCALITA': PAVULLO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 26/09/2015							
NOME FILE MONTORSI DPSH-01				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> ]
1.0	7.2	14.5	5	29.7	1.2	26.3	26.3	97	16.0	63	63
2.4	2.9	6.2	7	24.6	1.1	22.8	22.8	42	9.2	28	28
4.8	5.5	11.3	12	28.0	1.0	26.4	26.4	76	11.4	59	59
6.2	9.1	18.0	7	31.4	1.3	29.2	29.2	121	17.9	94	94
9.8	22.3	40.9	18	38.7	1.1	36.9	36.9	274	31.5	226	226
10.2	28.5	51.3	2	40.9	0.2	36.2	36.2	343	7.9	222	222
10.4	35.0	62.0	1	42.9		38.0	38.0	415		269	269

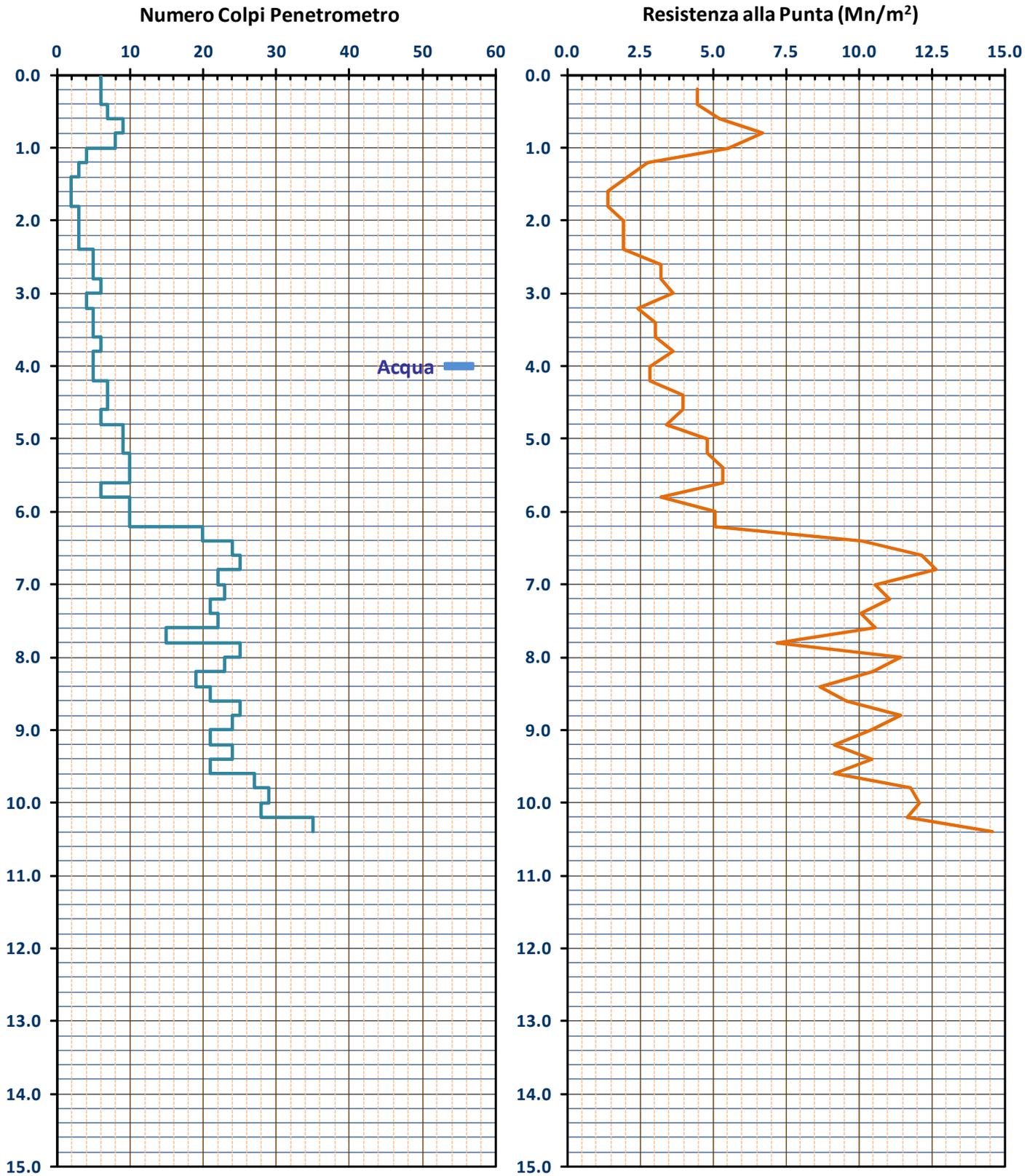
Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato  
 $\phi_m$  = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato  
 $\phi_k$  = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)  
 $\phi_d$  = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del 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: MONTORSI	LOCALITA' : PAVULLO
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 26/09/2015
NOME FILE: MONTORSI DPSH-01	PENETROMETRO DPSH





**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-01**

COMMITTENTE: MONTORSI	LOCALITA': PAVULLO
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 26/09/2015
NOME FILE: MONTORSI DPSH-01	PENETROMETRO DPSH

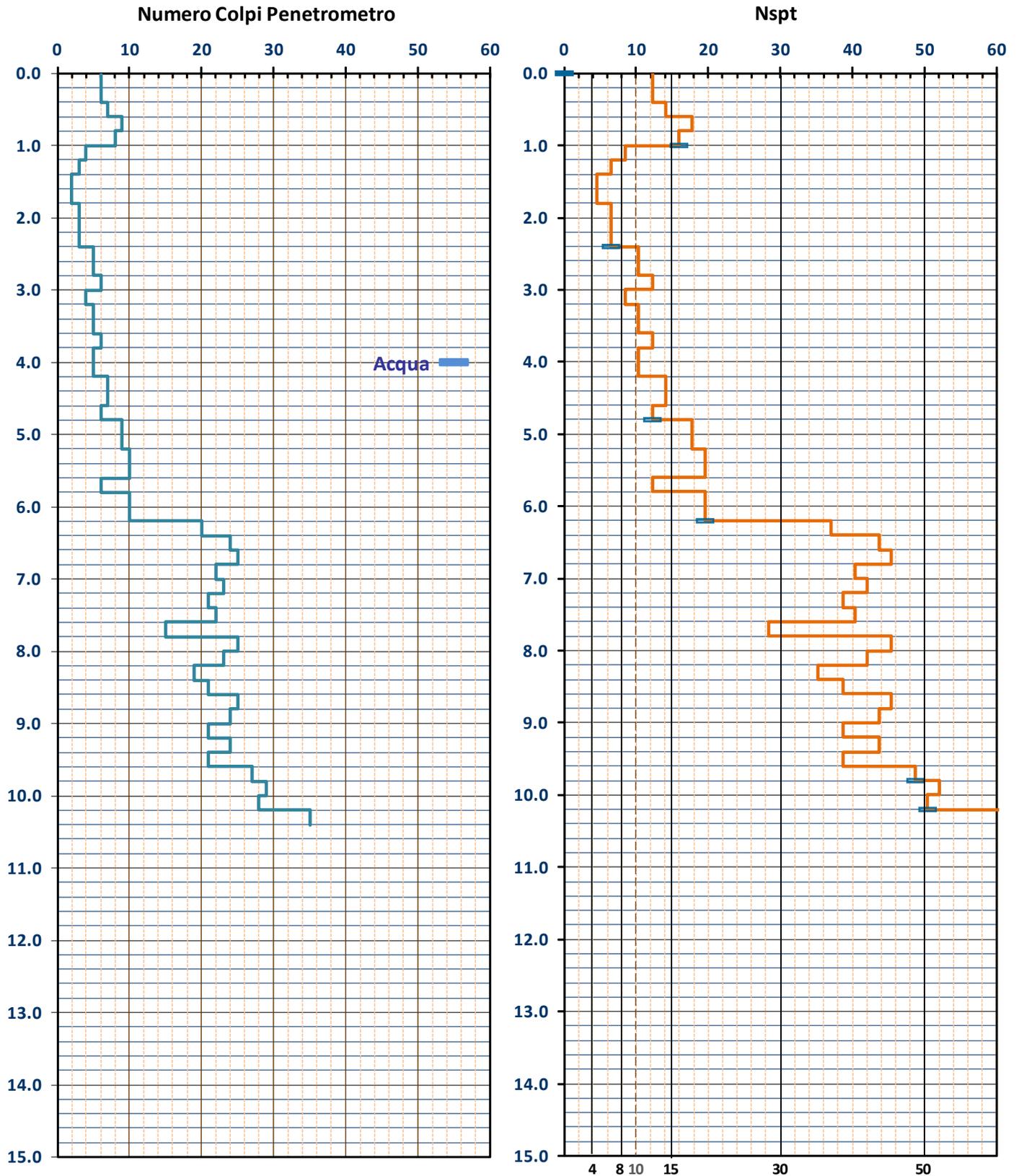




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-02

COMMITTENTE: MONTORSI			LOCALITA': PAVULLO									
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO			DATA: 26/09/2015									
NOME FILE: MONTORSI DPSH-02			PENETROMETRO DPSH							FALDA NO		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			$\sigma_v'$	Asta	Rpd	Qa3
			$\phi$ [°]	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	3	6.5	24.9	4618	28	44	3903	75	1.9	1	2235	89
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	5	10.4	27.5	7359	94	69	6219	123	13.3	1	3724	149
1.00	6	12.2	28.6	8694	128	82	7347	146	17.1	2	4143	166
1.20	4	8.5	26.3	6003	111	57	5073	104	20.9	2	2762	110
1.40	3	6.5	24.9	4618	108	44	3903	83	24.7	2	2071	83
1.60	2	4.5	23.2	3194	100	30	2699	61	28.5	2	1381	55
1.80	2	4.5	23.2	3194	111	30	2699	62	32.3	2	1381	55
2.00	2	4.5	23.2	3194	122	30	2699	64	36.1	3	1287	51
2.20	3	6.5	24.9	4618	161	44	3903	88	39.9	3	1930	77
2.40	3	6.5	24.9	4618	174	44	3903	89	43.7	3	1930	77
2.60	4	8.5	26.3	6003	219	57	5073	113	47.5	3	2574	103
2.80	4	8.5	26.3	6003	235	57	5073	114	51.3	3	2574	103
3.00	5	10.4	27.5	7359	287	69	6219	137	55.1	4	3012	120
3.20	6	12.2	28.6	8694	346	82	7347	160	58.9	4	3615	145
3.40	5	10.4	27.5	7359	323	69	6219	140	62.7	4	3012	120
3.60	4	8.5	26.3	6003	297	57	5073	119	66.5	4	2410	96
3.80	4	8.5	26.3	6003	312	57	5073	120	70.3	4	2410	96
4.00	4	8.5	26.3	6003	327	57	5073	122	74.1	5	2265	91
4.20	4	8.5	26.3	6003	343	57	5073	123	77.9	5	2265	91
4.40	5	10.4	27.5	7359	411	69	6219	146	81.7	5	2832	113
4.60	6	12.2	28.6	8694	485	82	7347	169	85.5	5	3398	136
4.80	10	19.6	32.1	13882	771	131	11731	254	89.3	5	5663	227
5.00	13	24.9	34.3	17664	1054	167	14927	317	93.1	6	6946	278
5.20	15	28.4	35.6	20148	1295	190	17026	358	96.9	6	8015	321
5.40	21	38.7	38.2	27464	1895	259	23209	478	100.7	6	11220	449
5.60	22	40.4	38.6	28667	2070	271	24226	498	104.5	6	11755	470
5.80	21	38.7	38.2	27464	2022	259	23209	480	108.3	6	11220	449
6.00	19	35.3	37.4	25045	1862	236	21165	442	112.1	7	9609	384
6.20	30	53.8	41.4	38165	3425	360	32252	656	115.9	7	15172	607
6.40	35	62.0	42.9	44006	4420	415	37188	751	119.7	7	17700	708

H = Profondità del letto dello strato elementare	[m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento	
Nspt = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)	
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 (15 - N_{spt})^5 + 15$ ; $N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$	(Road Bridge Specification; Carter & Bentley)
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ b · γ · Nγ)] / 3;	b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, Nγ Meyerhof)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Cu = 6.7 · Nspt	[kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
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 = (Rdp / 15 ÷ 30); Qa = (Rpd / 25)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



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

COMMITTENTE: MONTORSI						LOCALITA': PAVULLO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 26/09/2015					
NOME FILE: MONTORSI 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> ]
0.2	3.0	6.5	24.9	4618	28	44	3903	75	1.9	2235	89
1.2	5.0	10.4	27.4	7355	94	69	6215	123	13.3	3616	145
2.4	2.5	5.5	24.0	3906	129	37	3301	75	34.2	1663	67
4.6	4.6	9.7	27.0	6862	326	65	5799	133	66.5	2761	110
6.0	17.3	32.3	36.3	22905	1567	216	19356	404	100.7	9204	368
6.4	32.5	57.9	42.2	41086	3922	388	34720	704	117.8	16436	657

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)
$\phi^0 = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^{-5} + 15; N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$ (Road Bridge Specification - Carter & Bentley)
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato] [kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa1 = $[(h \cdot \gamma' \cdot N_q) + (\frac{1}{2} \cdot b \cdot \gamma \cdot N_\gamma)] / 3$ b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, N <sub>γ</sub> Meyerhof)
Cu = 6.7 · Nspt [kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico] [kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Qa2 = $[(h \cdot \gamma') + (Cu \cdot Nc)] / 3$ [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: MONTORSI						LOCALITA': PAVULLO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 26/09/2015					
NOME FILE: MONTORSI DPSH-02						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]	$\gamma$ [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> ]			
0.2	3.0	6.5	0.1	17.9	1.9	63.2	3318	19768	>4	9036	3903
1.2	5.0	10.4	0.7	18.5	13.3	74.1	11245	8192	0.8	14802	6215
2.4	2.5	5.5	1.8	17.7	34.2	48.3	15525	4847	0.2	8946	3301
4.6	4.6	9.7	3.5	18.4	66.5	55.9	39105	8258	0.5	15973	5799
6.0	17.3	32.3	5.3	20.2	100.7	91.3	188038	66287	>4	48468	19356
6.4	32.5	57.9	6.2	21.1	117.8	100.0	470672	101267	>4	84425	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]
$\gamma$ = Peso di volume del terreno [kN/m <sup>3</sup> ]
$\sigma_v$ = Pressione litostatica [kN/m <sup>2</sup> ]
Dr = $21 \cdot [(10 \cdot N_{spt}) / (\sigma_v + 7)]^{0.5}$ [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> ] (Jamiolkowski, 1988)
OCR = (Cu / ( $\sigma_v \cdot Kk$ )) <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-02  
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: MONTORSI				LOCALITA': PAVULLO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 26/09/2015							
NOME FILE MONTORSI DPSH-02				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> ]
0.2	3.0	6.5	1	24.9		22.8	18.6	44		28	20
1.2	5.0	10.4	5	27.4	0.8	26.4	21.7	69	9.0	58	41
2.4	2.5	5.5	6	24.0	0.9	23.2	18.9	37	7.4	30	22
4.6	4.6	9.7	11	27.0	0.9	26.5	21.7	65	10.3	59	42
6.0	17.3	32.3	7	36.3	2.4	34.4	28.7	216	53.9	173	124
6.4	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-02  
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: MONTORSI				LOCALITA': PAVULLO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 26/09/2015							
NOME FILE MONTORSI DPSH-02				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> ]
0.2	3.0	6.5	1	24.9		22.0	22.0	44		28	28
1.2	5.0	10.4	5	27.4	0.8	24.3	24.3	69	9.0	45	45
2.4	2.5	5.5	6	24.0	0.9	22.5	22.5	37	7.4	26	26
4.6	4.6	9.7	11	27.0	0.9	25.5	25.5	65	10.3	49	49
6.0	17.3	32.3	7	36.3	2.4	32.4	32.4	216	53.9	140	140
6.4	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)

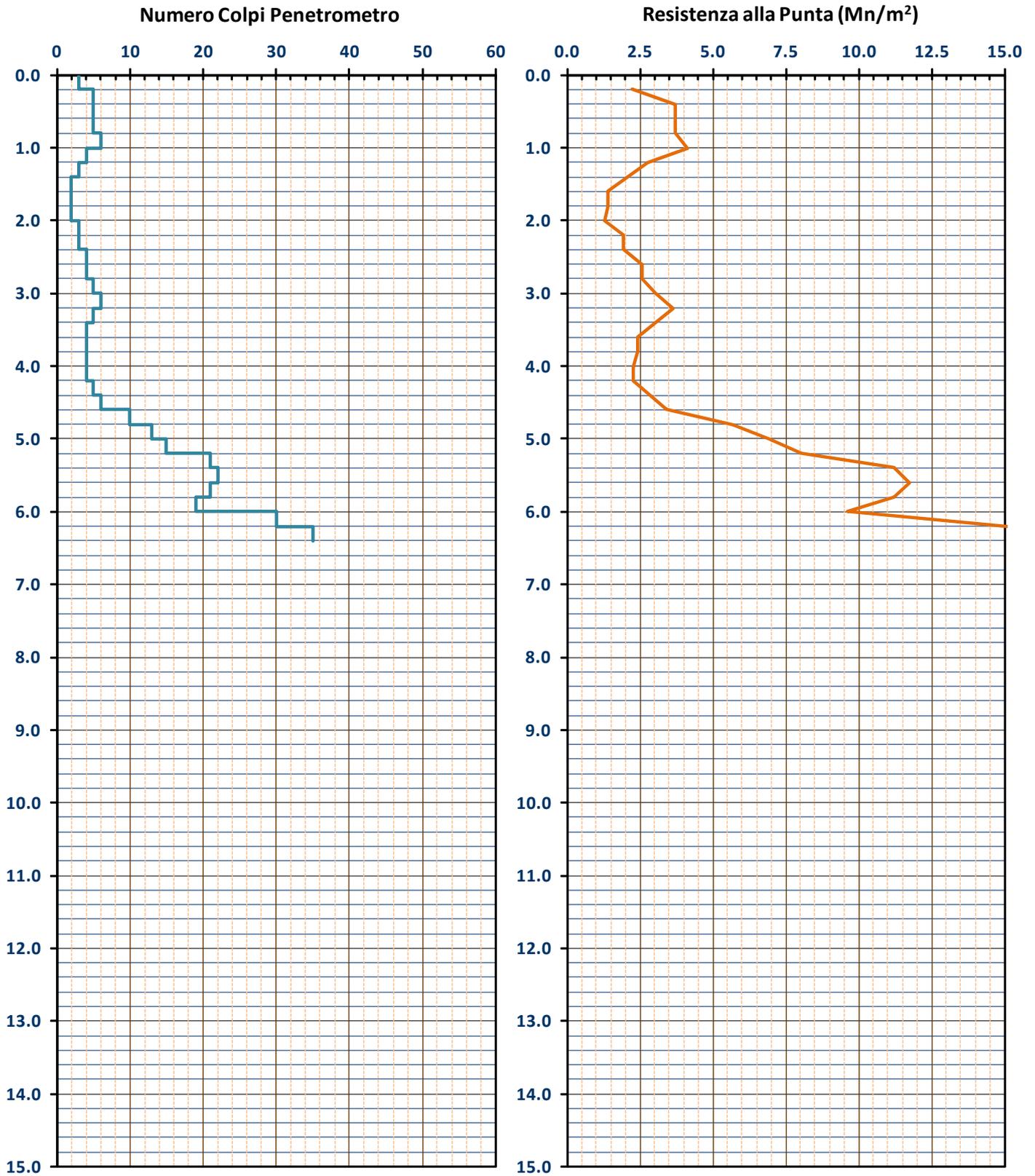
$C_{ud}$  = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [ $\gamma_{cu} = 1.0$ ]



**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-02**

COMMITTENTE: MONTORSI	LOCALITA' : PAVULLO
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 26/09/2015
NOME FILE: MONTORSI DPSH-02	PENETROMETRO DPSH





**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-02**

COMMITTENTE: MONTORSI	LOCALITA': PAVULLO
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 26/09/2015
NOME FILE: MONTORSI DPSH-02	PENETROMETRO DPSH

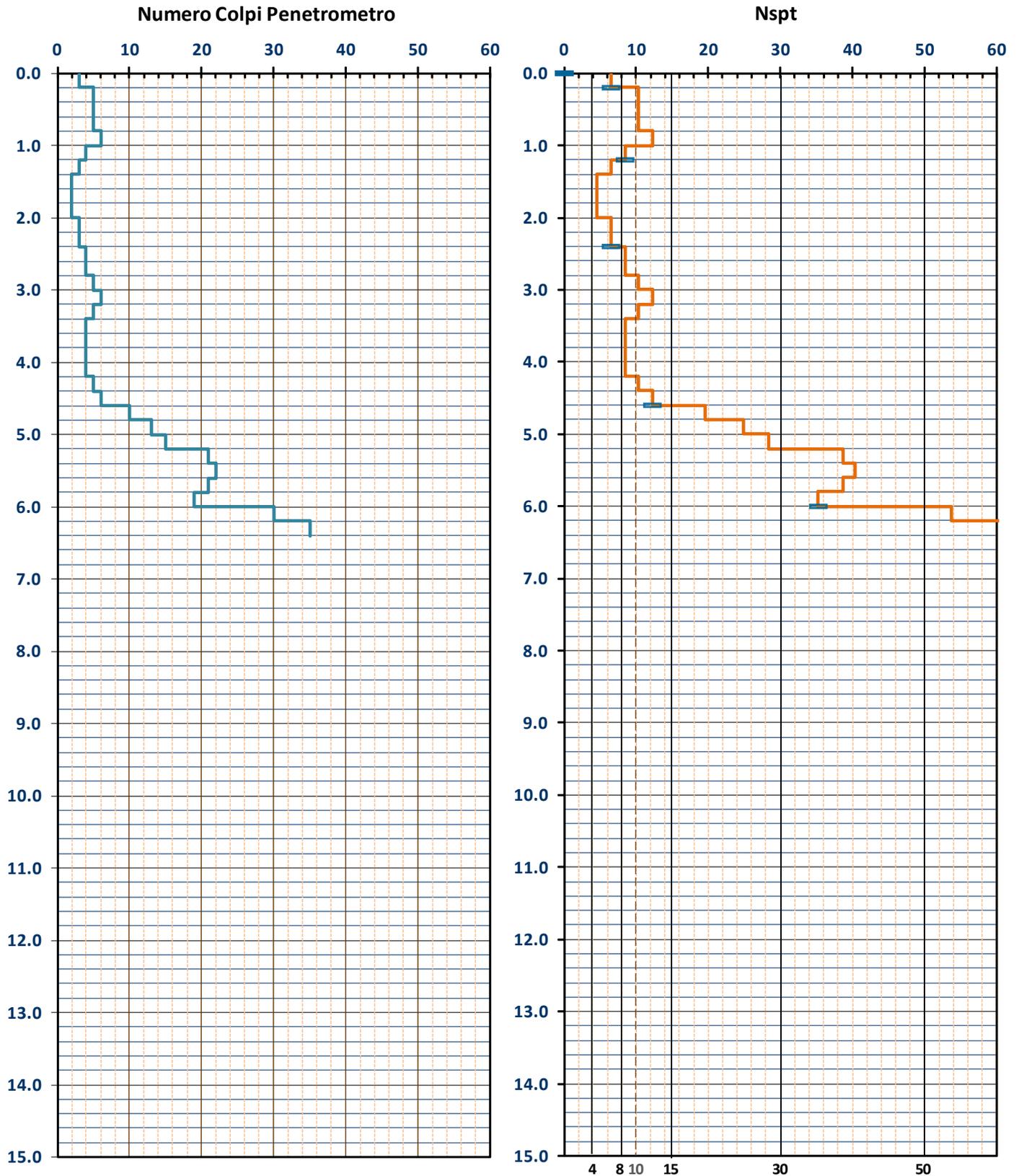




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-03

COMMITTENTE: MONTORSI						LOCALITA': PAVULLO						
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 26/09/2015						
NOME FILE: MONTORSI 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	3	6.5	24.9	4618	28	44	3903	75	1.9	1	2235	89
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	5	10.4	27.5	7359	94	69	6219	123	13.3	1	3724	149
1.00	4	8.5	26.3	6003	96	57	5073	103	17.1	2	2762	110
1.20	3	6.5	24.9	4618	94	44	3903	82	20.9	2	2071	83
1.40	3	6.5	24.9	4618	108	44	3903	83	24.7	2	2071	83
1.60	4	8.5	26.3	6003	142	57	5073	107	28.5	2	2762	110
1.80	7	14.1	29.5	10011	234	94	8460	173	32.3	2	4833	193
2.00	10	19.6	32.1	13882	354	131	11731	236	36.1	3	6434	257
2.20	13	24.9	34.3	17664	511	167	14927	299	39.9	3	8365	335
2.40	13	24.9	34.3	17664	550	167	14927	300	43.7	3	8365	335
2.60	13	24.9	34.3	17664	589	167	14927	301	47.5	3	8365	335
2.80	14	26.6	35.0	18909	686	178	15980	323	51.3	3	9008	360
3.00	19	35.3	37.4	25045	1007	236	21165	423	55.1	4	11446	458
3.20	14	26.6	35.0	18909	770	178	15980	325	58.9	4	8434	337
3.40	17	31.8	36.5	22607	995	213	19105	386	62.7	4	10241	410
3.60	23	42.1	39.0	29867	1480	282	25239	505	66.5	4	13856	554
3.80	23	42.1	39.0	29867	1550	282	25239	506	70.3	4	13856	554
4.00	30	53.8	41.4	38165	2331	360	32252	642	74.1	5	16990	680
4.20	24	43.7	39.4	31062	1786	293	26250	528	77.9	5	13592	544
4.40	28	50.4	40.8	35810	2292	338	30262	606	81.7	5	15857	634
4.60	30	53.8	41.4	38165	2629	360	32252	646	85.5	5	16990	680
4.80	35	62.0	42.9	44006	3432	415	37188	741	89.3	5	19821	793

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' · Nq) + (½ b · γ · N <sub>γ</sub> )] / 3; b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nq, 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: MONTORSI						LOCALITA': PAVULLO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 26/09/2015					
NOME FILE MONTORSI 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> ]
0.2	3.0	6.5	24.9	4618	28	44	3903	75	1.9	2235	89
1.0	4.8	9.9	27.2	7020	81	66	5932	117	11.4	3484	139
1.4	3.0	6.5	24.9	4618	101	44	3903	82	22.8	2071	83
1.8	5.5	11.3	27.9	8007	188	76	6766	140	30.4	3797	152
3.2	13.7	26.1	34.6	18534	638	175	15663	315	47.5	8631	345
4.6	25.0	45.4	39.6	32220	1866	304	27228	546	74.1	14483	579
4.8	35.0	62.0	42.9	44006	3432	415	37188	741	89.3	19821	793

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> ] (Formola 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: MONTORSI						LOCALITA': PAVULLO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 26/09/2015					
NOME FILE MONTORSI 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> ]			
0.2	3.0	6.5	0.1	17.9	1.9	63.2	3318	19768	>4	9036	3903
1.0	4.8	9.9	0.6	18.4	11.4	73.2	9752	7849	0.9	14076	5932
1.4	3.0	6.5	1.2	17.9	22.8	55.6	12115	5564	0.3	9872	3903
1.8	5.5	11.3	1.6	18.6	30.4	70.4	22576	9063	0.4	16751	6766
3.2	13.7	26.1	2.5	19.8	47.5	99.0	76571	18366	1.1	37859	15663
4.6	25.0	45.4	3.9	20.7	74.1	100.0	223948	79416	>4	65477	27228
4.8	35.0	62.0	4.7	21.2	89.3	100.0	411857	108466	>4	88951	37188

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: MONTORSI				LOCALITA': PAVULLO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 26/09/2015							
NOME FILE MONTORSI 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> ]
0.2	3.0	6.5	1	24.9		22.8	18.6	44		28	20
1.0	4.8	9.9	4	27.2	0.6	26.0	21.4	66	6.4	54	38
1.4	3.0	6.5	2	24.9	0.0	23.4	19.1	44	0.0	32	23
1.8	5.5	11.3	2	27.9	2.3	26.3	21.6	76	26.7	56	40
3.2	13.7	26.1	7	34.6	1.5	33.4	27.8	175	31.4	150	107
4.6	25.0	45.4	7	39.6	1.8	38.2	32.2	304	52.9	262	187
4.8	35.0	62.0	1	42.9		39.4	33.3	415		269	192

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: MONTORSI				LOCALITA': PAVULLO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 26/09/2015							
NOME FILE MONTORSI 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> ]
0.2	3.0	6.5	1	24.9		22.0	22.0	44		28	28
1.0	4.8	9.9	4	27.2	0.6	24.0	24.0	66	6.4	43	43
1.4	3.0	6.5	2	24.9	0.0	22.0	22.0	44	0.0	28	28
1.8	5.5	11.3	2	27.9	2.3	24.7	24.7	76	26.7	49	49
3.2	13.7	26.1	7	34.6	1.5	32.1	32.1	175	31.4	128	128
4.6	25.0	45.4	7	39.6	1.8	36.7	36.7	304	52.9	226	226
4.8	35.0	62.0	1	42.9		38.0	38.0	415		269	269

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)

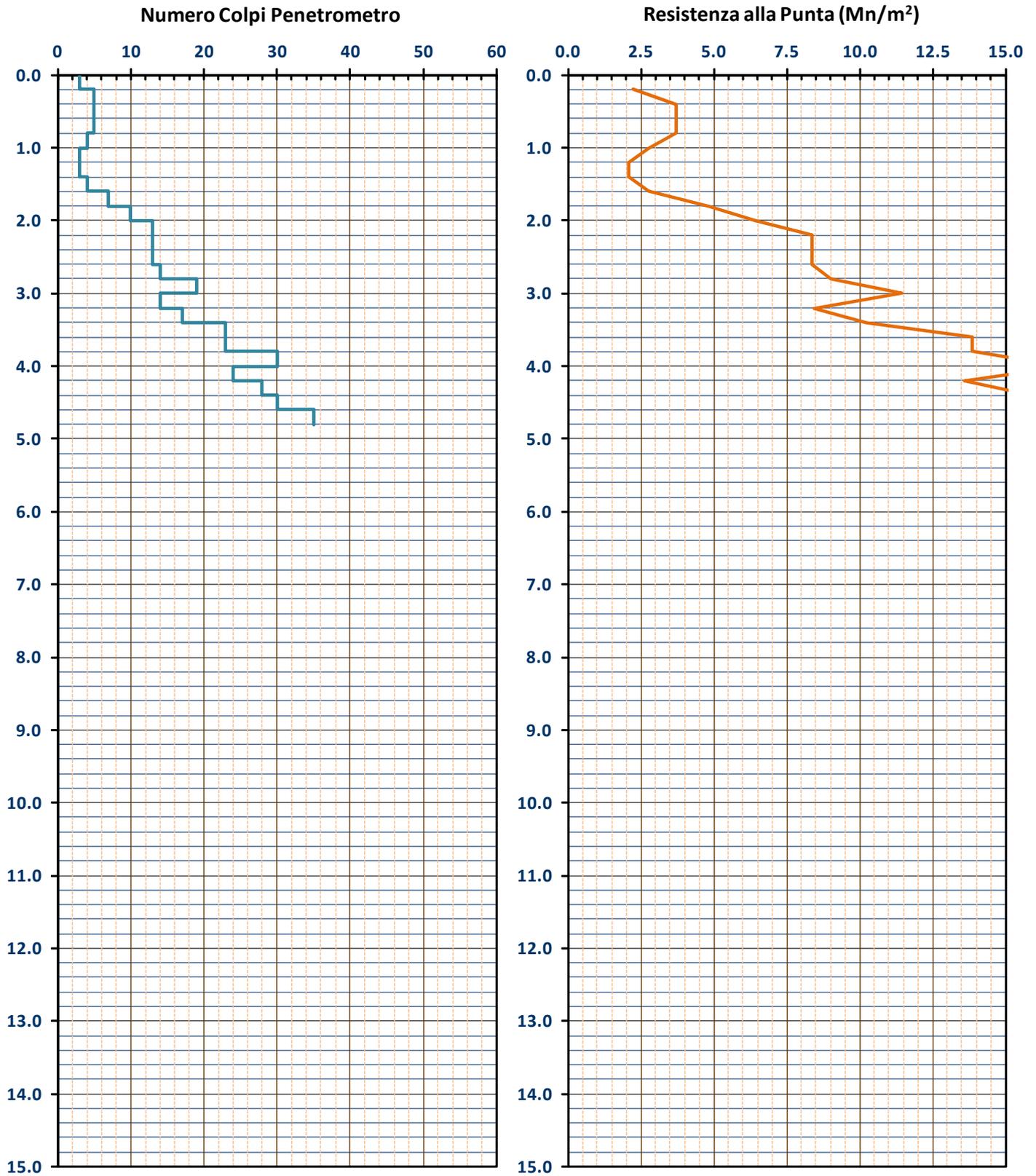
$C_{ud}$  = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [ $\gamma_{cu} = 1.0$ ]



## GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-03

COMMITTENTE: MONTORSI	LOCALITA': PAVULLO
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 26/09/2015
NOME FILE: MONTORSI DPSH-03	PENETROMETRO DPSH

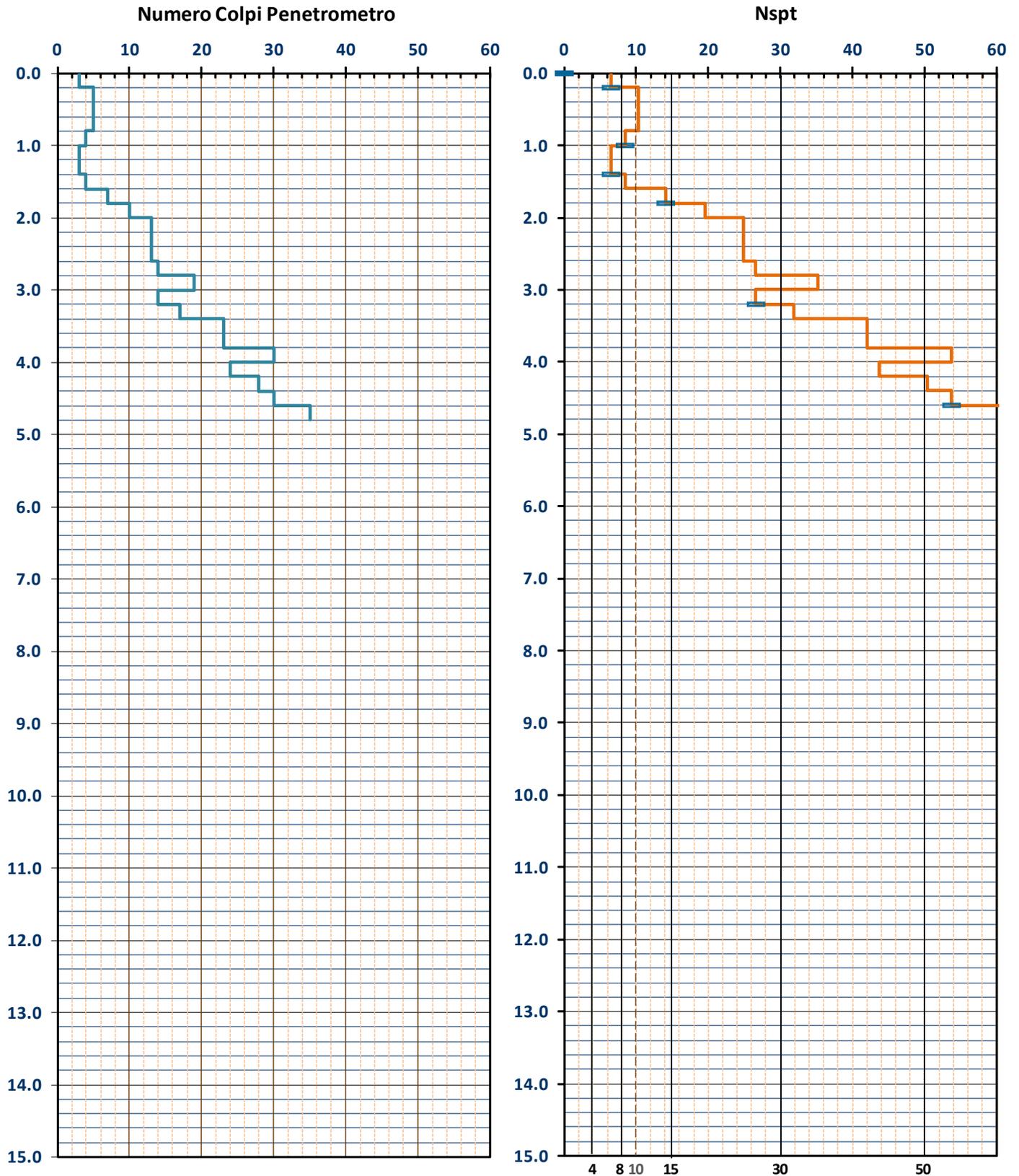




**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-03**

COMMITTENTE: MONTORSI	LOCALITA' : PAVULLO
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 26/09/2015
NOME FILE: MONTORSI DPSH-03	PENETROMETRO DPSH



# ALLEGATO B

## Registrazioni Sismiche - Parametri Sismici





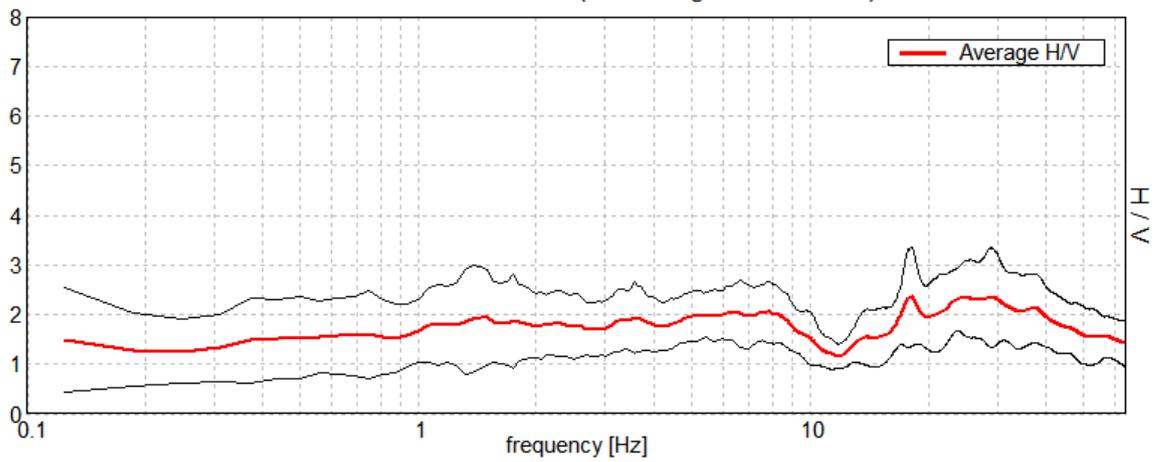
15\_071

TR\_01

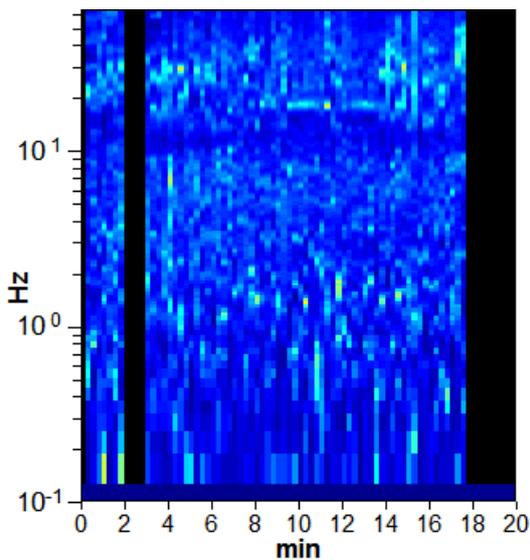
Instrument: TRS-0016/01-06  
Start recording: 26/09/15 12:02:35      End recording: 26/09/15 12:22:36  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS location: 010°49.5868 E, 44°20.6136 N (764.0 m)  
(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
Satellite no.: 05  
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 82% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 15 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 7%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

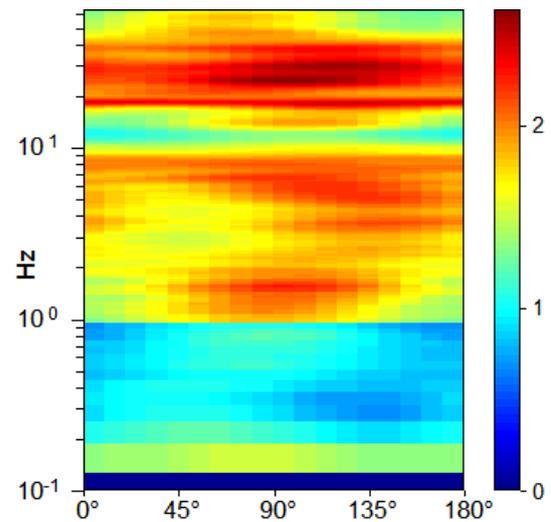
Max. H/V at 18.13 ± 1.8 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

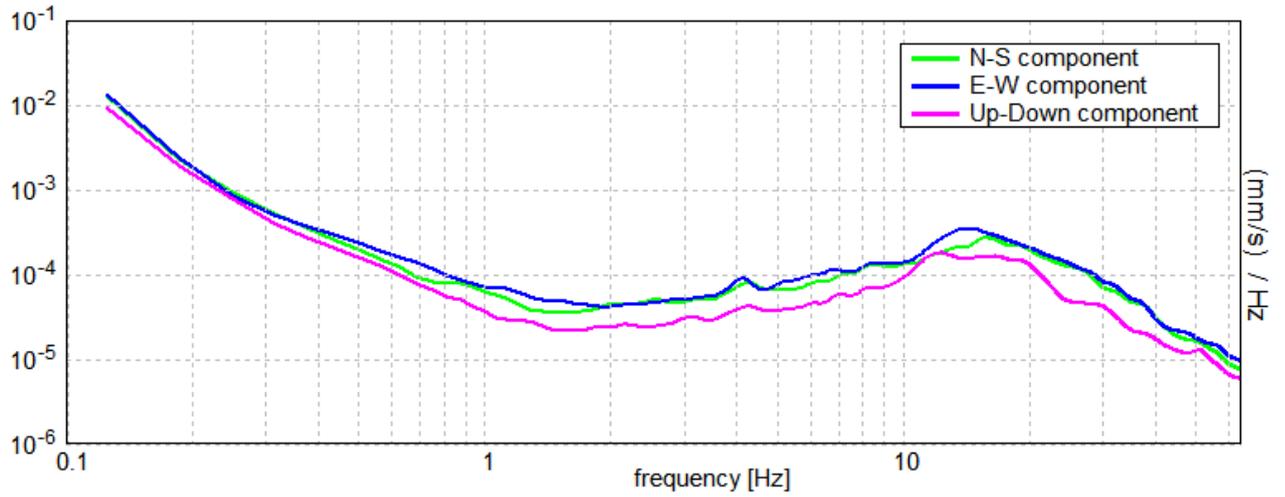


DIRECTIONAL H/V



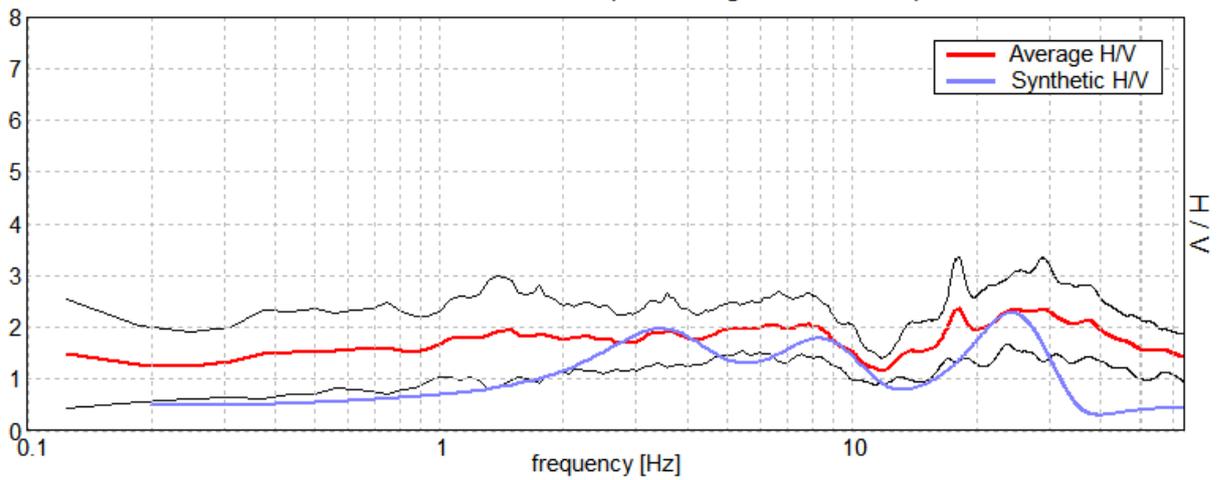


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

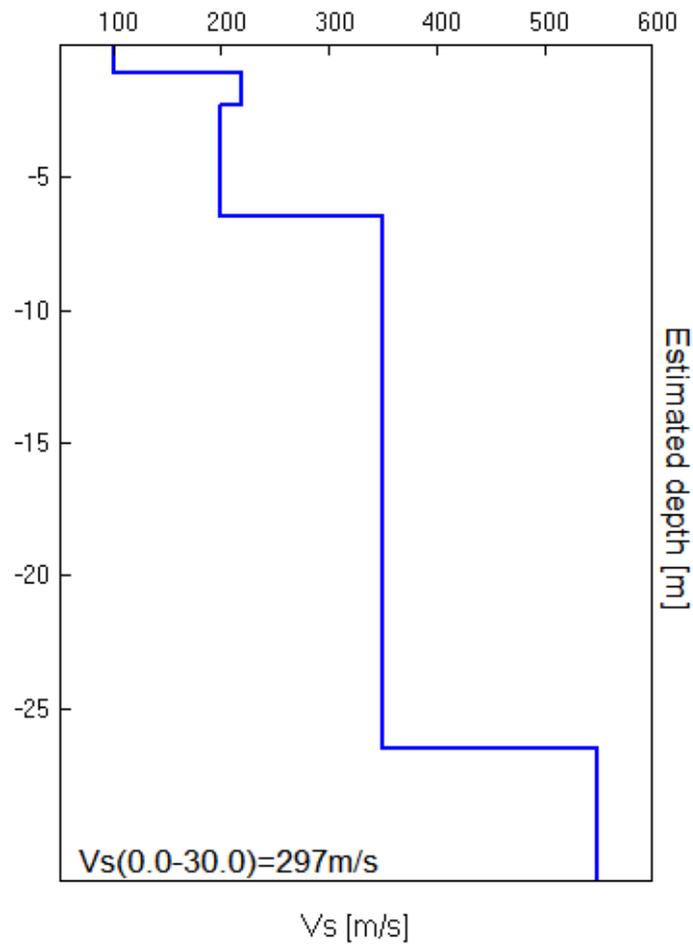
Max. H/V at  $18.13 \pm 1.8$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





Bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.10	1.10	100	0.40
2.30	1.20	220	0.40
6.50	4.20	200	0.40
26.50	20.00	350	0.35
inf.	inf.	550	0.35

**Vs(0.0-30.0)=297m/s**





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

**Max. H/V at 18.13 ± 1.8 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	18.13 > 0.67	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	17943.8 > 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 436 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 $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	12.0 Hz	<b>OK</b>	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	2.36 > 2	<b>OK</b>	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04939  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.89527 < 0.90625	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4941 < 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

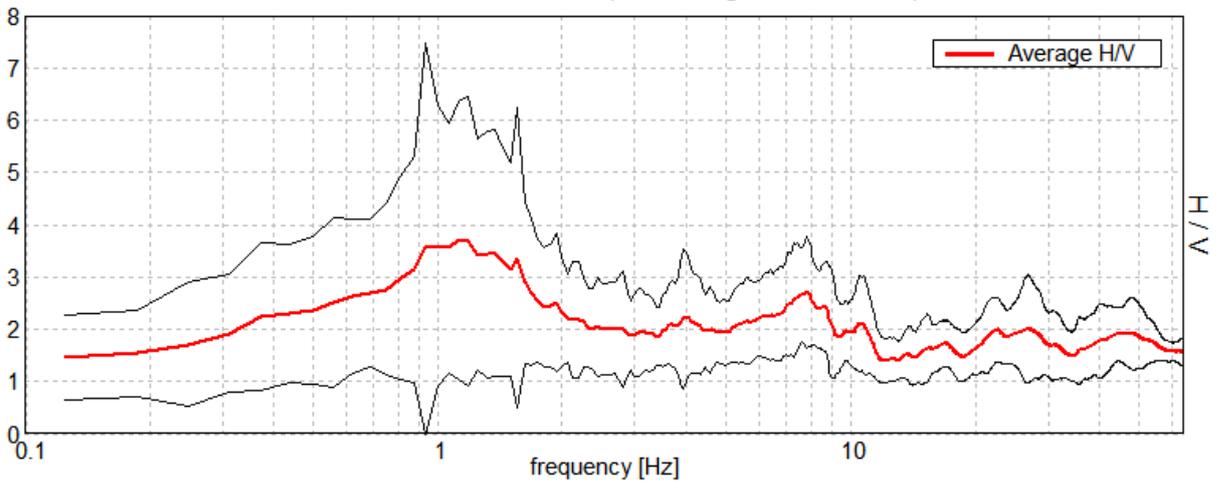


15\_071

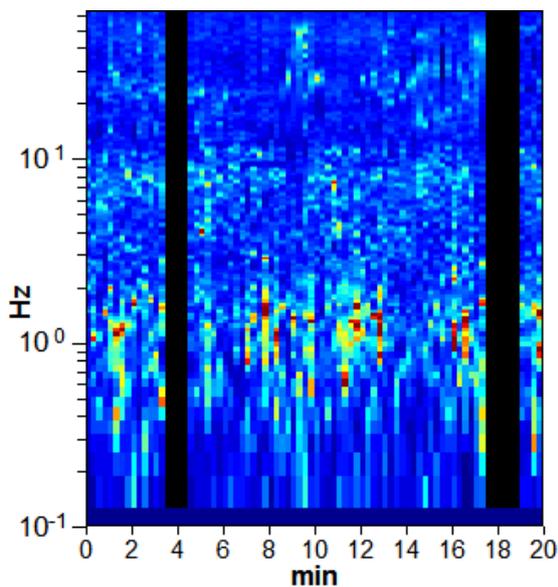
TR\_02

Instrument: TRS-0016/01-06  
 Start recording: 26/09/15 12:26:12      End recording: 26/09/15 12:46:13  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS location: 010°49.6010 E, 44°20.6002 N (764.2 m)  
 (UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
 Satellite no.: 05  
 Trace length: 0h20'00".      Analyzed 88% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 15 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 4%

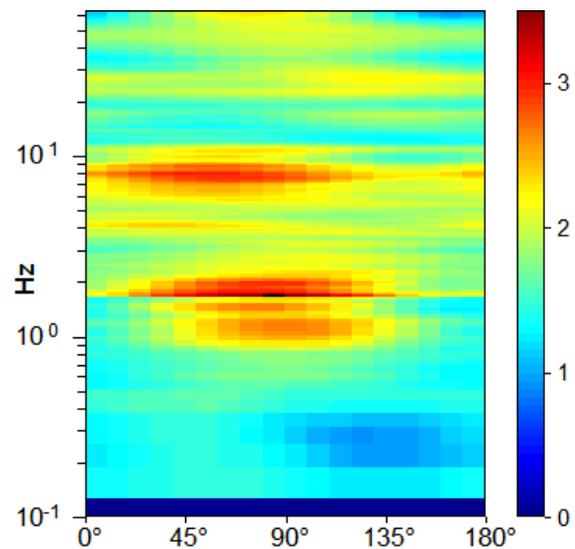
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO  
 Max. H/V at 1.13 ± 0.03 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

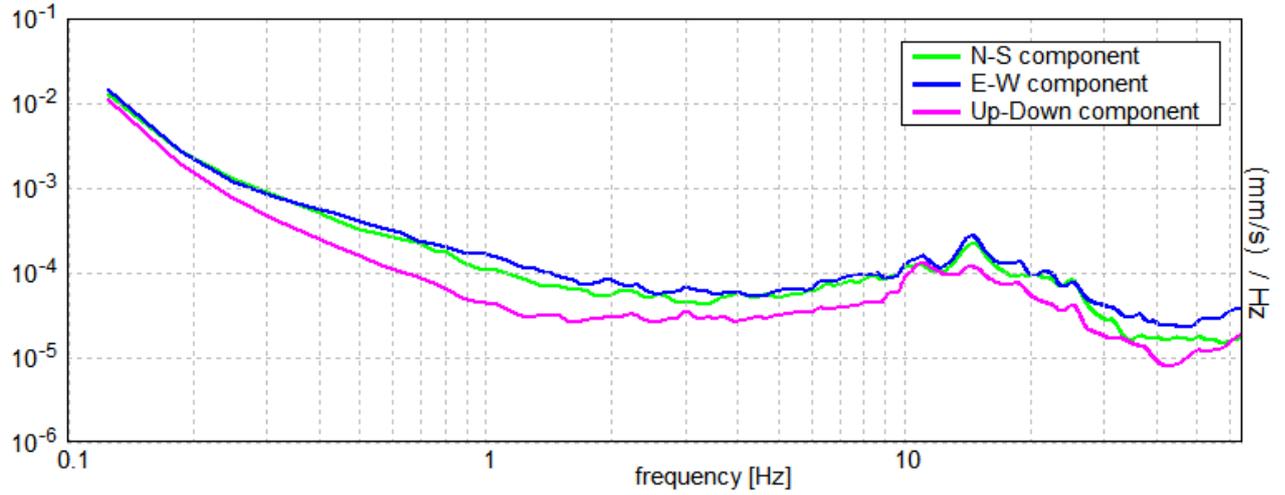


DIRECTIONAL H/V



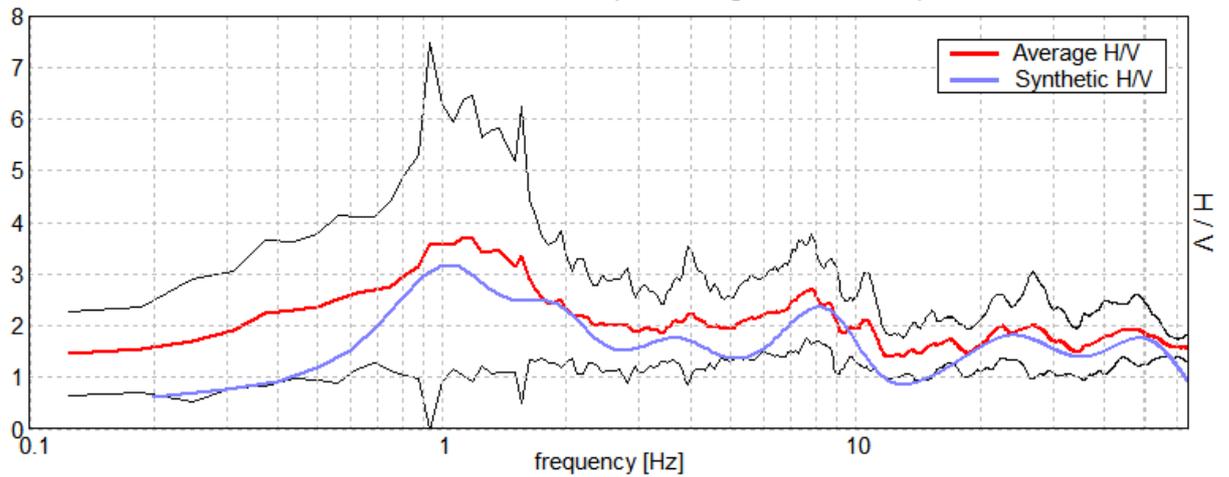


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

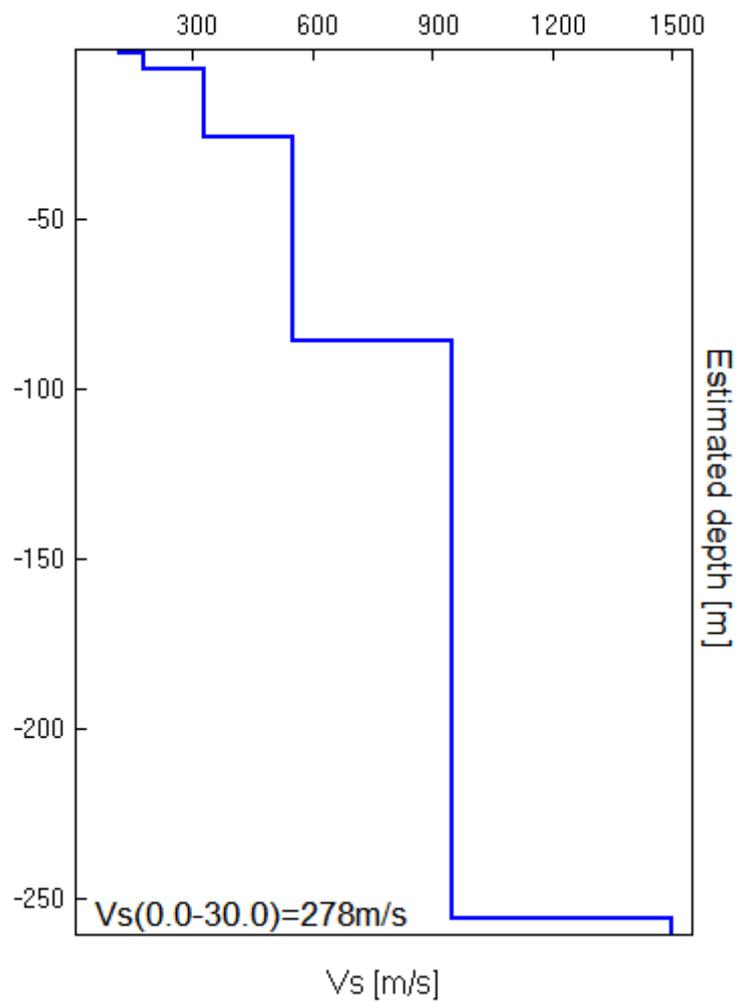
Max. H/V at 1.13 ± 0.03 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





Bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	57	0.40
1.40	1.10	120	0.40
6.00	4.60	180	0.38
26.00	20.00	330	0.35
86.00	60.00	550	0.35
256.00	170.00	950	0.35
inf.	inf.	1500	0.35

**Vs(0.0-30.0)=278m/s**





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

**Max. H/V at 1.13 ± 0.03 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b> [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.13 > 0.67	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1181.3 > 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 12 out of 28 times		NO
<b>Criteria for a clear H/V peak</b> [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.25 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.71 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01198  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.01348 < 0.1125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.3236 < 1.78	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

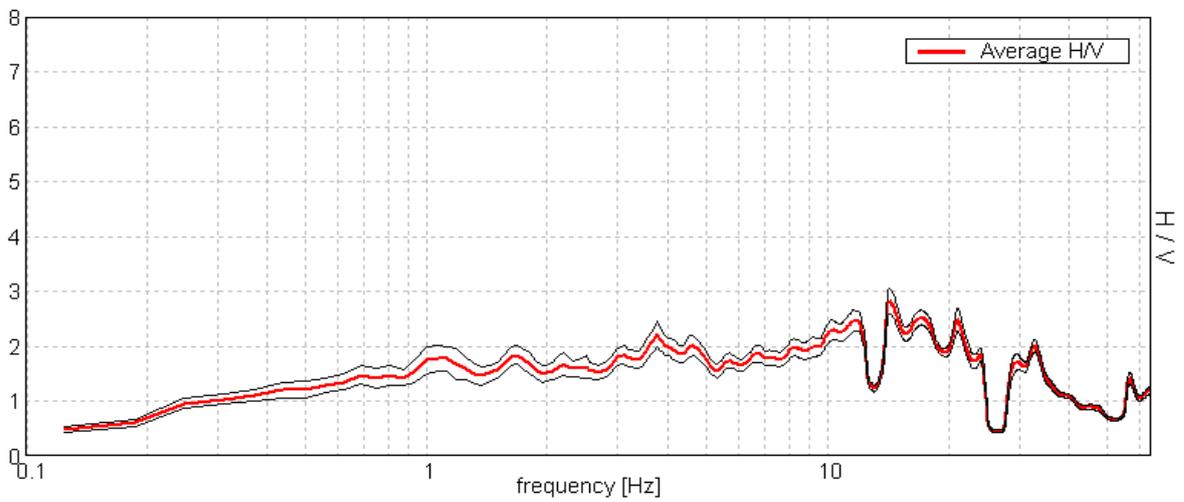


## 15\_071

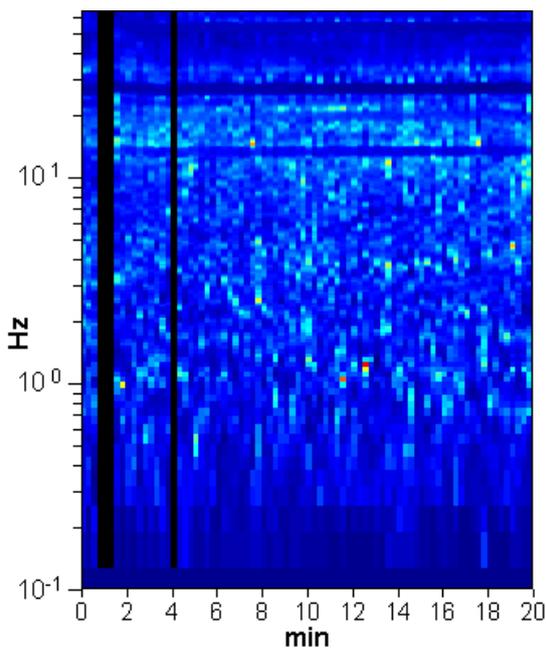
Start recording: 07/10/09 07:21:48      End recording: 07/10/09 07:41:49  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS location: 010°49.5712 E, 44°20.6022 N (768.6 m)  
UTC time (synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples  
Satellite no.: 04  
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 96% trace (automatic window selection)  
Sampling frequency: 128 Hz  
Window size: 15 s  
Smoothing window: Triangular window  
Smoothing: 5%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

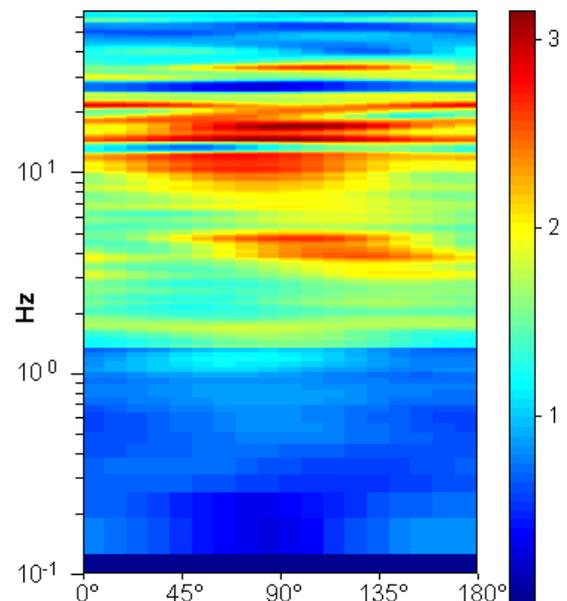
Max. H/V at 14.25 ± 0.74 Hz. (In the range 1.0 - 64.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY

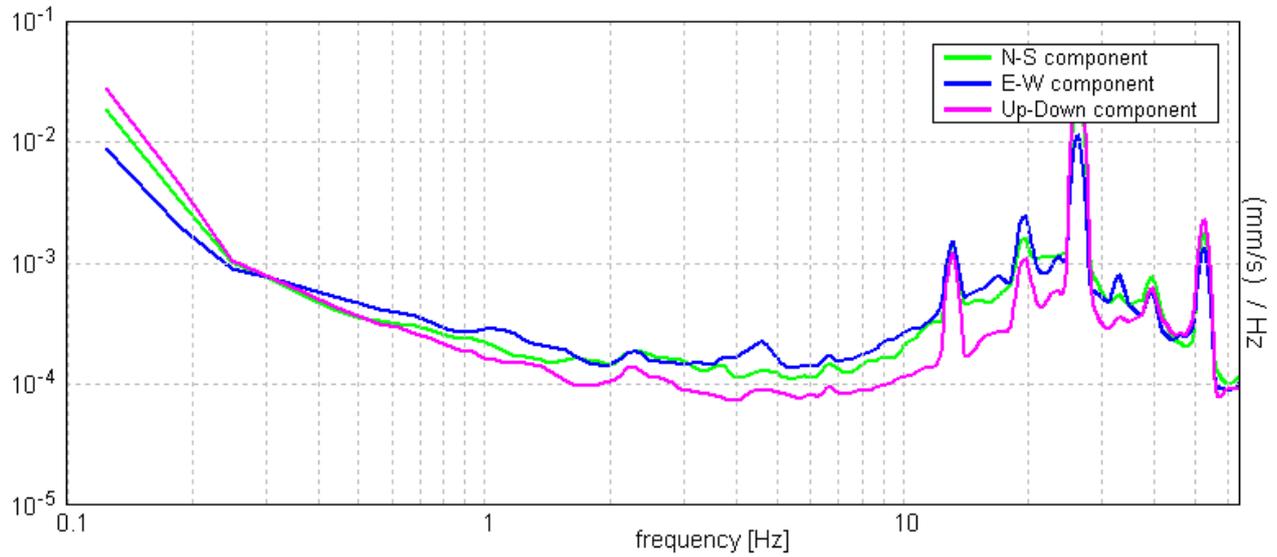


### DIRECTIONAL H/V



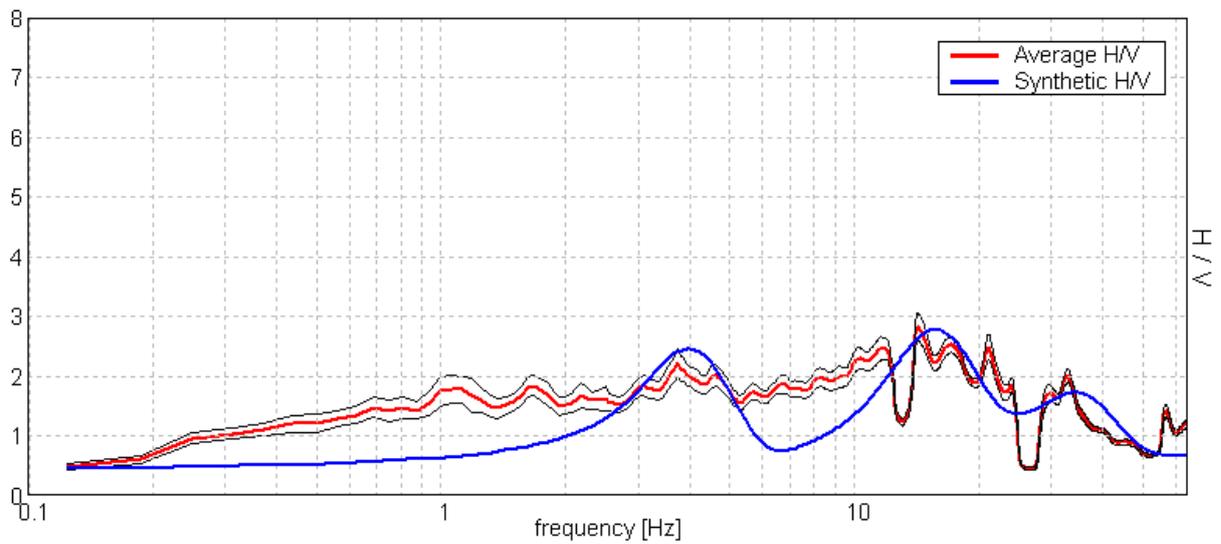


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V

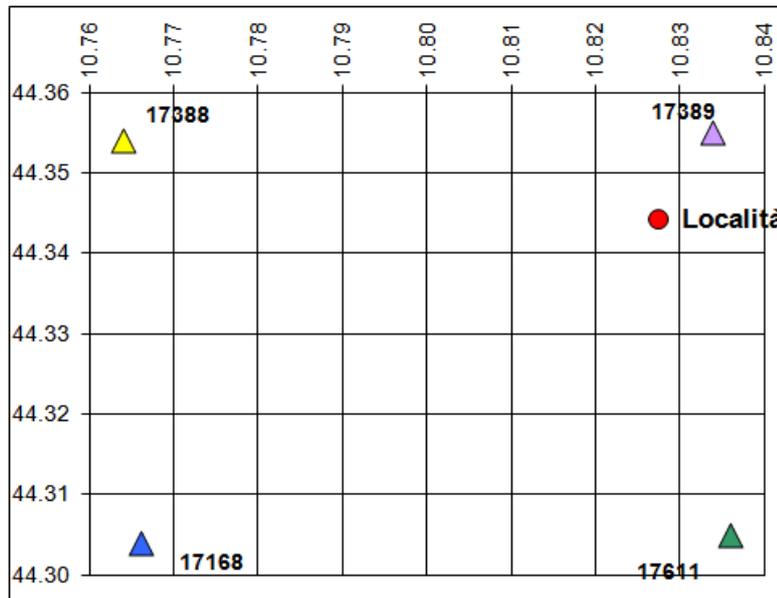
Max. H/V at 14.25 ± 0.74 Hz. (In the range 1.0 - 64.0 Hz).





Coordinate geografiche della località in esame				
	LON	LAT	Tolleranza	
	[°]	[°]	[°]	[km]
Località	10.8272	44.3444	0.0001	0.014

Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo				
ID	LON	LAT	DIST [°]	[km]
17389	10.834	44.355	0.012	1.297
17388	10.764	44.354	0.046	5.145
17611	10.836	44.305	0.040	4.440
17610	10.766	44.304	0.060	6.633



#### CARATTERISTICHE TERRENO

Topografia		<b>T1</b>
Coeff. topografico	<b>S<sub>T</sub></b>	<b>1.0</b>
Categoria suolo		<b>C</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> *	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>	1.500	0.138	0.415	1.824	0.799
SLE	Danno	63%	50	<b>0.070</b>	<b>2.49</b>	<b>0.26</b>	1.500	0.142	0.426	1.879	0.889
SLU	Salv. Vita	10%	475	<b>0.159</b>	<b>2.52</b>	<b>0.29</b>	1.459	0.153	0.458	2.237	1.357
SLU	Collasso	5%	975	<b>0.200</b>	<b>2.53</b>	<b>0.30</b>	1.396	0.156	0.469	2.400	1.527



## SPETTRI ELASTICI SLU

Tr = 475 anni (SLV)

Tr = 975 anni (SLC)

