



**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)

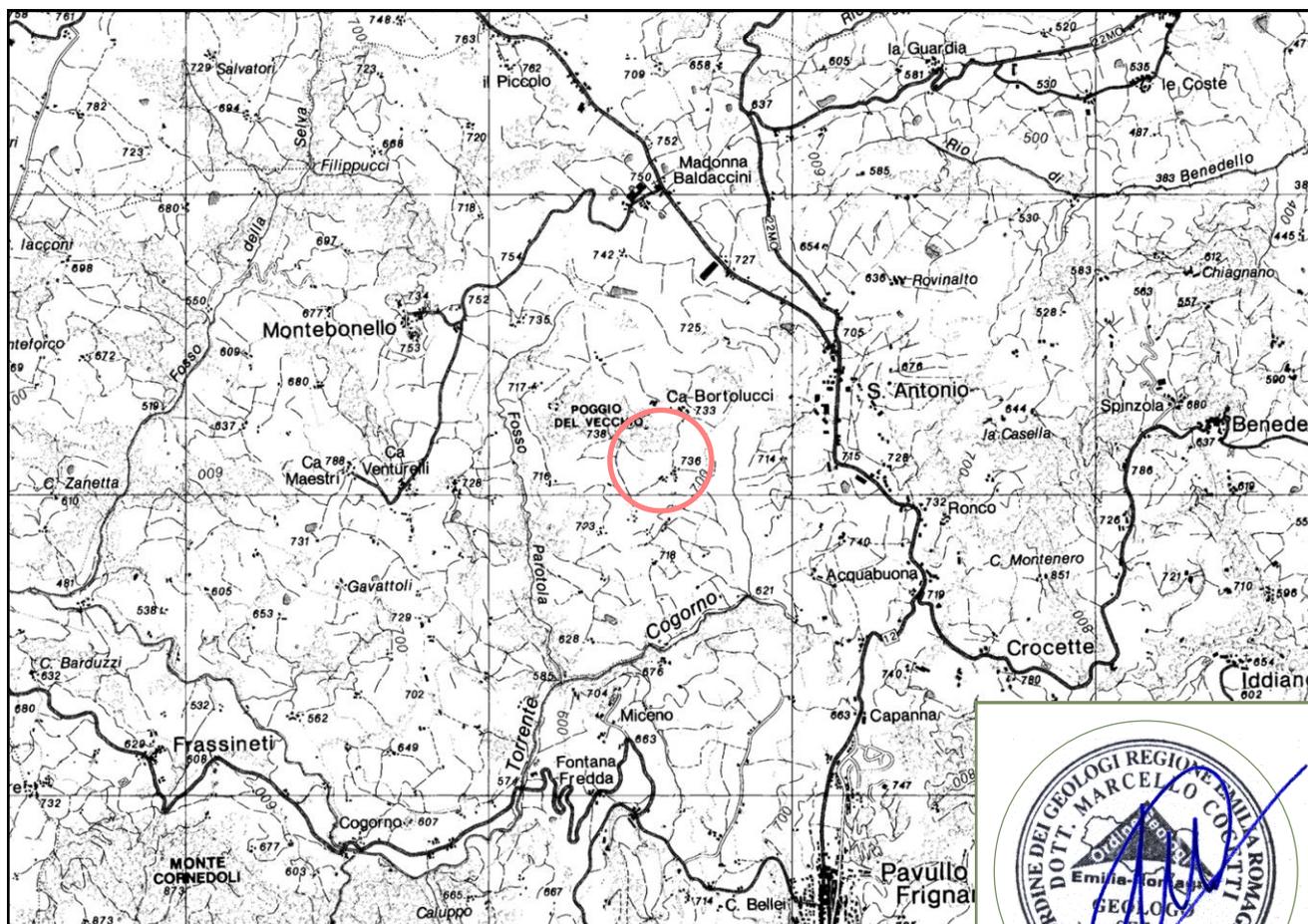
**OGGETTO** : **MANIFESTAZIONE DI INTERESSE - PROPOSTA RIGUARDO AD INTERVENTI DA PROGRAMMARE NEL PRIMO PIANO OPERATIVO COMUNALE (POC) DEL COMUNE DI PAVULLO**

**LOCALITÀ** : **CASA MONETA**

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

**COMMITTENTE** : **BENEVENTI FERRUCCIO, BENEVENTI GIOVANNI**

**PROGETTO** : **FLORINI ING EMER**



UBICAZIONE DELL'INTERVENTO      SCALA 1:50'000

1 Km

TAV. F236

COORDINATE UTM

Est: 645130

Nord: 914175





## INDICE

1. **RELAZIONE GEOLOGICA** (punto 6.1, allegato B.2.1 del BURERT n°153)
  - 1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO
  - 1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO
  - 1.3 IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA
  - 1.4 PROCESSI EROSIVI E GRADO DI STABILITA'
  - 1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI NOMINALI
2. **RELAZIONE SISMICA** (punto 6.3, allegato B.2.1 del BURERT n°153)
  - 2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA (DM 14/01/2008)
    - 2.1.1 Classificazione del Suolo in base alle Vs30
  - 2.2 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (DM 14/01/2008)
  - 2.3 MICROZONAZIONE SISMICA II° LIVELLO
3. **RELAZIONE GEOTECNICA**
  - 3.1 DATI DI PROGETTO
    - 3.1.1 Studi eseguiti
    - 3.1.2 Parametri Caratteristici
4. **CONCLUSIONI**

## RIFERIMENTI NORMATIVI

Circ. 07/03/08 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.  
DM 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni)  
DAL RER 112/2007 (Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica)  
O.P.C.M. n° 3274 del 20 Marzo 2003 (Normativa antisismica)  
D.M.LL.PP. 11/03/1988  
D.M. 21/01/1981  
Circ. LL.PP. n° 21597/81  
Circ. R.E.R n° 12831  
R.D. 03/12/23 n° 3267 e succ. mod. e integr.  
T.L. 27/06/1985 n° 312

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

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



## **RIFERIMENTI CARTOGRAFICI**

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:25000.  
TAVOLA 236-NE

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:10000.  
SEZIONE 236020

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:5000.  
ELEMENTO 236022

ESTRATTO CATASTALE Scala 1:2000. COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO.  
FOGLIO 37; MAPPALE 426.

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 236020

CARTA GEOLOGICA PROGETTO CARG a Scala 1:10000.  
SEZIONE 236020

CARTA DEL DISSESTO (PTCP).  
SEZIONE 236020

## **ALLEGATI**

- TAV. 1, 2 - Localizzazione del sito su cartografia CTR
- TAV. 3 - Morfometria del Versante a scala 1:5000
- TAV. 4 - Carta Geologica CARG a scala 1:10000
- TAV. 5 - Carta del Dissesto a scala 1:10000
- TAV. 6 - Carta del Rischio Sismico a scala 1:10000
- TAV. 7 - Carta Forestale a scala 1:10000
- TAV. 8 - Carta Microzonazione Sismica I° Livello - PSC
- TAV. 9a - Carta Microzonazione sismica II Livello PGA/PGAo (Fx) - PSC
- TAV. 9b - Carta Microzonazione sismica II Livello SI/SIo (Fy) - PSC
- TAV. 9c - Carta Microzonazione sismica II Livello SI/SIo (Fz) - PSC
- TAV. 10 - Estratto Catastale con prove geognostiche
- TAV. 11 - Planimetria con prove geognostiche

**ALLEGATO A** - Prove Penetrometriche Dinamiche

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

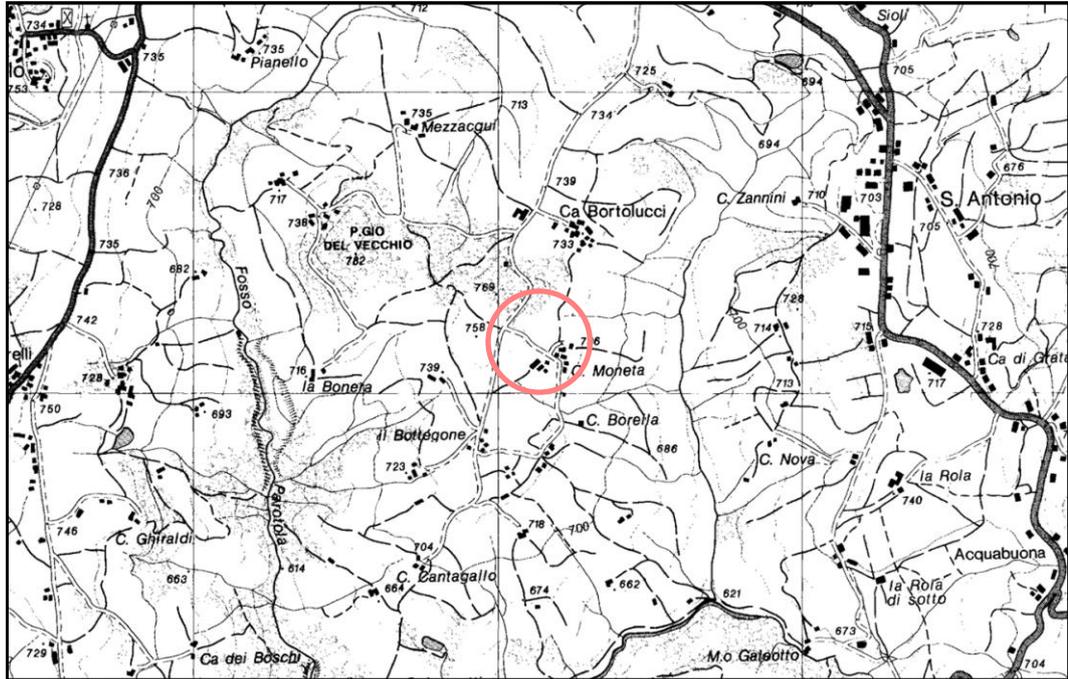


## CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:25'000

TAVOLA 236no

TAV. 1

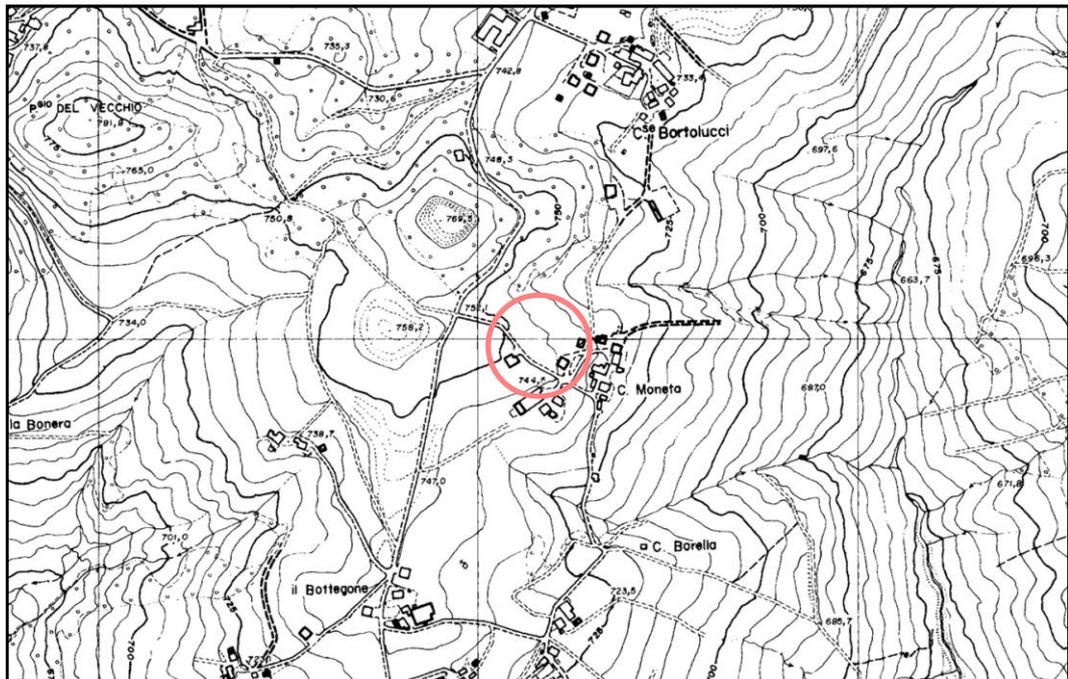


## CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:10'000

SEZIONE 236020

TAV. 2



UBICAZIONE DEL SITO

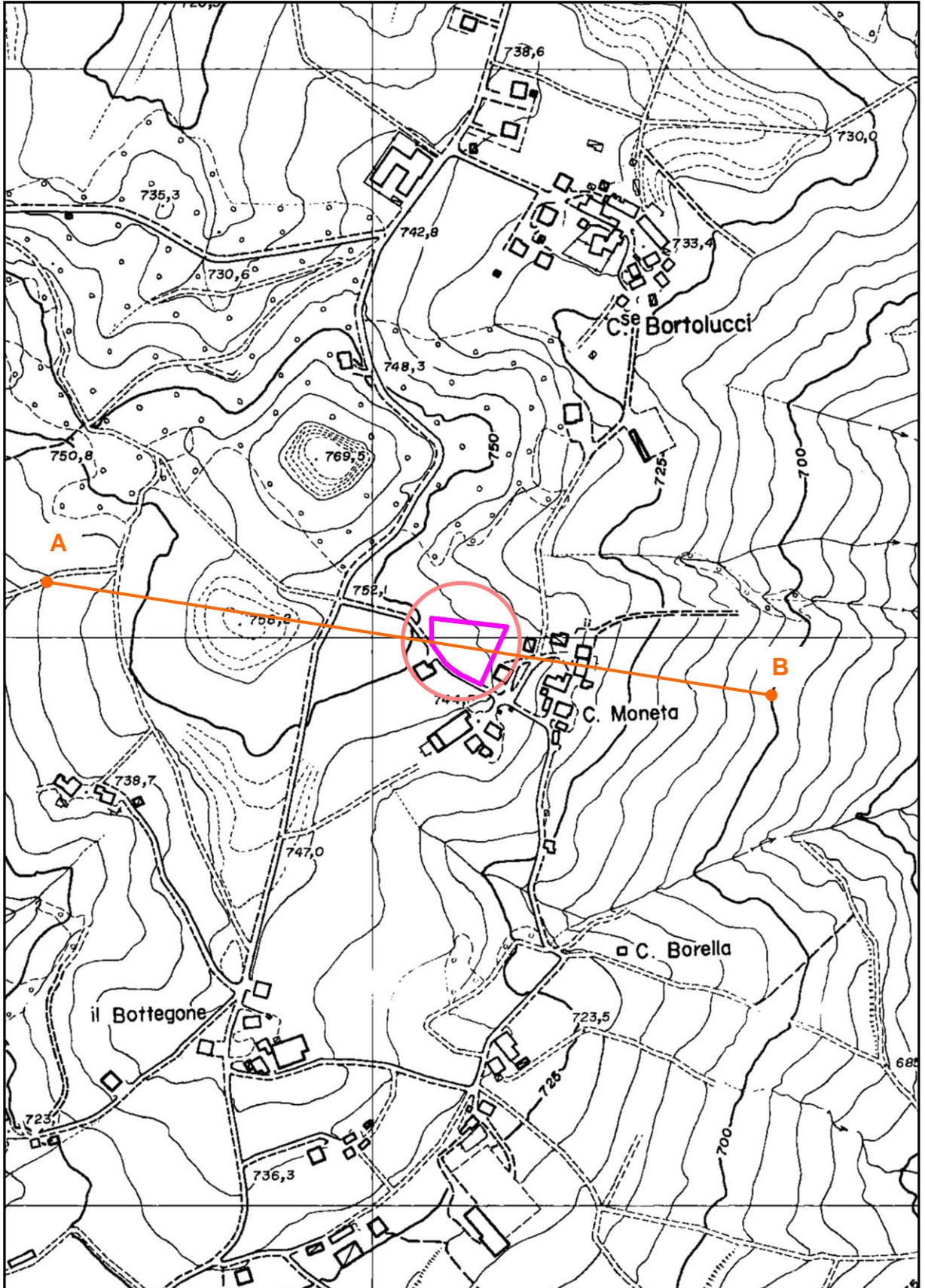


# CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:5'000

ELEMENTO 236022

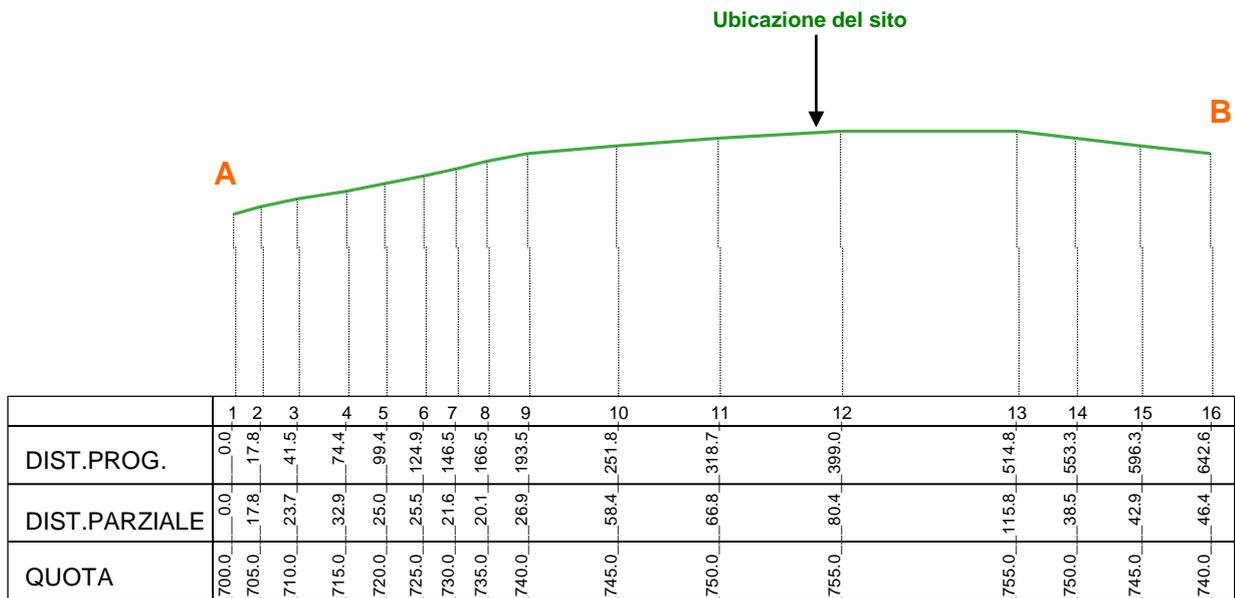
TAV. 3





## SEZIONE TOPOGRAFICA

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



## MORFOMETRIA DEL VERSANTE

RILEVATO DALLA CARTA TECNICA REGIONALE

Scala 1:5000

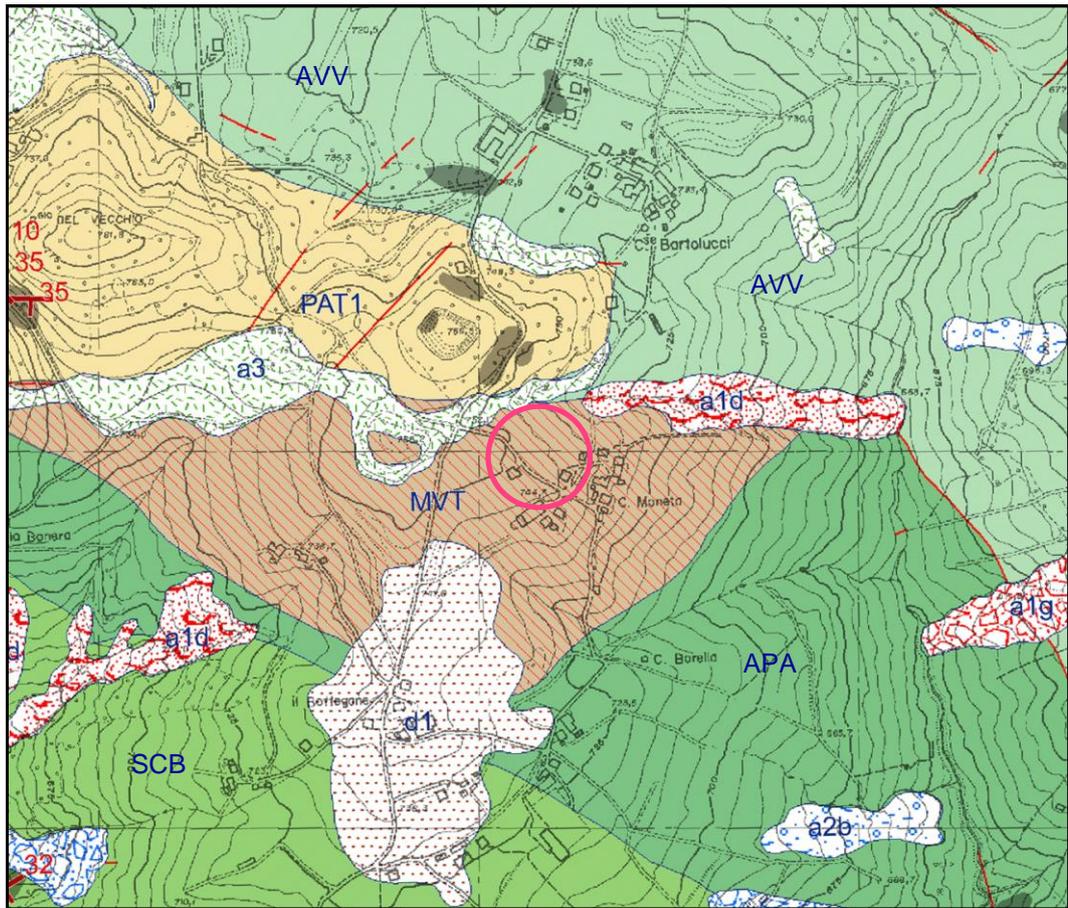
Pun.n°	D.Prog.	D.Parz.	Quota	Acc.°	Acc.°
0002.0	0017.8	0017.8	0705.0	028.0	015.7
0003.0	0041.5	0023.7	0710.0	021.1	011.9
0004.0	0074.4	0032.9	0715.0	015.2	008.6
0005.0	0099.4	0025.0	0720.0	020.0	011.3
0006.0	0124.9	0025.5	0725.0	019.6	011.1
0007.0	0146.5	0021.6	0730.0	023.2	013.1
0008.0	0166.5	0020.1	0735.0	024.9	014.0
0009.0	0193.5	0026.9	0740.0	018.6	010.5
0010.0	0251.8	0058.4	0745.0	008.6	004.9
0011.0	0318.7	0066.8	0750.0	007.5	004.3
0012.0	0399.0	0080.4	0755.0	006.2	003.6
0013.0	0514.8	0115.8	0755.0	000.0	000.0
0014.0	0553.3	0038.5	0750.0	013.0	007.4
0015.0	0596.3	0042.9	0745.0	011.6	006.6
0016.0	0642.6	0046.4	0740.0	010.8	006.2



## CARTA GEOLOGICA CARG

Scala 1:10'000

TAV. 4



### DESCRIZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICHE PRESENTI IN CARTA

#### Depositi quaternari continentali

	a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato
	a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
	a1d - Deposito di frana attiva per colamento lento
	a1g - Deposito di frana attiva complessa
	a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
	a2c - Deposito di frana quiescente per espansione laterale
	a2d - Deposito di frana quiescente per colamento lento
	a2g - Deposito di frana quiescente complessa
	a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco
	a3 - Deposito di versante s.l.
	a4 - Deposito eluvio-colluviale
	d1 - Deposito eolico

#### Successione epiligure

	PAT1 - Formazione di Pantano - membro di Sassoguidano
	CTG - Formazione di Contignaco
	MVT - Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa
	ANT - Marne di Antognola

#### Unità liguri

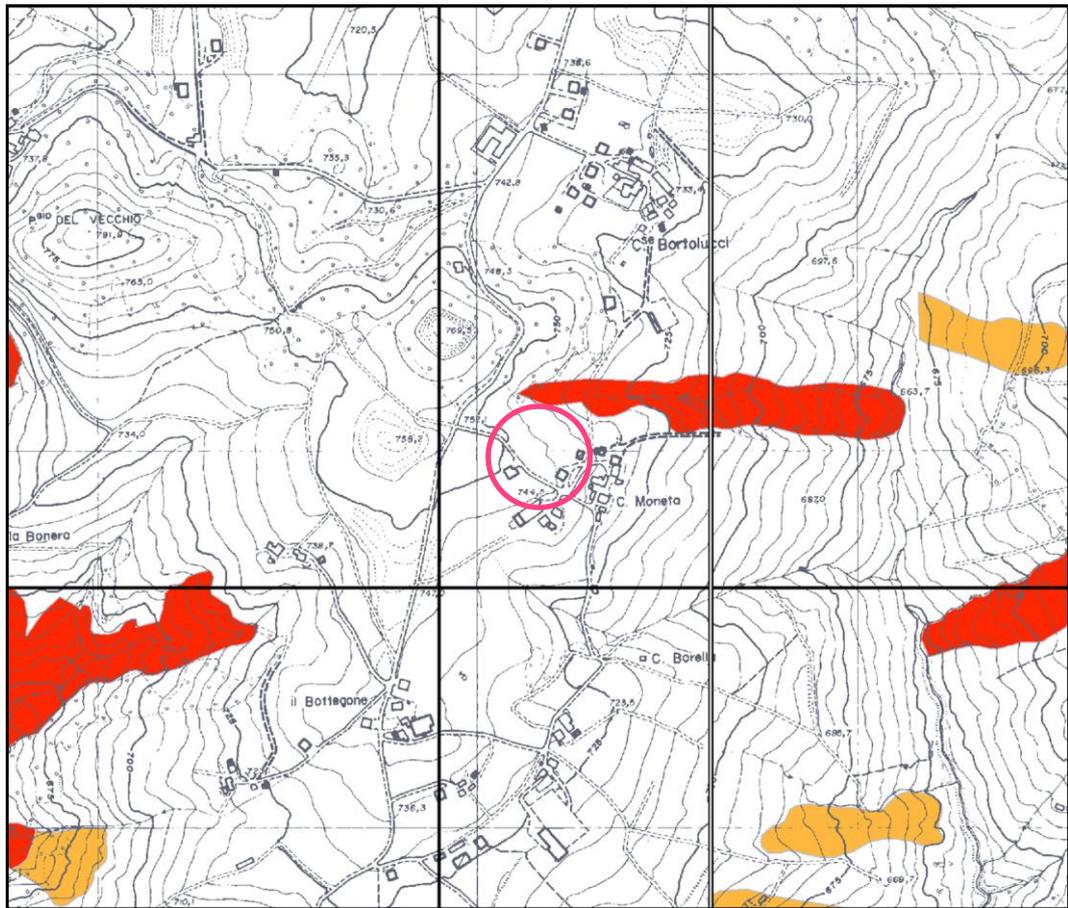
	MCS - Flysch di Monte Cassio
	MOV - Formazione di Monte Venere
	AVV - Argille Varicolori di Cassio
	AVT - Argille variegata di Grizzana Morandi
	SCB - Arenarie di Scabiazza
	APA - Argille a palombini



## CARTA DEL DISSESTO PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 5




**PTCP Provincia di Modena**  
 Carta del Dissesto

**Scala 1:10000**  
 mt

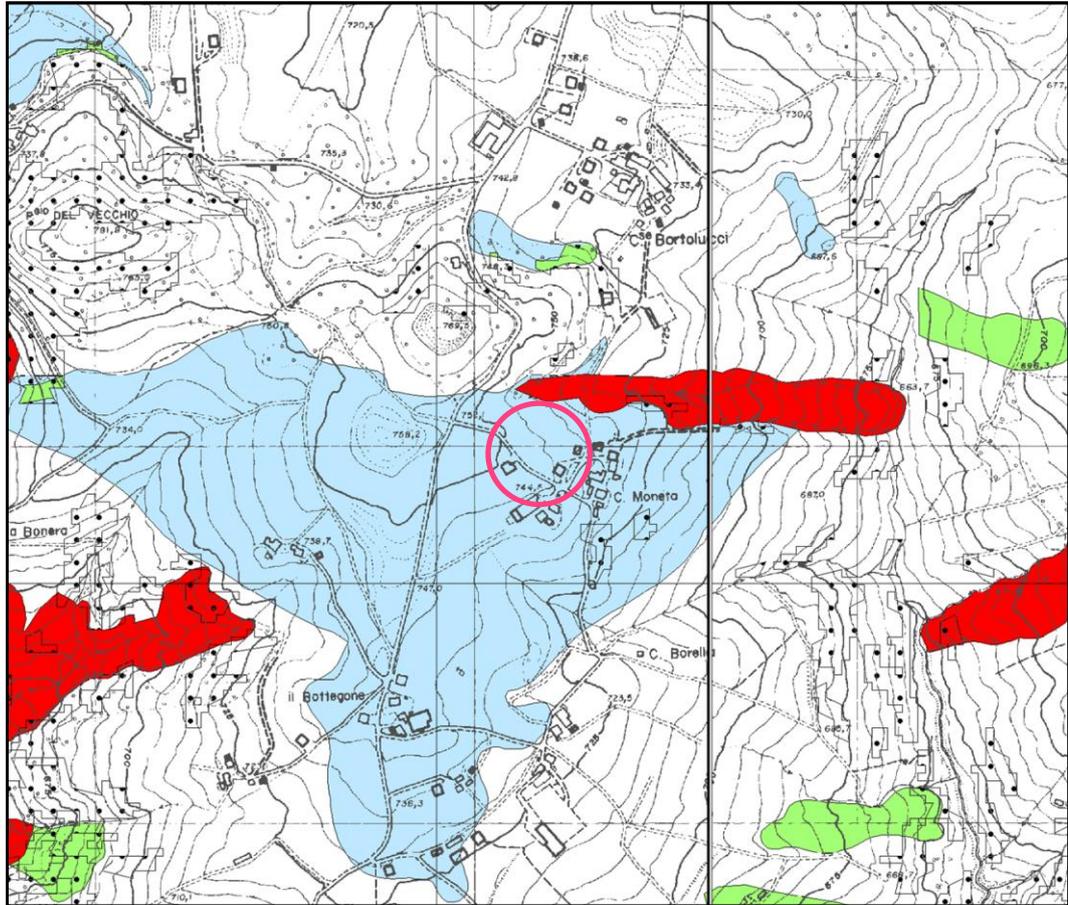
VOCI DI LEGENDA			
<b>Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità</b>			
			Aree interessate da frane attive
			Aree interessate da frane quiescenti
			Art.15
<b>Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità</b>			
			Aree potenzialmente instabili
			Art.16
<b>Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato</b>			
	<b>Codice scheda 2.1.1 NR</b>	Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR)	Art.17
		Aree a rischio idrogeologico molto elevato	Art.18A
		Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)	Art.18B



## CARTA DEL RISCHIO SISMICO

Scala 1:10'000

TAV. 6



PTCP Provincia di Modena  
Aree Suscettibili di effetti locali

Scala 1:10000



### Effetti attesi

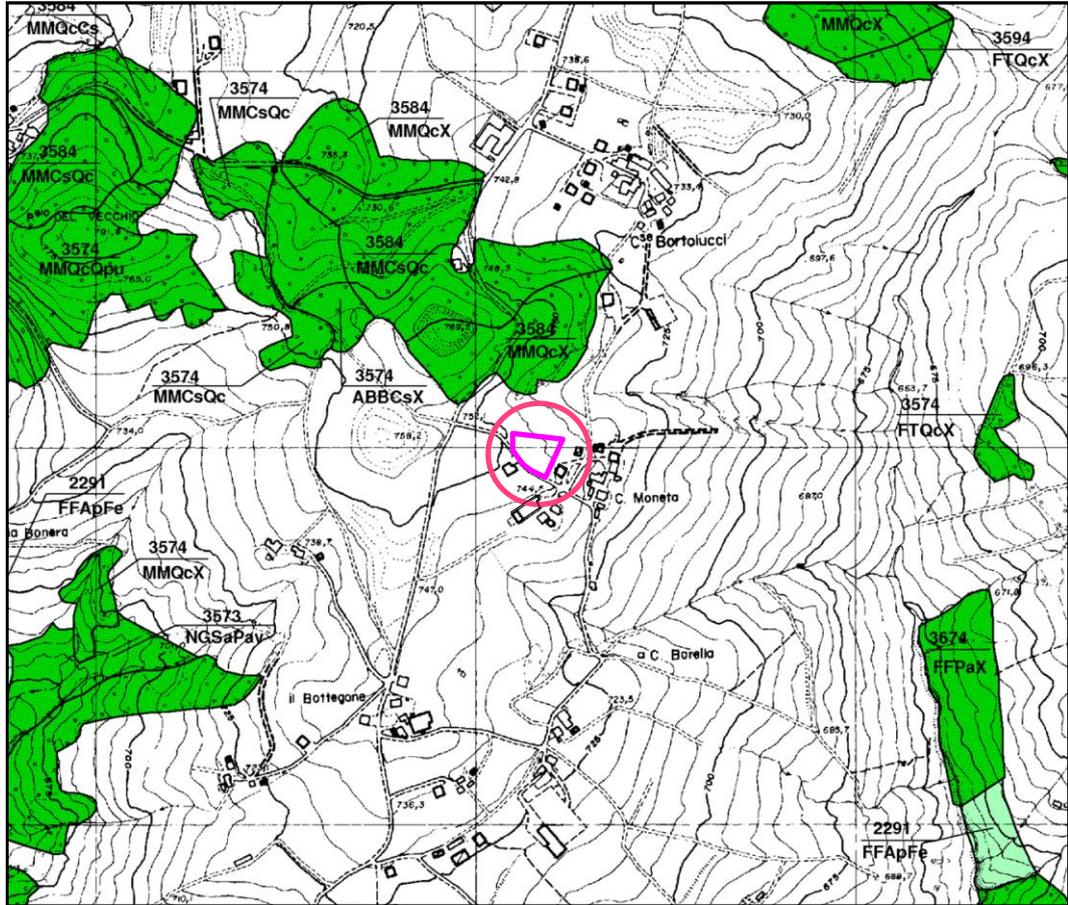
1	<p><b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b>  <u>studi</u>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);  <u>microzonazione sismica</u>*: approfondimenti di III livello.</p>
2	<p><b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b>  <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>  <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>  <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>  <u>studi</u>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;  <u>microzonazione sismica</u>*: approfondimenti di II livello.</p>



## CARTA FORESTALE PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 7

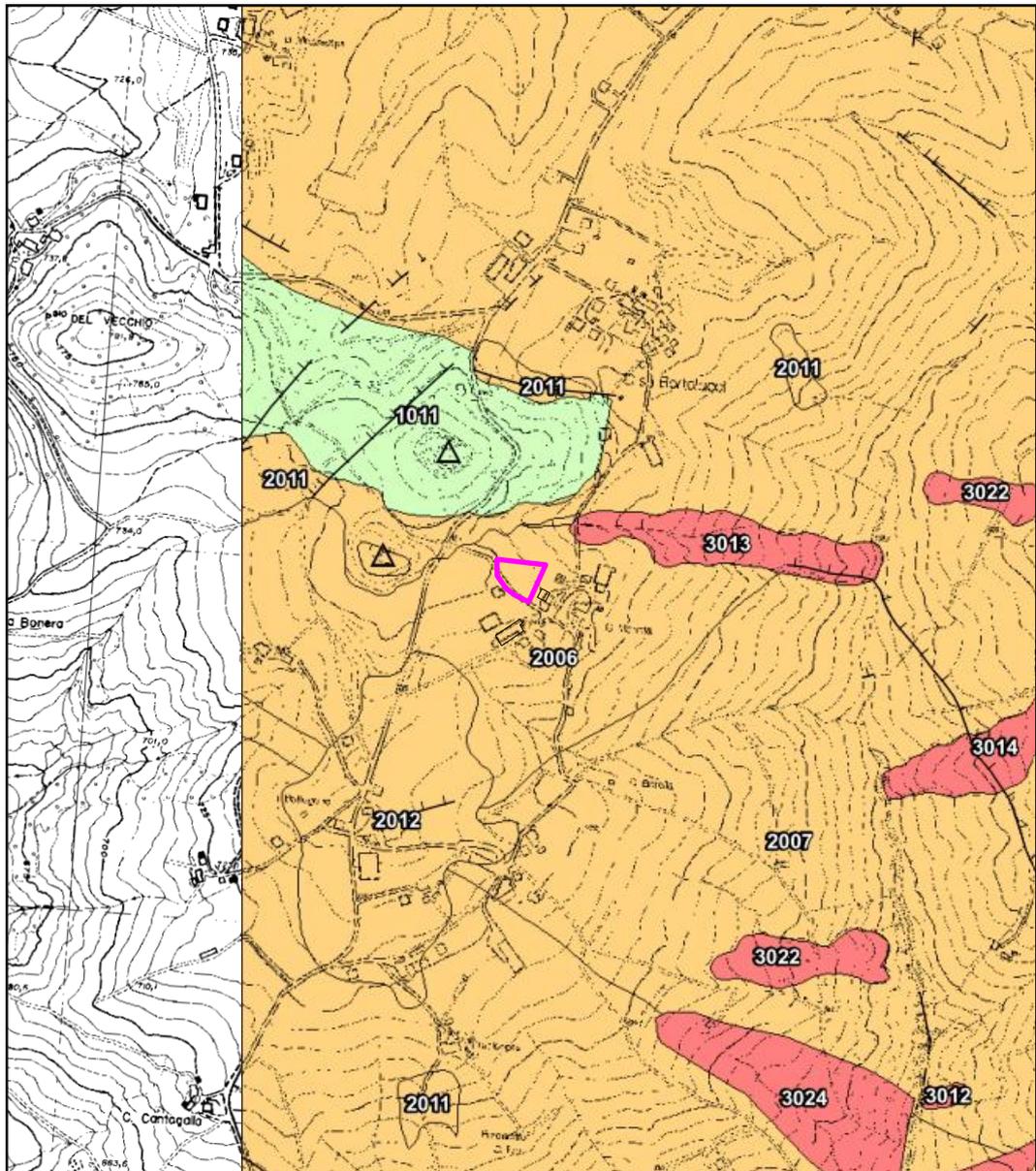




## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA 1° LIVELLO - PSC

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



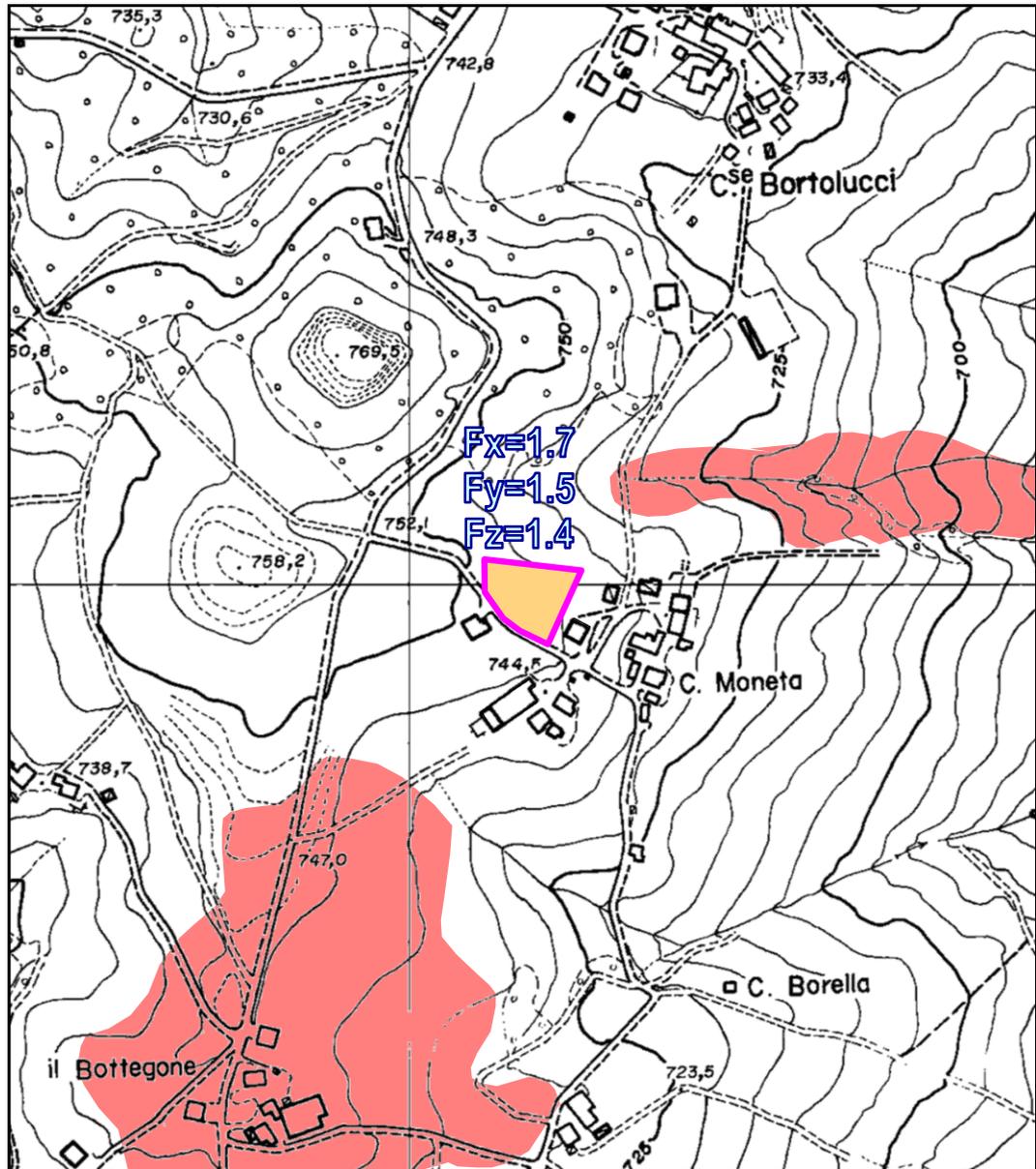
Traccia per gli approfondimenti  
delle amplificazioni topografiche



## 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



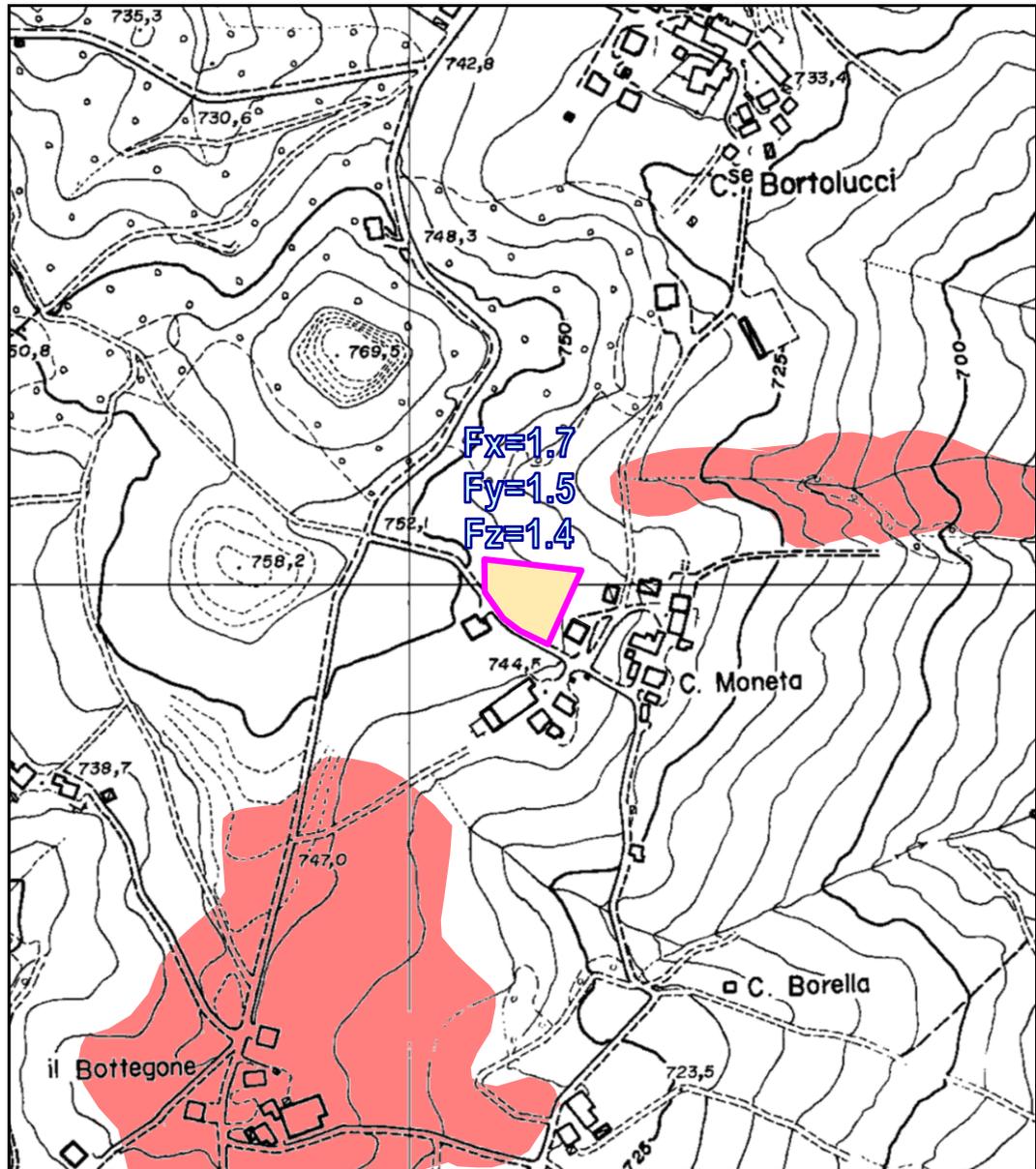
Area di amplificazione topografica



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

Scala 1:5000

TAV. 9b1





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

LEGENDA

TAV. 9b2

### Legenda

#### Zone stabili



Zone stabili

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



$1 < F_y \leq 1,5$



$1,5 < F_y \leq 2$



$F_y > 2$

#### Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante Cedimenti differenziali



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche



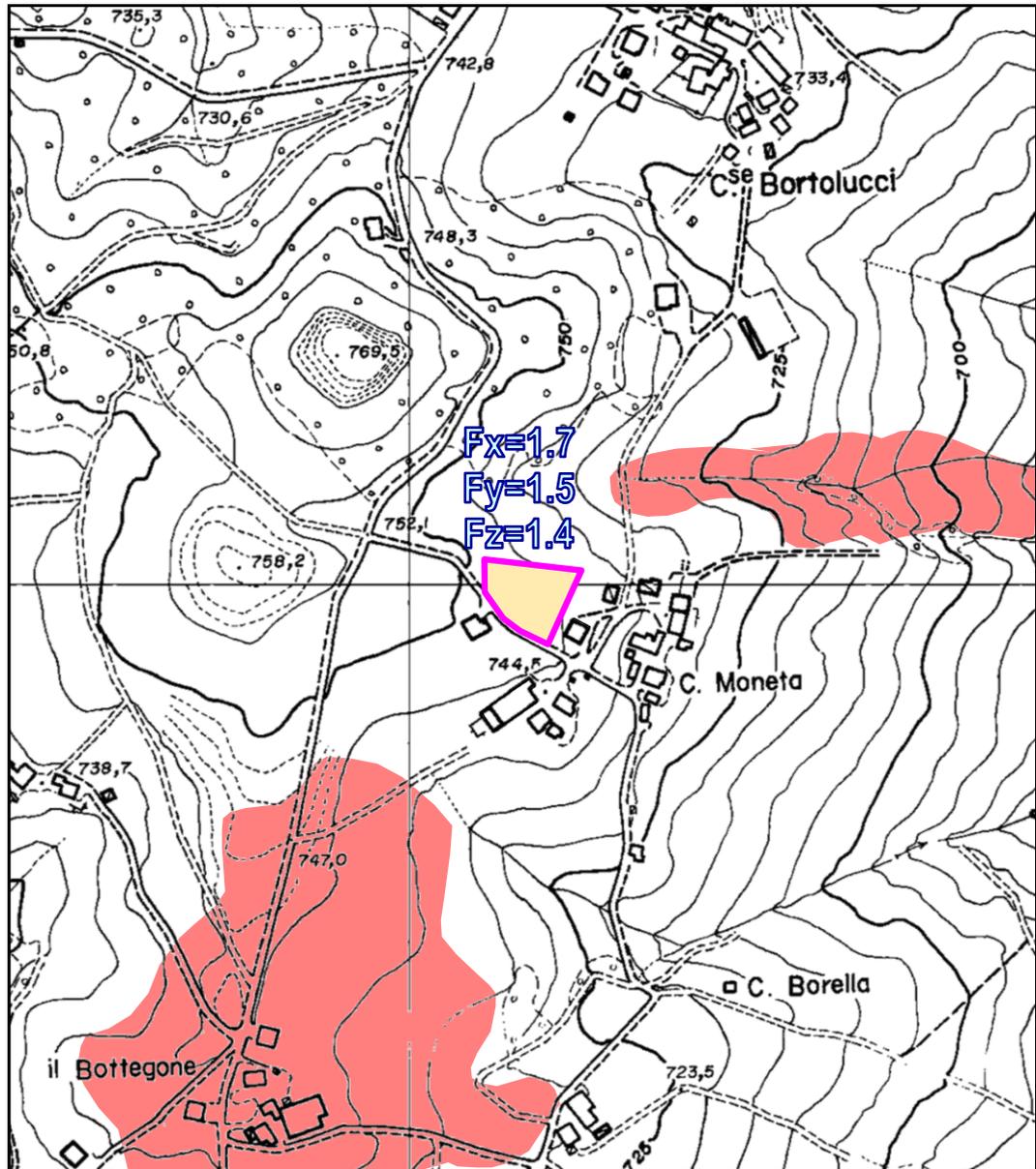
Area di amplificazione topografica



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

Scala 1:5000

TAV. 9c1





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

LEGENDA

TAV. 9b2

### Legenda

#### Zone stabili



Zone stabili

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



$1 < F_z \leq 1,5$



$1,5 < F_z \leq 2$



$F_z > 2$

#### Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante Cedimenti differenziali



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche



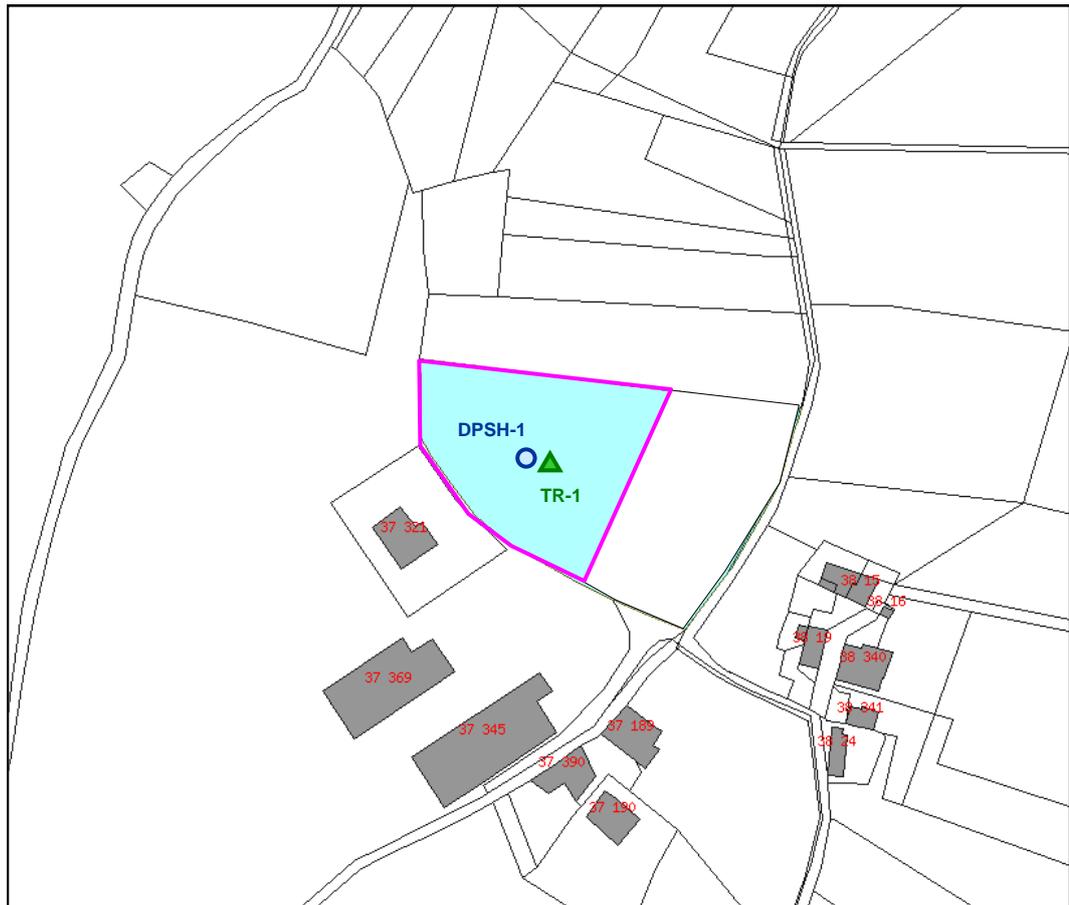
Area di amplificazione topografica



## ESTRATTO CATASTALE

Scala 1:2000

TAV. 10



COMUNE : PAVULLO

FOGLIO : 37

MAPPALE : 426

 PROVA PENETROMETRICA

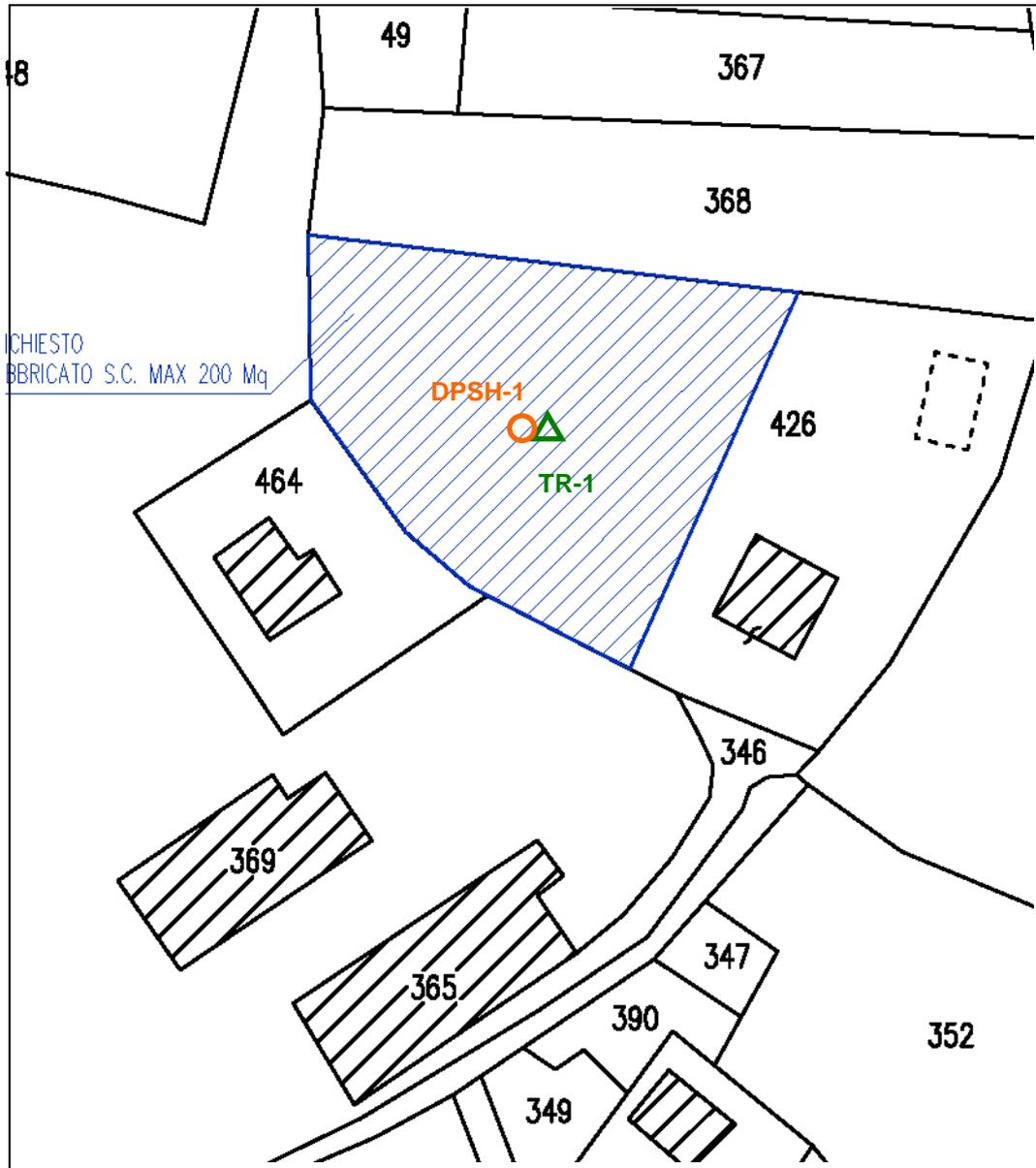
 REGISTRAZIONE SISMICA



## PLANIMETRIA CON PROVE GEOGNOSTICHE

Scala 1:1000

TAV. 11



### LEGENDA

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



## 1. RELAZIONE GEOLOGICA (6.1)

### 1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L' area oggetto dell'indagine è ubicata in Località *C.Moneta* ad una quota di circa 744 m. s.l.m.

A Nord-Ovest dell'area abbiamo un piccolo promontorio costituito dal termine più calcareo del *Gruppo di Bismantova* (PAT1).

In generale le pendenze risultano dolci e il terreno mostra gibbosità, ondulazioni, fenomeni di soliflusso: tali manifestazioni dipendono dalla natura prevalentemente argillosa dei terreni affioranti che sono costituiti, in gran parte, dai complessi di base e da altre unità prevalentemente pelitiche e argillose.

Nell'area affiorano, in gran parte, unità a forte componente pelitica: le Arenarie di Scabiazza che non di rado sfumano, per eteropia, nelle Argille Varicolori; l'Unità di Canossa costituita da un accumulo caotico ed eterogeneo di clasti di varie dimensioni in 'matrice' pelitica (*melange* sedimentario).

Il settore orientale è solcato da un torrente anonimo che finisce per confluire nel *Torrente Cogorno*: lungo i versanti marcati da tale torrente si possono individuare movimenti di versante quiescenti (a2), ma anche attivi (a1).

Si tratta di masse eterogenee ed eterometriche costituite da blocchi di calcari, spezzoni di arenarie, materiali litoidi di varie dimensioni entro una "matrice" pelitica.

Il sito in oggetto è ubicato su di una piccola dorsale costituita dall' *Unità di Canossa*: essa non è direttamente interessata da alcun movimento franoso.

Abbiamo infine limitati depositi di versante, spesso di dimensioni non cartografabili, costituiti da materiali eterogenei accumulati per gravità o ruscellamento.

Il bacino idrografico principale è quello del *Fiume Secchia*, il secondario quello del *Torrente Rossenna*.

Le caratteristiche morfometriche e topografiche del versante in oggetto sono riportate nella tavola 3.



## 1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico nell'area affiorano i terreni Liguri [Argille a Palombini (APP), Argille Varicolori (AVV), Arenarie di Scabiazza (SCB)] e l' Unità di Canossa (MVT). Seguendo l'ordine stratigrafico e procedendo dall' alto verso il basso della successione incontriamo le seguenti unità geologiche:

- *Unità di Canossa* (MVT);
- *Arenarie di Scabiazza* (SCB);
- *Argille Varicolori* (AVV);
- *Argille a Palombini con Arenarie* (APP).

### UNITA' DI CANOSSA

Si tratta di un accumulo caotico ed eterogeneo di origine sedimentaria originato da colate miste sottomarine di fango e detrito. Breccie poligeniche ed eterometriche con matrice costituita da argille grigie e con clasti, da millimetrici a centimetrici, e blocchi di calcilutiti grigie ed arenarie fini e grossolane. Aquitaniano.

### ARENARIE DI SCABIAZZA

Torbiditi pelitico-arenacee in strati da sottili a medi con arenarie fini, micacee, grigie e peliti grigie o rossastre; rapporto A/P << 1.

A luoghi intercalazioni di marne scheggiose grigio chiare, in alcuni casi cartografabili. La formazione è intensamente deformata. A luoghi compaiono livelli cartografabili di breccie poligeniche con matrice argillosa e clasti quasi esclusivamente costituiti da calcilutiti biancastre e grigiochiare interpretabili come depositi di colate sedimentarie di età cretacea superiore. Contatto basale non affiorante. Parziale eteropia con AVV. Cenoman.-Camp. inf.?

### ARGILLE VARICOLORI

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



## FORMAZIONE DELLE ARGILLE A PALOMBINI

E' costituita da argille grigio scure o nerastre con strati torbiditici intensamente budinati, segmentati e ripiegati di calcari micritici grigi, microfratturati talvolta con base calcarenitica, da medi a molto spessi. Locali intercalazioni di torbiditi da sottili a medie costituite da siltiti ed arenarie brune o nerastre fini passanti a peliti nerastre. Nell'ambito della formazione, intensamente deformata e caoticizzata, sono presenti: argille ed argilliti rossastre e verdi con arenarie torbiditiche scure, torbiditi calcareo-marnose grigio chiare alternate a subordinate torbiditi arenaceo pelitiche. Titonico(?)-Cenomaniano.

### 1.3 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

Le acque superficiali sono convogliate in una serie di fossi o torrenti che immettono le loro acque verso un fosso anonimo, posto circa 500 m più a Est, che con direzione principale Nord-Sud confluisce nel *Torrente Cogorno*.

La permeabilità dei terreni affioranti è abbastanza bassa perché tutti i litotipi affioranti nell'area hanno una forte componente argillosa e/o pelitica. Il bacino idrografico principale è quello del *Fiume Secchia* il secondario quello del *Torrente Rossenna*.

Per l'entità dei lavori previsti e per la collocazione del sito di intervento, il regime delle acque superficiali e/o sotterranee non potrà essere turbato in alcun modo.

### 1.4 PROCESSI EROSIVI E GRADO DI STABILITA'

I processi erosivi, ad opera delle acque superficiali e di ruscellamento, sono abbastanza contenuti nell'area ove è previsto l'intervento sia per l'abbondante copertura vegetale, costituita da un esteso manto erboso, che per i limitati valori dell'acclività. In zone limitrofe, soprattutto verso Est e Sud/Est, la morfologia cambia notevolmente con valori molto più variabili del grado di acclività: qui sono presenti fenomeni di erosione concentrata soprattutto



presso i rivoli che solcano l'area.

Sono particolarmente interessati, a questi processi di erosione, le formazioni più argillose e i locali depositi a matrice pelitica.

Spesso i fenomeni erosivi concorrono alla riattivazione di piccoli ma anche estesi movimenti di versante.

Tuttavia questi fenomeni si manifestano con entità e in aree che non possono esercitare alcuna influenza sul tratto di versante e sul sito oggetto della presente.

Nella *Carta del Dissesto*, estratta dal *PTCP* (vedi TAV.5), non vengono segnalati fenomeni di dissesto e/o instabilità nelle vicinanze del sito in oggetto. Nella tavola vengono segnalati alcuni fenomeni di dissesto poco a Nord/Est ma anche a Est del sito, ma in aree sufficientemente distanti e che non possono avere alcuna influenza sul sito di intervento.

## 1.5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRI NOMINALI

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

Nell'area viene segnalato un litotipo (MVT) che in genere mostra parametri meccanici molto più scadenti di quelli mostrati nella presente indagine. In realtà i parametri misurati in sito sono simili a quelli di una formazione molto più competente (?).

Per la ricostruzione stratigrafica del sito e per ricavare i principali parametri meccanici è stata eseguita 1 prova penetrometrica dinamica (DPSH) ubicata 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, è stata effettuata 1 registrazione sismica, a stazione singola (TR-1), con tromografo Micromed in corrispondenza della prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH-1.



### 1.5.1 Prove Penetrometriche Dinamiche

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno in oggetto è stata eseguita 1 prova penetrometrica dinamica di tipo super pesante (DPSH). Possiamo utilizzare le relazioni esistenti in letteratura fra il numero dei colpi del penetrometro dinamico e il numero dei colpi dello Standard Penetration Test (Nspt).

Riportiamo l'elaborazione della prova penetrometrica dinamica eseguita in sito (parametri nominali e carico ammissibile).

Nella tabella 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: BENEVENTI						LOCALITA': VIA CASA MONETA					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 21/09/2015					
NOME FILE: BENEVENTI 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> ]
0.6	4.7	9.7	27.1	6907	56	65	5837	114	5.7	3476	139
2.2	8.4	16.6	30.8	11796	234	111	9968	200	26.6	5751	230
4.4	5.6	11.6	28.2	8207	353	77	6935	154	62.7	3393	136
4.8	14.5	27.4	34.6	19430	1141	183	16420	343	87.4	8212	328
5.8	9.2	18.1	31.5	12855	799	121	10863	241	100.7	4916	197
6.0	35.0	62.0	42.9	44006	4173	415	37188	749	112.1	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)	
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 \cdot (15 - N_{spt})^5 + 15$ ; $N_{spt} > 30 \cdot 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$	(Road Bridge Specification; Carter & Bentley)
Mo = 710 · Nspt [Modulo Confinato]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa <sub>1</sub> = [(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)
Qa <sub>2</sub> = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3;	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rdp = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa <sub>3</sub> = (Rdp / 15 + 30); Qa = (Rpd / 25)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



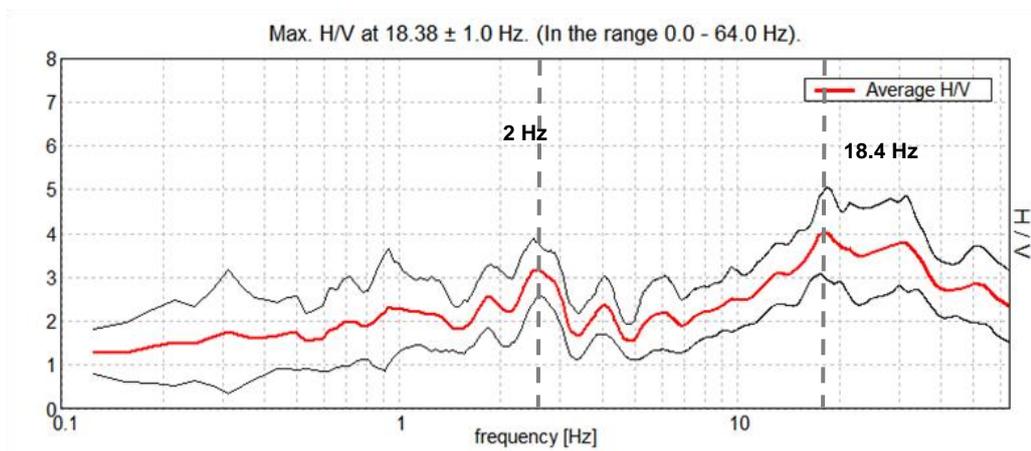
## 1.5.2 Registrazione Sismica

Le prove sismiche hanno confermato la presenza del substrato più compatto ad una profondità di circa 5/6 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 1, effettuata in prossimità della prova penetrometrica 1:



Osservando il grafico precedente si nota 2 picchi di rilievo: il primo a 2.3 Hz ed il secondo a circa 18.4 Hz.

Il primo picco da sinistra è posto ad una profondità di circa 20 metri. Il passaggio invece fra la roccia alterata/depositi superficiali e lo pseudo bedrock sismico è posto molto più in superficie ad una profondità di circa 5 m e viene indicato dal picco a 18 Hz.

Il cambio di acclività posto a circa 18.4 Hz è importante anche perché segna il passaggio fra i depositi superficiali e la roccia fratturata sottostante.

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

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

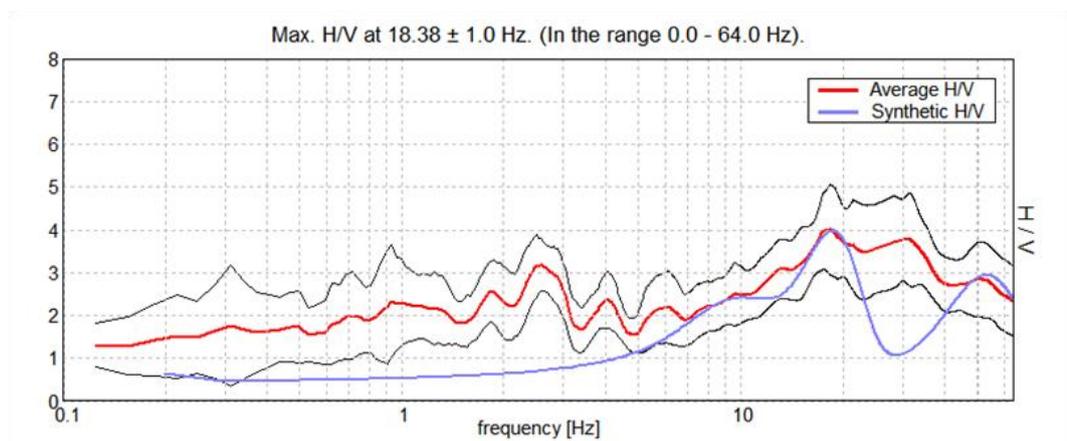


Dalla formula precedente, conoscendo la frequenza e sapendo dalla prova penetrometrica che il passaggio fra lo strato più superficiale e quello sottostante avviene ad una certa profondità  $h$ , alla quale corrisponde la frequenza  $F_r$ , si può ottenere la  $V_s$  media dello strato sovrastante.

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

Bottom of the layer [m]	Thickness [m]	$V_s$ [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	100	0.40
1.00	0.70	190	0.40
3.00	2.00	300	0.35
5.00	2.00	340	0.35
19.00	14.00	650	0.35
inf.	inf.	970	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:

- Terreno superficiale molto disomogeneo ma con caratteristiche meccaniche discrete (argille consistenti); lo spessore dello strato più superficiale è di circa 5.0 m; in ogni caso anche lo strato più superficiale mostra sempre  $N_{spt} > 10$  colpi.
- Un secondo strato, sottostante allo strato precedente, costituito da flysch alterato e fratturato ( $N_{spt} > 100$  e  $V_s \sim 550$ ) mostra uno spessore che raggiunge circa 30 m.
- L'area per l'assetto strutturale e la sua bassa acclività risulta stabile e non mostra alcun fenomeno morfogenetico in atto.

#### "STRATIGRAFIA TIPO" DEL SITO

0.0—1.0	m	Suolo e depositi di varia natura
1.0—2.5	m	Spezzoni litoidi in matrice pelitica ( $V_s \sim 200/300$ m/s)
2.5—5.5	m	Spezzoni litoidi in matrice pelitica ( $V_s \sim 340$ m/s)
>5.5	m	Roccia più integra ( $V_s > 550$ 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
	1.0		Terreno vegetale limo argilloso sabbioso con clasti
	2.5	16 [2.1]	Spezzoni litoidi in matrice pelitica ( $V_s \sim 200/300$ m/s)
	5.5	12 [3.0]	Spezzoni litoidi in matrice pelitica ( $V_s \sim 340$ m/s)
	10.0	20 [5.0]	Materiale litoido alterato ( $V_s > 550$ m/s)
	15	100 [10.0]	



## 2. RELAZIONE SISMICA (6.3)

### 2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

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

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

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

Quindi per ottenere i parametri di riferimento bisogna introdurre la latitudine e la longitudine del luogo e il tempo di ritorno.

Ad esempio, per il sito in questione, con un  $T_r = 475$  anni si ottiene una  $a_g = 0.159$  g.

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

---

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

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

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

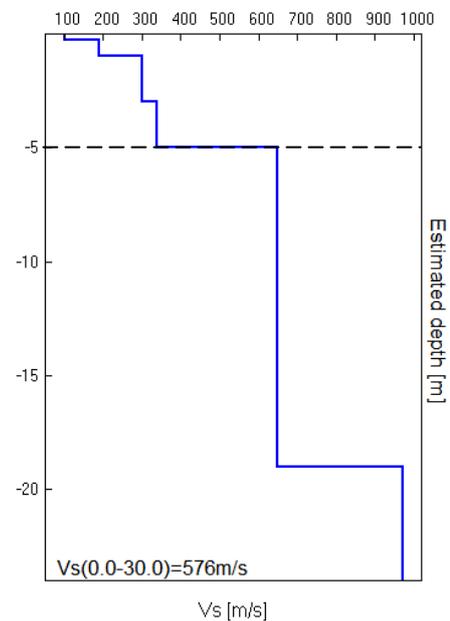
$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{s30i})$$

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 eseguita in prossimità della prova penetrometrica dinamica.

Thickness [m]	Vs [m/s]
0.30	100
0.70	190
2.00	300
2.00	340
14.00	650
inf.	970



Elaborando le varie velocità secondo la formula precedente si ottiene per una profondità  $h = 0$  m dal p.c. una  $V_{s30} = 576$  m/s.

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



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

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

Secondo l'ultima versione del DM 14/01/2008 (§ 3.2.3.2.2) tale spettro va calcolato secondo le formule sottostanti che valgono per le componenti orizzontali del moto del suolo.

### Forma dello spettro elastico di riferimento

Accelerazione. Componenti orizzontali.

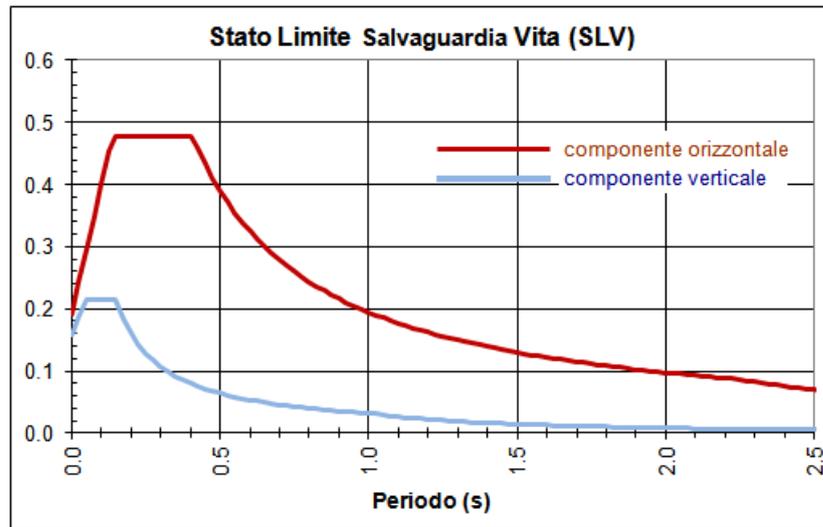
§ 3.2.3.2.2

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

$S = S_s \times S_T$	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 B**; per questo tipo di suolo, con un tempo di ritorno **Tr=475 anni**, una amplificazione topografica **St=1.0** e un coefficiente di smorzamento = 5%, si ottengono le seguenti forme spettrali:



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

- 1) La categoria del suolo di fondazione è la **B**.
- 2) L'accelerazione orizzontale di picco PGA (Peak Ground Acceleration) è di **0.49** con  $T_r=475$  anni (dove  $g$  = accelerazione di gravità =  $9.81 \text{ m/s}^2$ ).
- 3) Il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_c$  e il coefficiente  $C_c$  sono quelli relativi alla categoria di suolo di fondazione **B** descritti nella tabella 3.2.5. del DM 14/01/2008.

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

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. Si riporta nella tabella sottostante l'elaborazione eseguita in corrispondenza della prova sismica TR-1:

DATUM ED50 UTM_X = 4616225 m UTM_Y = 1460404 m				
PROFONDITA' (m)	SPESSORE (m)	Vs (m/s)	BEDROCK	
0.30	0.30	100		Vs30 576 m/s
1.00	0.70	190		
3.00	2.00	300		
5.00	2.00	340		
19.00	14.00	650	X	Vsh 260 m/s h = 5 m
30.00	11.00	970		

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

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

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



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

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

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

$V_{SH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

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

$V_{SH}$ H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

**LETTURA SISMICA TR-1**

<b>CASO APP1 (Substrato <math>V_s &lt; 800</math> m/s)</b>	
H	= 5 m
$V_{Sh}$	= 260 m/s
FA PGA	= 1.7
FA IS ( $0.1 < T_0 < 0.5$ s)	= 1.5
FA IS ( $0.5 < T_0 < 1.0$ s)	= 1.4

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

In conclusioni, per il lotto studiato, si sono ottenute le seguenti amplificazioni massime:  $PGA/PGA_0=1.7$ ;  $SI/SI_{0(0.1-0.5)}=1.5$ ;  $SI/SI_{0(0.5-1.0)}=1.4$ .



## 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 *Casa Moneta* (Pavullo), per l'inserimento dell'area in oggetto nel POC comunale.

E' stata utilizzata 1 prova penetrometrica dinamica super pesante per la ricostruzione stratigrafica e per la caratterizzazione geotecnica del terreno di fondazione.

Quindi i parametri nominali, ottenuti dalla prova penetrometrica, sono stati elaborati per ricavare i valori caratteristici.

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

#### 3.1.2 Parametri Caratteristici

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

In ogni caso, l'elaborazione di tutte le prove è disponibile 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 (Cu,  $\phi$ ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-01  
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: BENEVENTI				LOCALITA': VIA CASA MONETA							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 21/09/2015							
NOME FILE: BENEVENTI 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> ]
0.6	4.7	9.7	3	27.1	0.7	25.8	21.1	65	7.4	51	37
2.2	8.4	16.6	8	30.8	0.6	30.3	25.1	111	9.0	105	75
4.4	5.6	11.6	11	28.2	0.7	27.7	22.8	77	8.5	73	52
4.8	14.5	27.4	2	34.6	4.6	32.5	27.0	183	91.1	137	98
5.8	9.2	18.1	5	31.5	0.9	30.3	25.1	121	13.3	101	72
6.0	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<sub>um</sub> = Dato medio della coesione non drenata

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

C<sub>ud</sub> = Valore di progetto della coesione non drenata (M2) [ $\gamma_{cu} = 1.4$ ]

Prendendo ad esempio la verticale in corrispondenza della prova penetrometrica sopra elaborata, nei calcoli geotecnici, quando si tratta di grandi superfici (platee, travi rovesce) si potranno utilizzare i seguenti parametri geotecnici caratteristici del terreno:

#### STRATO 1 (Depositi limosi ed argillosi 0.6<h<2.2m)

$$\phi'_k \sim 30^\circ$$

$$C'_k \sim 15 \text{ kPa (stimato)}$$

$$C_{uk} \sim 100 \text{ kPa}$$

#### STRATO 2 (Depositi limosi ed argillosi 2.2<h<4.4m)

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

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

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

Seguono i calcoli dei parametri caratteristici elaborati per picco-



le superficie 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 ( $C_u$ ,  $\phi$ ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-01  
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: BENEVENTI				LOCALITA': VIA CASA MONETA							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 21/09/2015							
NOME FILE: BENEVENTI 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> ]
0.6	4.7	9.7	3	27.1	0.7	23.9	23.9	65	7.4	42	42
2.2	8.4	16.6	8	30.8	0.6	29.8	29.8	111	9.0	97	97
4.4	5.6	11.6	11	28.2	0.7	27.0	27.0	77	8.5	64	64
4.8	14.5	27.4	2	34.6	4.6	30.6	30.6	183	91.1	119	119
5.8	9.2	18.1	5	31.5	0.9	27.8	27.8	121	13.3	78	78
6.0	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) [ $\gamma_{cu} = 1.0$ ]

I dati riportati nella tabella precedente sono relativi alla verticale DPSH-1, per i grafici ed altre elaborazioni 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
Profondità letto dello Strato	[m]	0.6	2.2	4.4	4.8	5.8	6
Spessore dello Strato	[m]	0.6	1.6	2.2	0.4	1	0.2
Nspt (Standard Penetration Test)	-	10	17	12	27	18	62
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>-3</sup> ]	18	19	19	20	19	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	75	87	62	88	68	100
Coesione non drenata (con $\phi^l=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>-2</sup> ]	50	105	75	135	100	270
Angolo di attrito interno (con $C^l=0$ )	$\phi^l_k$ [°]	26	30	28	33	30	39
Grado di Consolidamento	OCR	2.0	0.7	0.6	>4	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>-2</sup> ]	5800	10000	6900	16400	10900	37200
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	7700	12400	9600	59800	51700	108500
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>-3</sup> ]	6700 13600	23900 28100	18400 42300	41200 136900	29000 95900	89900 500800

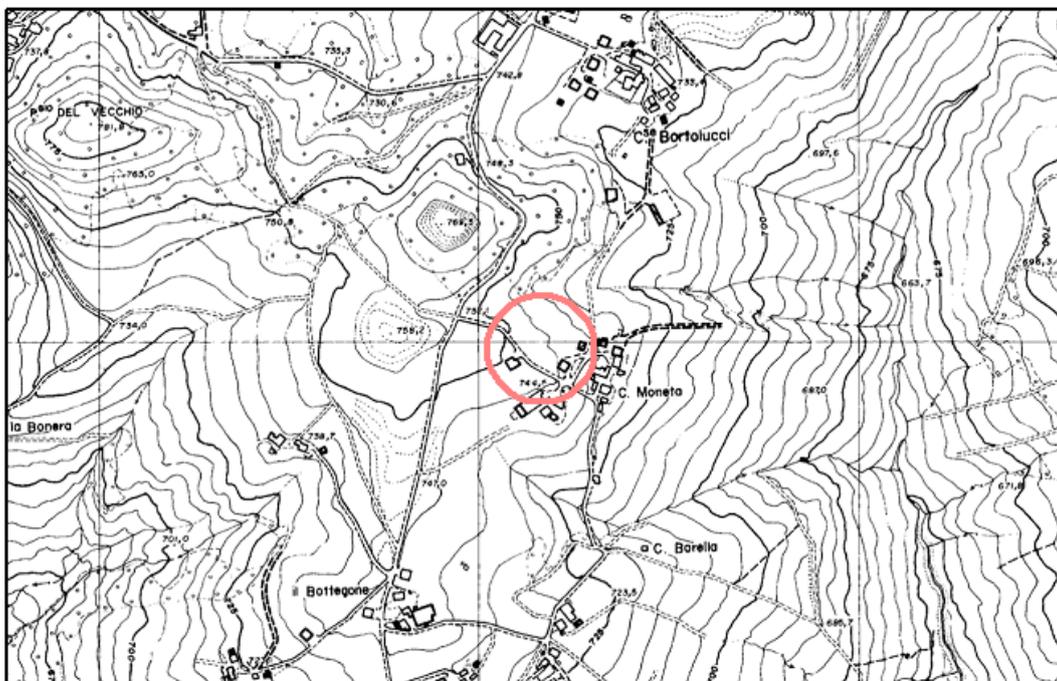
DPSH-01 (valori caratteristici per pali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI					
		1	2	3	4	5	6
Profondità letto dello Strato	[m]	0.6	2.2	4.4	4.8	5.8	6
Spessore dello Strato	[m]	0.6	1.6	2.2	0.4	1	0.2
Nspt (Standard Penetration Test)	-	10	17	12	27	18	62
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>-3</sup> ]	18	19	19	20	19	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	75	87	62	88	68	100
Coesione non drenata (con $\phi^l=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>-2</sup> ]	40	95	65	120	80	270
Angolo di attrito interno (con $C^l=0$ )	$\phi^l_k$ [°]	24	30	27	31	28	38
Grado di Consolidamento	OCR	2.0	0.7	0.6	>4	>4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>-2</sup> ]	5800	10000	6900	16400	10900	37200
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	7700	12400	9600	59800	51700	108500
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>-3</sup> ]	6700 13600	23900 28100	18400 42300	41200 136900	29000 95900	89900 500800



## 4. CONCLUSIONI

C.T.R. sc. 1:10.000 N° 236020 sc. 1:5000 N° 236022



INQUADRAMENTO DELL' AREA	Descrizione
Geologia	MVT Breccie Argillose della val Tiepido-Canossa. Breccie poligeniche ed eterometriche con matrice costituita da argille grigie e con clasti, da millimetrici a centimetrici, e blocchi di calcilutiti grigie ed arenarie fini e grossolane.
Morfologia	Quota compresa fra i 700 - 715 m s.l.m. Esposizione Est Acclività 6 - 8 %
Idrogeologia - Idrologia	Bassa permeabilità dei terreni per elevata componente argillosa. Buon deflusso delle acque superficiali
<b>Classificazione PTCP</b>	
Carta del Dissesto PTCP	Area classificata stabile
Carta del Rischio Sismico PTCP	Area classificata pot. soggetta ad amplif. per caratt. Litologiche.
<b>Classificazione PSC</b>	
Carta microz. sismica I Livello (PSC)	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locale
Carta microz sismica II Livello Pga/Pga0	Non Classificato
Carta microz sismica II Livello SI/SIO	Non Classificato
Carta microz sismica II Livello SI(0.5-1.0) / Slo)	Non Classificato



<b>CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO</b>																																																																																																							
Stratigrafia	0.0—1.0 m Suolo e depositi di varia natura 1.0—2.5 m Spezzoni litoidi in matrice pelitica (Vs~200/300 m/s) 2.5—5.5 m Spezzoni litoidi in matrice pelitica (Vs~340 m/s) >5.5 m Roccia più integra (Vs>550 m/s)																																																																																																						
Vs (0-30)	576 m/s																																																																																																						
Classe del suolo (DM 2008)	Categoria suolo B																																																																																																						
Amplificazioni sismiche (DAL R.E.R. 112/2007)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>CASO APP1 (Substrato Vs &lt; 800 m/s)</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H</td> <td>= 5 m</td> </tr> <tr> <td>Vsh</td> <td>= 260 m/s</td> </tr> <tr> <td>FA PGA</td> <td>= 1.7</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.1 &lt; To &lt; 0.5 s)</td> <td>= 1.5</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.5 &lt; To &lt; 1.0 s)</td> <td>= 1.4</td> </tr> </tbody> </table>	<b>CASO APP1 (Substrato Vs &lt; 800 m/s)</b>		H	= 5 m	Vsh	= 260 m/s	FA PGA	= 1.7	FA IS (0.1 < To < 0.5 s)	= 1.5	FA IS (0.5 < To < 1.0 s)	= 1.4																																																																																										
<b>CASO APP1 (Substrato Vs &lt; 800 m/s)</b>																																																																																																							
H	= 5 m																																																																																																						
Vsh	= 260 m/s																																																																																																						
FA PGA	= 1.7																																																																																																						
FA IS (0.1 < To < 0.5 s)	= 1.5																																																																																																						
FA IS (0.5 < To < 1.0 s)	= 1.4																																																																																																						
Geotecnica - Parametri caratteristici	<p>DPSH-01 (valori caratteristici per fondazioni superficiali)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PARAMETRO GEOTECNICO</th> <th rowspan="2">UNITA'</th> <th colspan="6">STRATI</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profondità letto dello Strato</td> <td>[m]</td> <td>0.6</td> <td>2.2</td> <td>4.4</td> <td>4.8</td> <td>5.8</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Spessore dello Strato</td> <td>[m]</td> <td>0.6</td> <td>1.6</td> <td>2.2</td> <td>0.4</td> <td>1</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>N<sub>spt</sub> (Standard Penetration Test)</td> <td>-</td> <td>10</td> <td>17</td> <td>12</td> <td>27</td> <td>18</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>Peso Specifico del Terreno</td> <td><math>\gamma</math> [kN/m<sup>3</sup>]</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Densità Relativa</td> <td>D<sub>r</sub> [%]</td> <td>75</td> <td>87</td> <td>62</td> <td>88</td> <td>68</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Coesione non drenata (con <math>\phi=0</math>)</td> <td>C<sub>u</sub> [kN/m<sup>2</sup>]</td> <td>50</td> <td>105</td> <td>75</td> <td>135</td> <td>100</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td>Angolo di attrito interno (con C=0)</td> <td><math>\phi</math> [%]</td> <td>26</td> <td>30</td> <td>28</td> <td>33</td> <td>30</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>Grado di Consolidamento</td> <td>OCR</td> <td>2.0</td> <td>0.7</td> <td>0.6</td> <td>&gt;4</td> <td>&gt;4</td> <td>&gt;4</td> </tr> <tr> <td>Modulo Edometrico</td> <td>E<sub>d</sub> [kN/m<sup>2</sup>]</td> <td>5800</td> <td>10000</td> <td>6900</td> <td>16400</td> <td>10900</td> <td>37200</td> </tr> <tr> <td>Modulo Elastico (Young)</td> <td>E<sub>s</sub> [kN/m<sup>2</sup>]</td> <td>7700</td> <td>12400</td> <td>9600</td> <td>59800</td> <td>51700</td> <td>108500</td> </tr> <tr> <td>Modulo di Reazione (Winkler)</td> <td>K<sub>s</sub> [kN/m<sup>3</sup>]</td> <td>6700 13600</td> <td>23900 28100</td> <td>18400 42800</td> <td>41200 136900</td> <td>29000 85900</td> <td>89900 508000</td> </tr> </tbody> </table>	PARAMETRO GEOTECNICO	UNITA'	STRATI						1	2	3	4	5	6	Profondità letto dello Strato	[m]	0.6	2.2	4.4	4.8	5.8	6	Spessore dello Strato	[m]	0.6	1.6	2.2	0.4	1	0.2	N <sub>spt</sub> (Standard Penetration Test)	-	10	17	12	27	18	62	Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18	19	19	20	19	21	Densità Relativa	D <sub>r</sub> [%]	75	87	62	88	68	100	Coesione non drenata (con $\phi=0$ )	C <sub>u</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	50	105	75	135	100	270	Angolo di attrito interno (con C=0)	$\phi$ [%]	26	30	28	33	30	39	Grado di Consolidamento	OCR	2.0	0.7	0.6	>4	>4	>4	Modulo Edometrico	E <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	5800	10000	6900	16400	10900	37200	Modulo Elastico (Young)	E <sub>s</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	7700	12400	9600	59800	51700	108500	Modulo di Reazione (Winkler)	K <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	6700 13600	23900 28100	18400 42800	41200 136900	29000 85900	89900 508000
PARAMETRO GEOTECNICO	UNITA'			STRATI																																																																																																			
		1	2	3	4	5	6																																																																																																
Profondità letto dello Strato	[m]	0.6	2.2	4.4	4.8	5.8	6																																																																																																
Spessore dello Strato	[m]	0.6	1.6	2.2	0.4	1	0.2																																																																																																
N <sub>spt</sub> (Standard Penetration Test)	-	10	17	12	27	18	62																																																																																																
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	18	19	19	20	19	21																																																																																																
Densità Relativa	D <sub>r</sub> [%]	75	87	62	88	68	100																																																																																																
Coesione non drenata (con $\phi=0$ )	C <sub>u</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	50	105	75	135	100	270																																																																																																
Angolo di attrito interno (con C=0)	$\phi$ [%]	26	30	28	33	30	39																																																																																																
Grado di Consolidamento	OCR	2.0	0.7	0.6	>4	>4	>4																																																																																																
Modulo Edometrico	E <sub>d</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	5800	10000	6900	16400	10900	37200																																																																																																
Modulo Elastico (Young)	E <sub>s</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	7700	12400	9600	59800	51700	108500																																																																																																
Modulo di Reazione (Winkler)	K <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	6700 13600	23900 28100	18400 42800	41200 136900	29000 85900	89900 508000																																																																																																
Tipologia Fondazioni	Fondazioni nastriforme a trave rovescia.																																																																																																						
Prescrizioni ed approfondimenti successivi	<p><b>Area idonea all' edificazione.</b></p> <p>In fase esecutiva, indagine mirata per la realizzazione di ogni singolo fabbricato. La caratteristica del terreno di fondazione richiede corretta regimazione delle acque superficiali e la raccolta canalizzazione delle acque intercettate durante gli scavi.</p>																																																																																																						

Pavullo, Settembre 2015

IL GEOLOGO



# ALLEGATO A

## Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH

### UBICAZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA



Prova Penetrometrica Dinamica Super Pesante HVSR



TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-01

COMMITTENTE: BENEVENTI						LOCALITA': VIA CASA MONETA						
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 21/09/2015						
NOME FILE: BENEVENTI DPSH-01						PENETROMETRO DPSH			FALDA NO			
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Asta	Rpd [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>3</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
			$\phi$ [°]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]				
0.20	5	10.4	27.5	7359	41	69	6219	120	1.9	1	3724	149
0.40	4	8.5	26.3	6003	50	57	5073	99	5.7	1	2979	119
0.60	5	10.4	27.5	7359	76	69	6219	122	9.5	1	3724	149
0.80	10	19.6	32.1	13882	175	131	11731	229	13.3	1	7449	298
1.00	8	15.9	30.5	11314	164	107	9561	189	17.1	2	5524	221
1.20	8	15.9	30.5	11314	189	107	9561	190	20.9	2	5524	221
1.40	8	15.9	30.5	11314	213	107	9561	191	24.7	2	5524	221
1.60	8	15.9	30.5	11314	238	107	9561	192	28.5	2	5524	221
1.80	8	15.9	30.5	11314	262	107	9561	194	32.3	2	5524	221
2.00	9	17.8	31.3	12603	320	119	10651	216	36.1	3	5791	232
2.20	8	15.9	30.5	11314	311	107	9561	196	39.9	3	5148	206
2.40	6	12.2	28.6	8694	267	82	7347	155	43.7	3	3861	154
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	5	10.4	27.5	7359	287	69	6219	137	55.1	4	3012	120
3.20	5	10.4	27.5	7359	305	69	6219	139	58.9	4	3012	120
3.40	6	12.2	28.6	8694	366	82	7347	161	62.7	4	3615	145
3.60	6	12.2	28.6	8694	386	82	7347	163	66.5	4	3615	145
3.80	5	10.4	27.5	7359	358	69	6219	142	70.3	4	3012	120
4.00	6	12.2	28.6	8694	425	82	7347	165	74.1	5	3398	136
4.20	7	14.1	29.5	10011	500	94	8460	188	77.9	5	3964	159
4.40	6	12.2	28.6	8694	465	82	7347	168	81.7	5	3398	136
4.60	9	17.8	31.3	12603	672	119	10651	232	85.5	5	5097	204
4.80	20	37.0	37.8	26257	1610	248	22189	454	89.3	5	11327	453
5.00	10	19.6	32.1	13882	801	131	11731	255	93.1	6	5343	214
5.20	8	15.9	30.5	11314	680	107	9561	215	96.9	6	4274	171
5.40	8	15.9	30.5	11314	704	107	9561	216	100.7	6	4274	171
5.60	10	19.6	32.1	13882	890	131	11731	259	104.5	6	5343	214
5.80	10	19.6	32.1	13882	920	131	11731	261	108.3	6	5343	214
6.00	35	62.0	42.9	44006	4173	415	37188	749	112.1	7	17700	708

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



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

COMMITTENTE: BENEVENTI						LOCALITA': VIA CASA MONETA					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 21/09/2015					
NOME FILE: BENEVENTI 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> ]
0.6	4.7	9.7	27.1	6907	56	65	5837	114	5.7	3476	139
2.2	8.4	16.6	30.8	11796	234	111	9968	200	26.6	5751	230
4.4	5.6	11.6	28.2	8207	353	77	6935	154	62.7	3393	136
4.8	14.5	27.4	34.6	19430	1141	183	16420	343	87.4	8212	328
5.8	9.2	18.1	31.5	12855	799	121	10863	241	100.7	4916	197
6.0	35.0	62.0	42.9	44006	4173	415	37188	749	112.1	17700	708

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 = $[(h \cdot \gamma' \cdot N_q) + (\frac{1}{2} \cdot b \cdot \gamma \cdot N_{\gamma})] / 3$	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 = $[(h \cdot \gamma') + (C_u \cdot N_c)] / 3$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rpd = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = (Rpd / 15±30); Qa=(Rpd / 25)	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

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

COMMITTENTE: BENEVENTI						LOCALITA': VIA CASA MONETA					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 21/09/2015					
NOME FILE: BENEVENTI 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]	$\gamma$ [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> ]			
0.6	4.7	9.7	0.3	18.4	5.7	75.3	6688	7651	2.0	13629	5837
2.2	8.4	16.6	1.4	19.2	26.6	87.1	28089	12380	0.7	23950	9968
4.4	5.6	11.6	3.3	18.6	62.7	62.0	42328	9630	0.6	18431	6935
4.8	14.5	27.4	4.6	19.9	87.4	87.6	136921	59803	>4	41194	16420
5.8	9.2	18.1	5.3	19.3	100.7	68.4	95894	51714	>4	28968	10863
6.0	35.0	62.0	5.9	21.2	112.1	100.0	500761	108466	>4	89863	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]
$\gamma$ = 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 / (σv · Kk)) <sup>1.25</sup>	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
Ed = 600 · Nspt (bassa plasticità)	[Modulo Edometrico] [kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)



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

COMMITTENTE: BENEVENTI				LOCALITA': VIA CASA MONETA							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 21/09/2015							
NOME FILE BENEVENTI DPSH-01				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare ( $\phi$ )				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	$\phi_m$ [°]	dev stand	$\phi_k$ [°]	$\phi_d$ [°]	$C_{um}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	$C_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_{ud}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0.6	4.7	9.7	3	27.1	0.7	<b>25.8</b>	<b>21.1</b>	65	7.4	<b>51</b>	<b>37</b>
2.2	8.4	16.6	8	30.8	0.6	<b>30.3</b>	<b>25.1</b>	111	9.0	<b>105</b>	<b>75</b>
4.4	5.6	11.6	11	28.2	0.7	<b>27.7</b>	<b>22.8</b>	77	8.5	<b>73</b>	<b>52</b>
4.8	14.5	27.4	2	34.6	4.6	<b>32.5</b>	<b>27.0</b>	183	91.1	<b>137</b>	<b>98</b>
5.8	9.2	18.1	5	31.5	0.9	<b>30.3</b>	<b>25.1</b>	121	13.3	<b>101</b>	<b>72</b>
6.0	35.0	62.0	1	42.9		<b>39.4</b>	<b>33.3</b>	415		<b>269</b>	<b>192</b>

**Num** = Numero dei dati presi in considerazione per strato

$\phi_m$  = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

$\phi_k$  = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

$\phi_d$  = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (M2) [ $\gamma_\phi = 1.25$ ]

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

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

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

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

COMMITTENTE: BENEVENTI				LOCALITA': VIA CASA MONETA							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 21/09/2015							
NOME FILE BENEVENTI DPSH-01				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare ( $\phi$ )				Natura Coesiva (Cu)			
[m]	[media]	[media]	Num	$\phi_m$ [°]	dev stand	$\phi_k$ [°]	$\phi_d$ [°]	$C_{um}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	dev stand	$C_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$C_{ud}$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0.6	4.7	9.7	3	27.1	0.7	<b>23.9</b>	<b>23.9</b>	65	7.4	<b>42</b>	<b>42</b>
2.2	8.4	16.6	8	30.8	0.6	<b>29.8</b>	<b>29.8</b>	111	9.0	<b>97</b>	<b>97</b>
4.4	5.6	11.6	11	28.2	0.7	<b>27.0</b>	<b>27.0</b>	77	8.5	<b>64</b>	<b>64</b>
4.8	14.5	27.4	2	34.6	4.6	<b>30.6</b>	<b>30.6</b>	183	91.1	<b>119</b>	<b>119</b>
5.8	9.2	18.1	5	31.5	0.9	<b>27.8</b>	<b>27.8</b>	121	13.3	<b>78</b>	<b>78</b>
6.0	35.0	62.0	1	42.9		<b>38.0</b>	<b>38.0</b>	415		<b>269</b>	<b>269</b>

**Num** = Numero dei dati presi in considerazione per strato

$\phi_m$  = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

$\phi_k$  = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media)

$\phi_d$  = Valore di progetto dell'angolo di attrito interno del terreno (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)

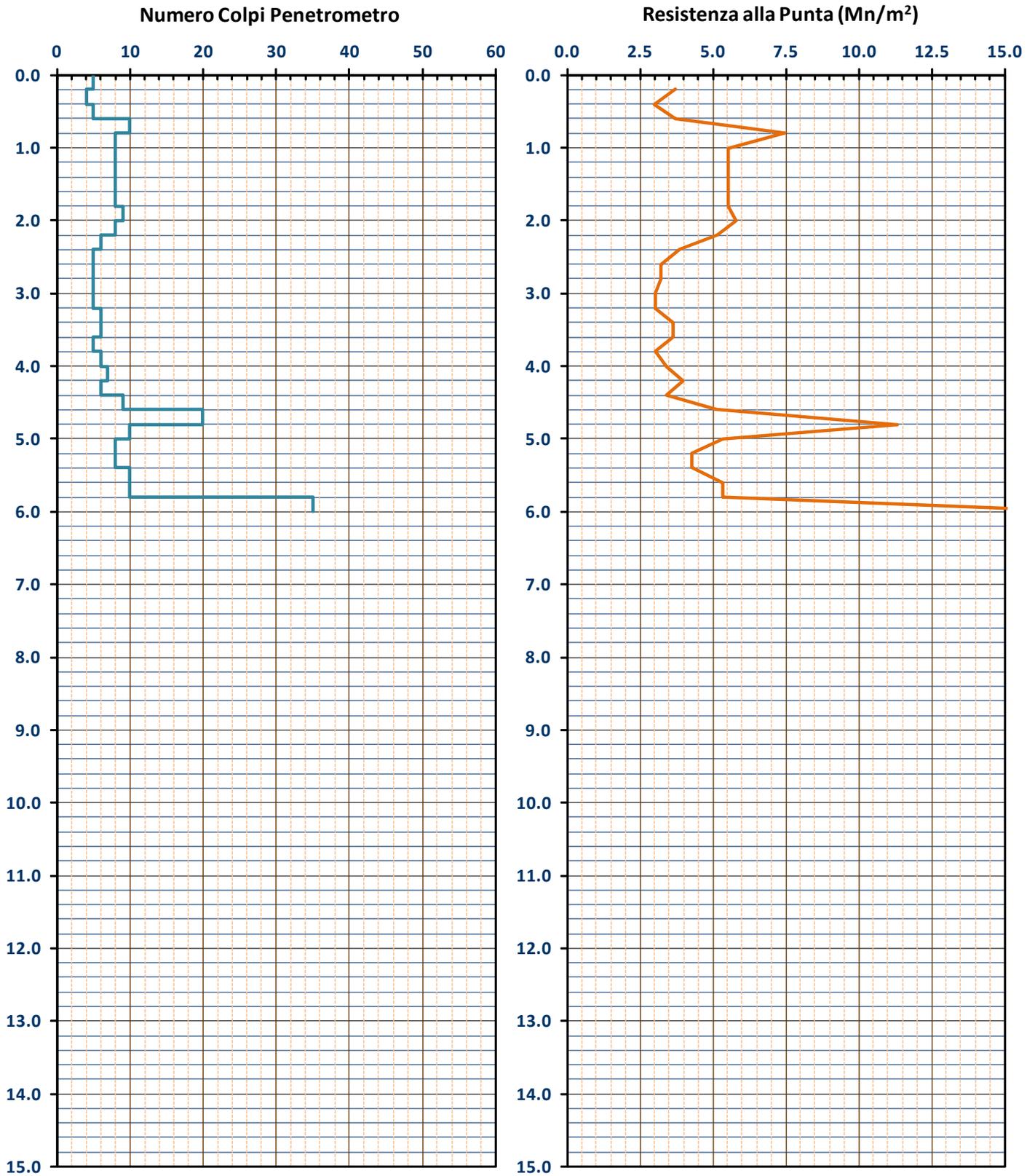
$C_{ud}$  = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [ $\gamma_{cu} = 1.0$ ]



**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-01**

COMMITTENTE: BENEVENTI	LOCALITA' : VIA CASA MONETA
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 21/09/2015
NOME FILE: BENEVENTI DPSH-01	PENETROMETRO DPSH

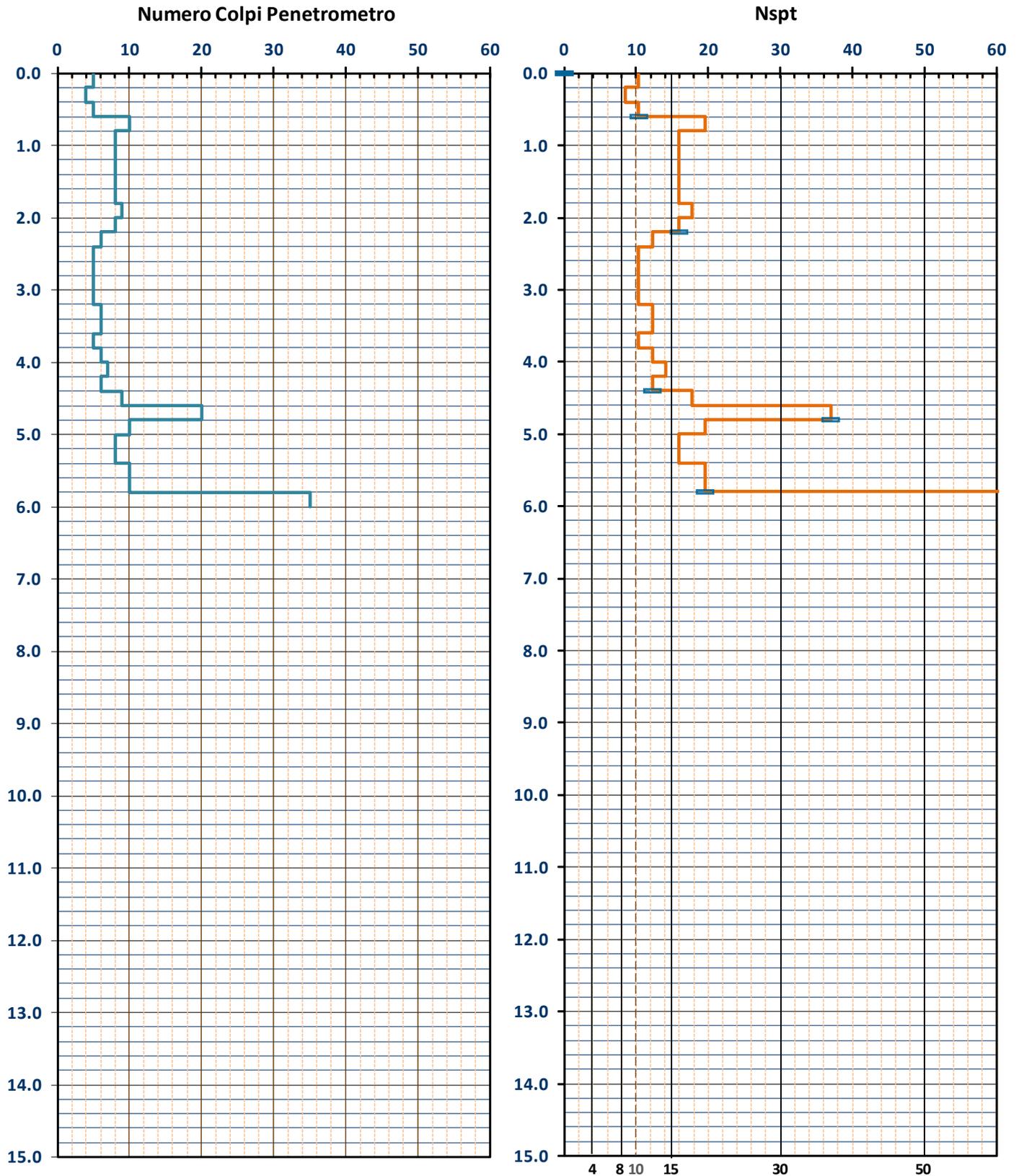




**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-01**

COMMITTENTE: BENEVENTI	LOCALITA' : VIA CASA MONETA
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 21/09/2015
NOME FILE: BENEVENTI DPSH-01	PENETROMETRO DPSH



# ALLEGATO B

## Registrazioni Sismiche - Parametri Sismici



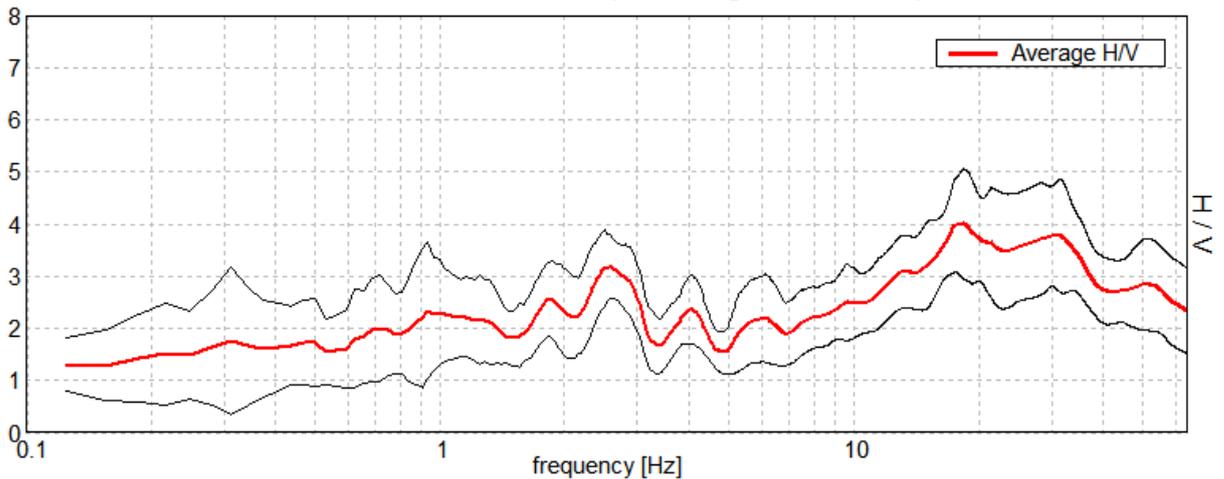


15\_069

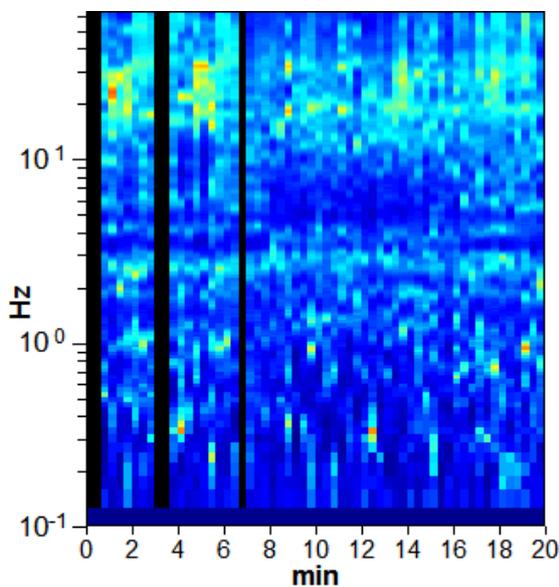
TR\_01

Instrument: TRS-0016/01-06  
 Start recording: 21/09/15 11:50:00 End recording: 21/09/15 12:10:00  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS location: 010°49.2180 E, 44°21.8742 N (784.1 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 92% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

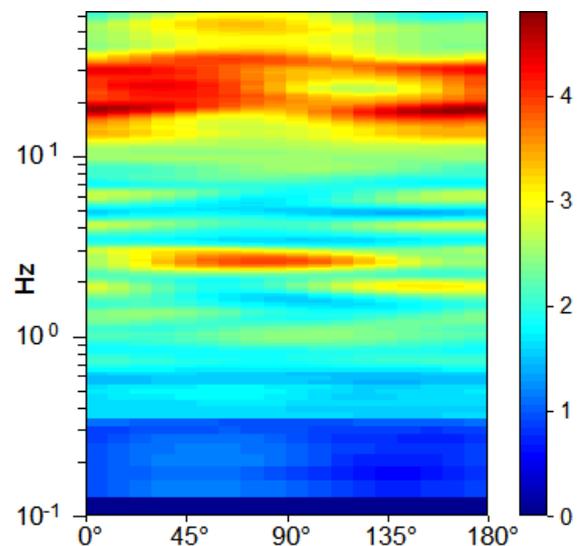
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO  
 Max. H/V at 18.38 ± 1.0 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

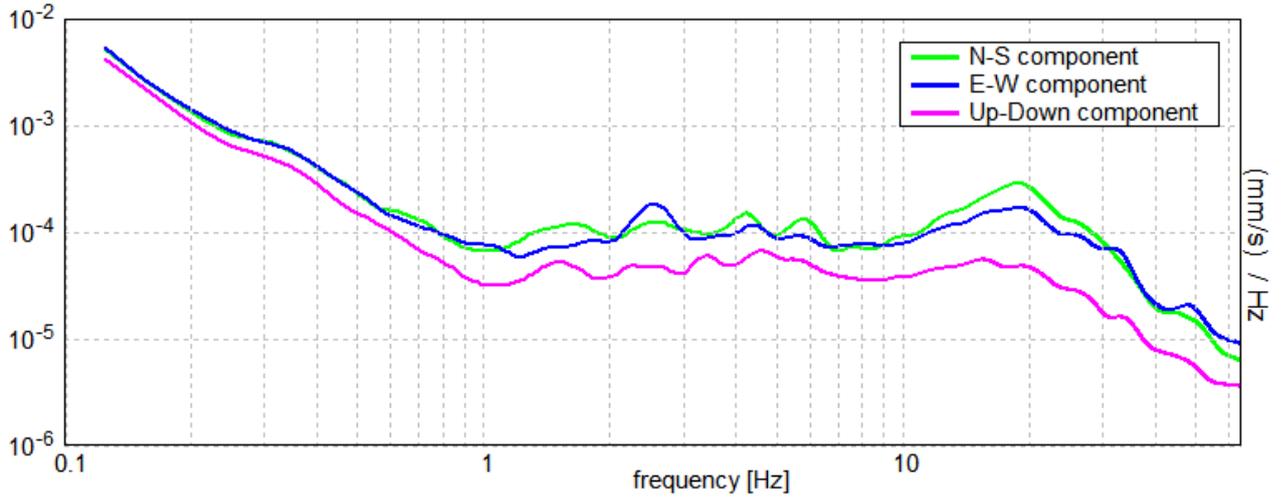


DIRECTIONAL H/V



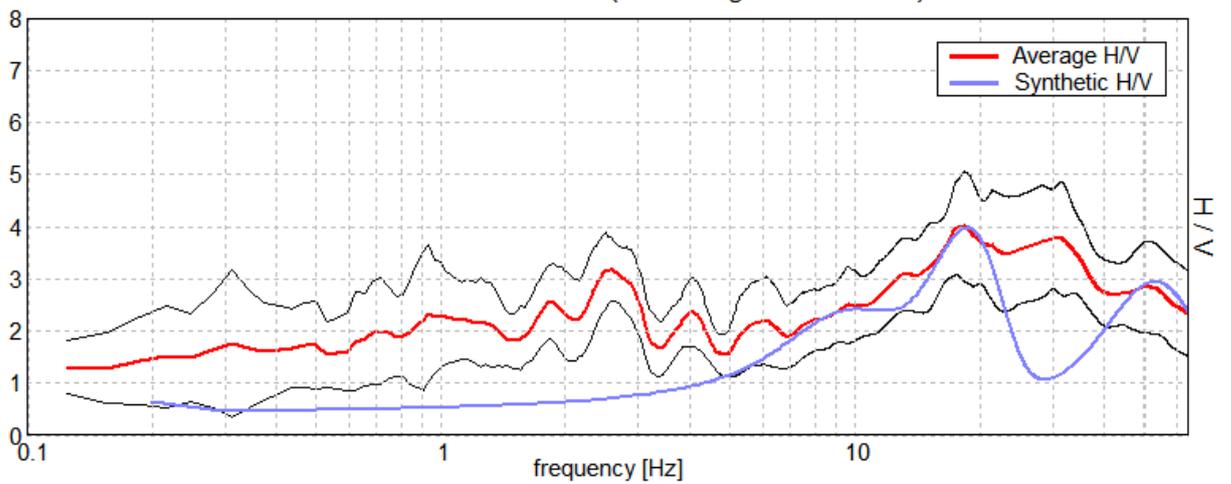


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

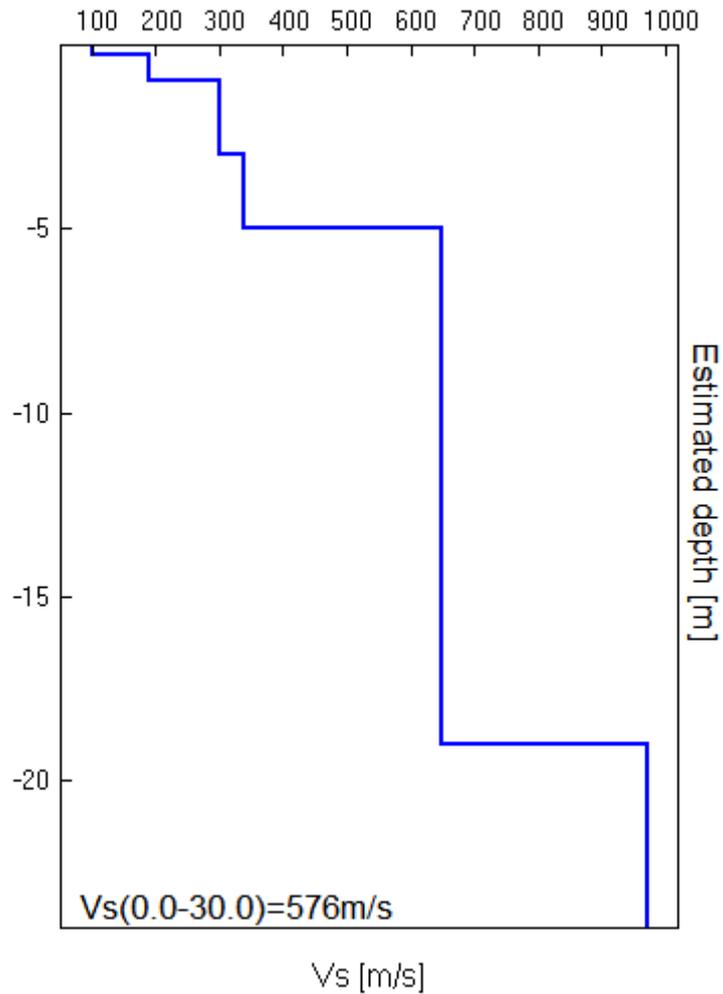
Max. H/V at  $18.38 \pm 1.0$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





Bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.30	0.30	100	0.40
1.00	0.70	190	0.40
3.00	2.00	300	0.35
5.00	2.00	340	0.35
19.00	14.00	650	0.35
inf.	inf.	970	0.35

**Vs(0.0-30.0)=576m/s**





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

**Max. H/V at 18.38 ± 1.0 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

$f_0 > 10 / L_w$	18.38 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	20212.5 > 200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 883 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	7.219 Hz	<b>OK</b>	
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>		<b>NO</b>	
$A_0 > 2$	4.00 > 2	<b>OK</b>	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02697  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.4955 < 0.91875	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5191 < 1.58	<b>OK</b>	

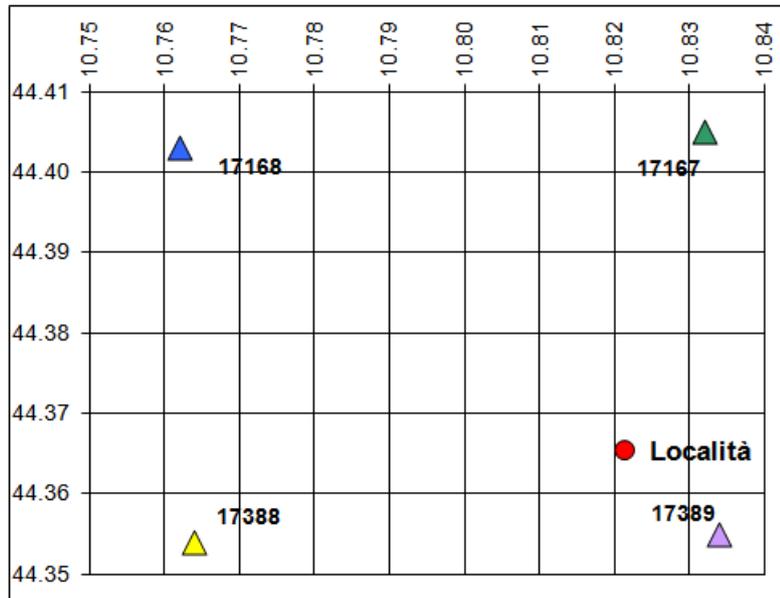
$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$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

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



Coordinate geografiche della località in esame				
	LON	LAT	Tolleranza	
	[°]	[°]	[°]	[km]
Località	10.8213	44.3655	0.0001	0.014

Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo				
ID	LON	LAT	DIST [°]	[km]
17389	10.834	44.355	0.014	1.546
17388	10.764	44.354	0.043	4.737
17167	10.832	44.405	0.040	4.476
17166	10.762	44.403	0.057	6.297



#### CARATTERISTICHE TERRENO

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

#### VITA DELLA STRUTTURA

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

#### PARAMETRI SISMICI

	SL	P <sub>VR</sub>	T <sub>R</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub> *	S	T <sub>b</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>	F <sub>V</sub>
SLE	Operatività	81%	30	<b>0.056</b>	<b>2.50</b>	<b>0.25</b>	1.200	0.121	0.363	1.822	0.795
SLE	Danno	63%	50	<b>0.069</b>	<b>2.50</b>	<b>0.26</b>	1.200	0.125	0.374	1.875	0.885
SLU	Salv. Vita	10%	475	<b>0.159</b>	<b>2.51</b>	<b>0.29</b>	1.200	0.136	0.409	2.234	1.348
SLU	Collasso	5%	975	<b>0.199</b>	<b>2.52</b>	<b>0.30</b>	1.199	0.140	0.420	2.397	1.516



## SPETTRI ELASTICI SLU

Tr = 475 anni (SLV)

Tr = 975 anni (SLC)

