



**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)

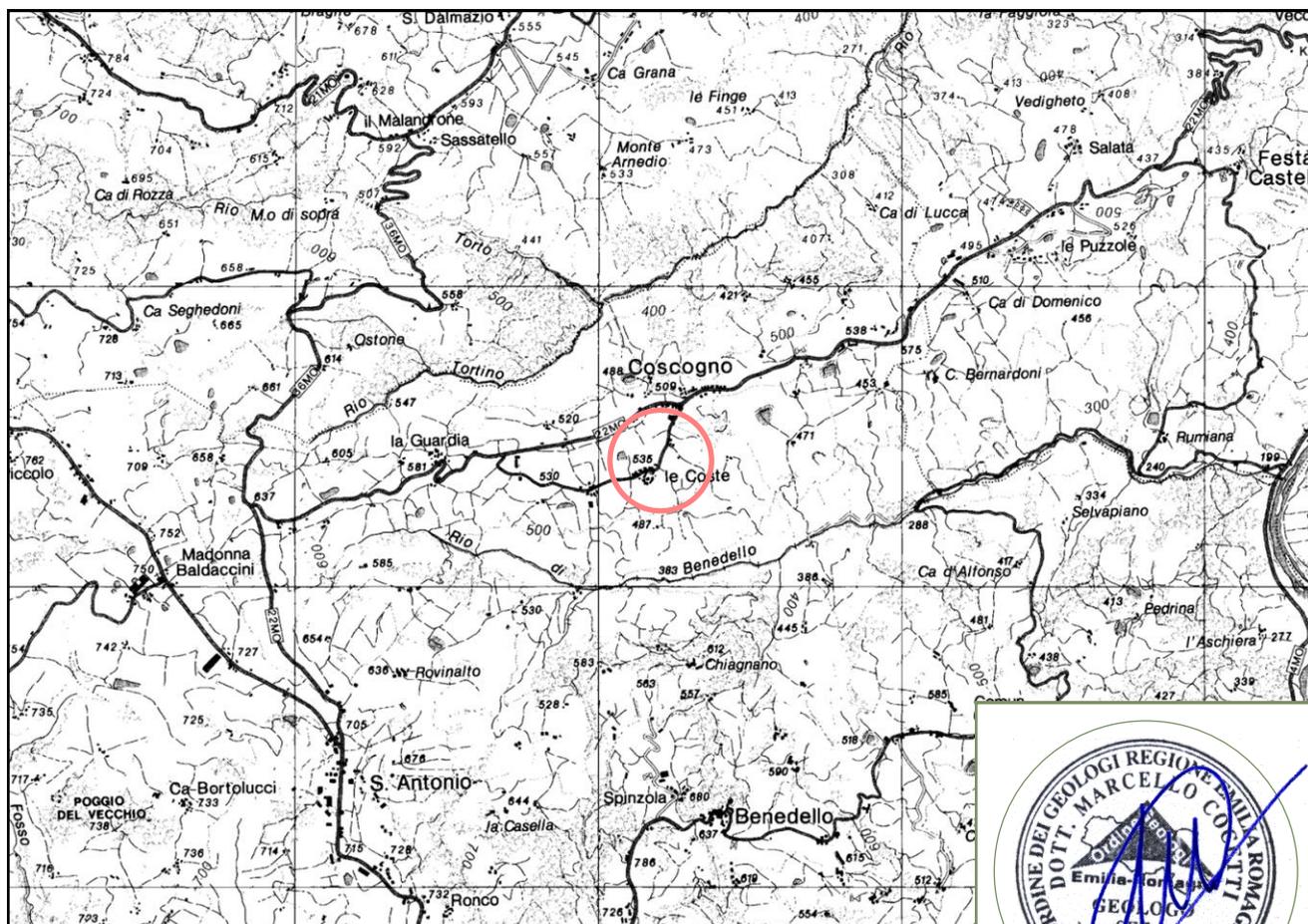
**OGGETTO** : **MANIFESTAZIONE DI INTERESSE - PROPOSTA RIGUARDO AD INTERVENTI DA PROGRAMMARE NEL PIANO OPERATIVO COMUNALE (POC) DEL COMUNE DI PAVULLO**

**LOCALITÀ** : **LE COSTE - COSCOGNO**

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

**COMMITTENTE** : **VENTURELLI LUIGI**

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



UBICAZIONE DELL'INTERVENTO      SCALA 1:50'000

1 Km

TAV. F236

COORDINATE UTM

Est: 648410

Nord: 916785





## 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 236030

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:5000.  
ELEMENTO 236034

ESTRATTO CATASTALE Scala 1:2000. COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO.  
FOGLIO 8; MAPPALE 70.

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 236030

CARTA GEOLOGICA PROGETTO CARG a Scala 1:10000.  
SEZIONE 236030

CARTA DEL DISSESTO (PTCP).  
SEZIONE 236030

## **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

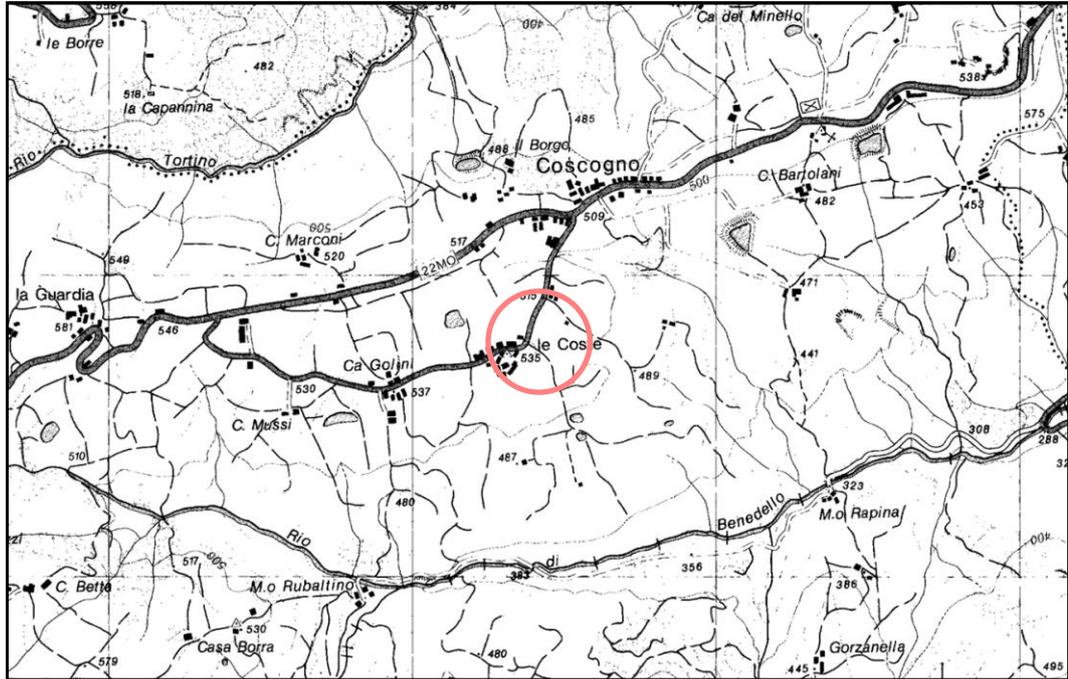


## CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:25'000

TAVOLA 236ne

TAV. 1

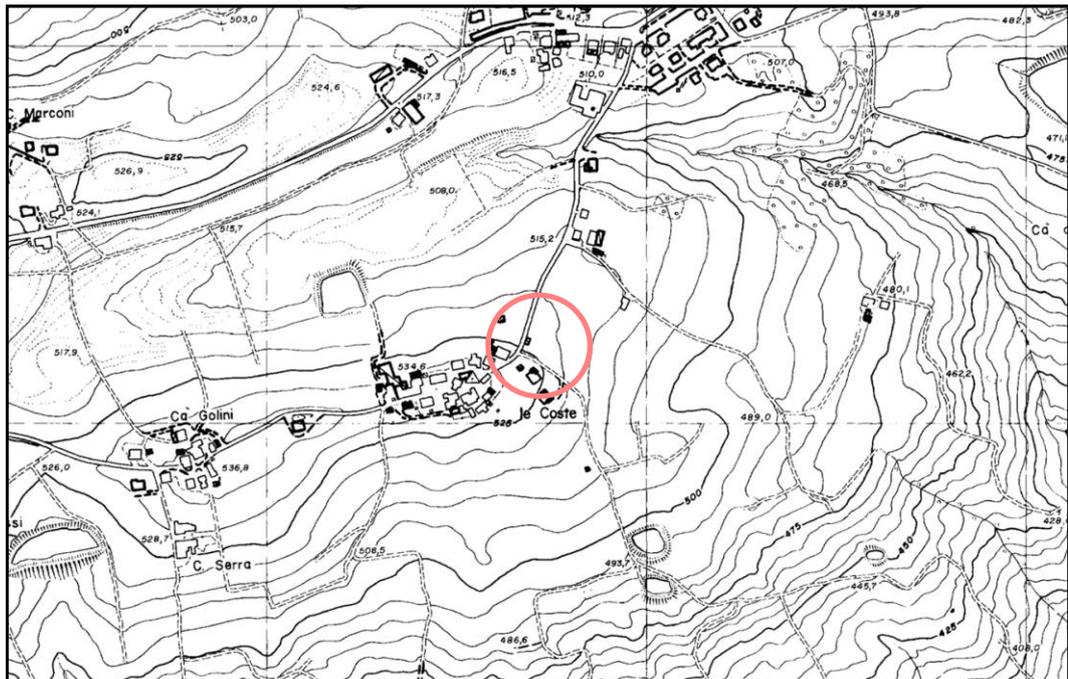


## CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:10'000

SEZIONE 236030

TAV. 2



 UBICAZIONE DEL SITO

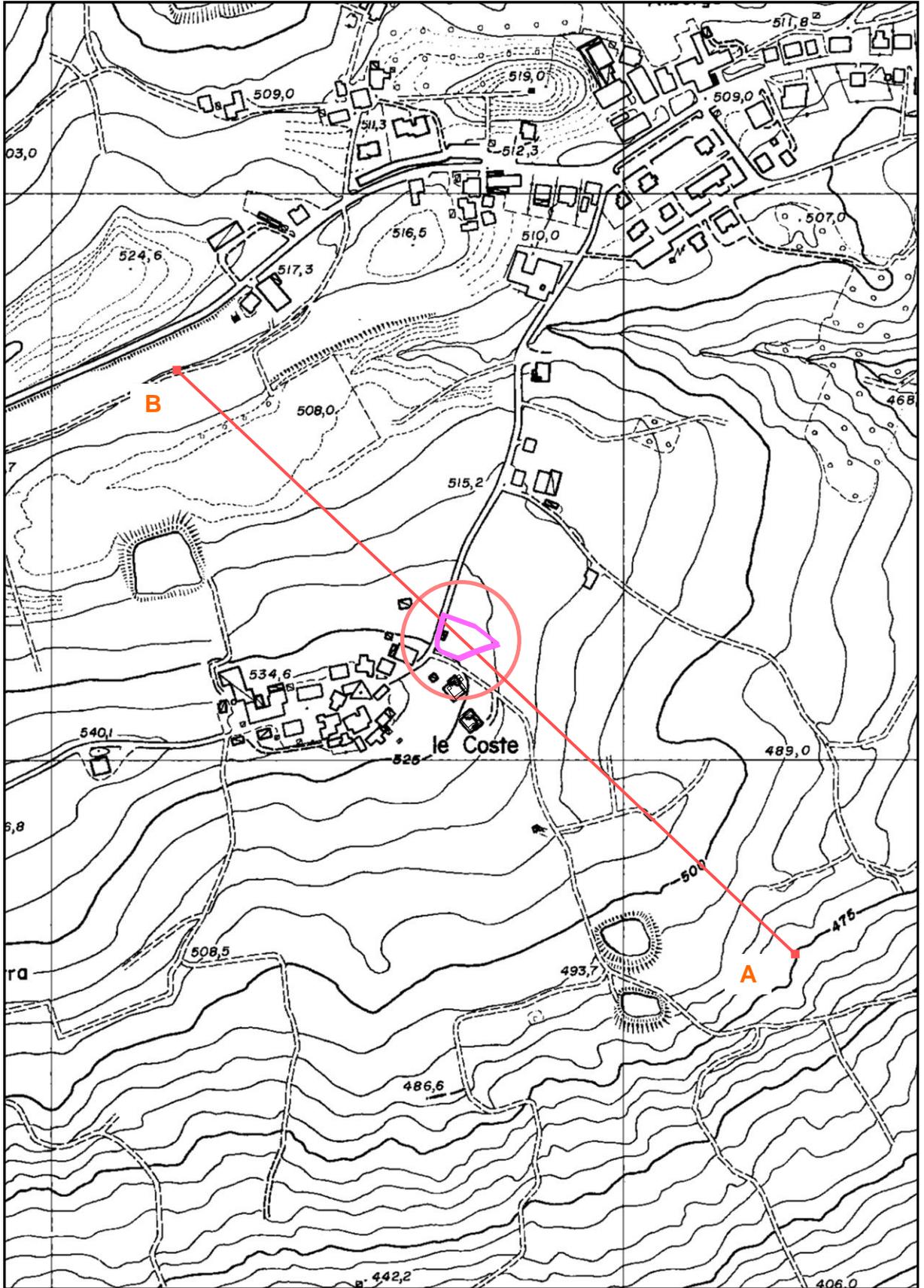


# CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:5'000

ELEMENTO 236034

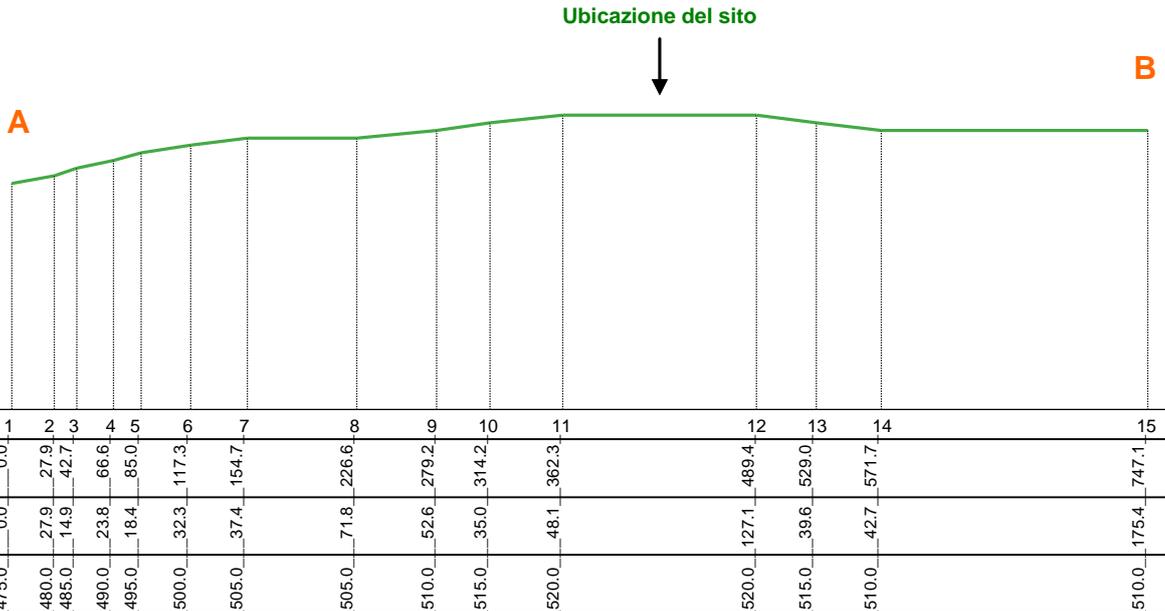
TAV. 3





## SEZIONE TOPOGRAFICA

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



## MORFOMETRIA DEL VERSANTE

RILEVATO DALLA CARTA TECNICA REGIONALE

Scala 1:5000

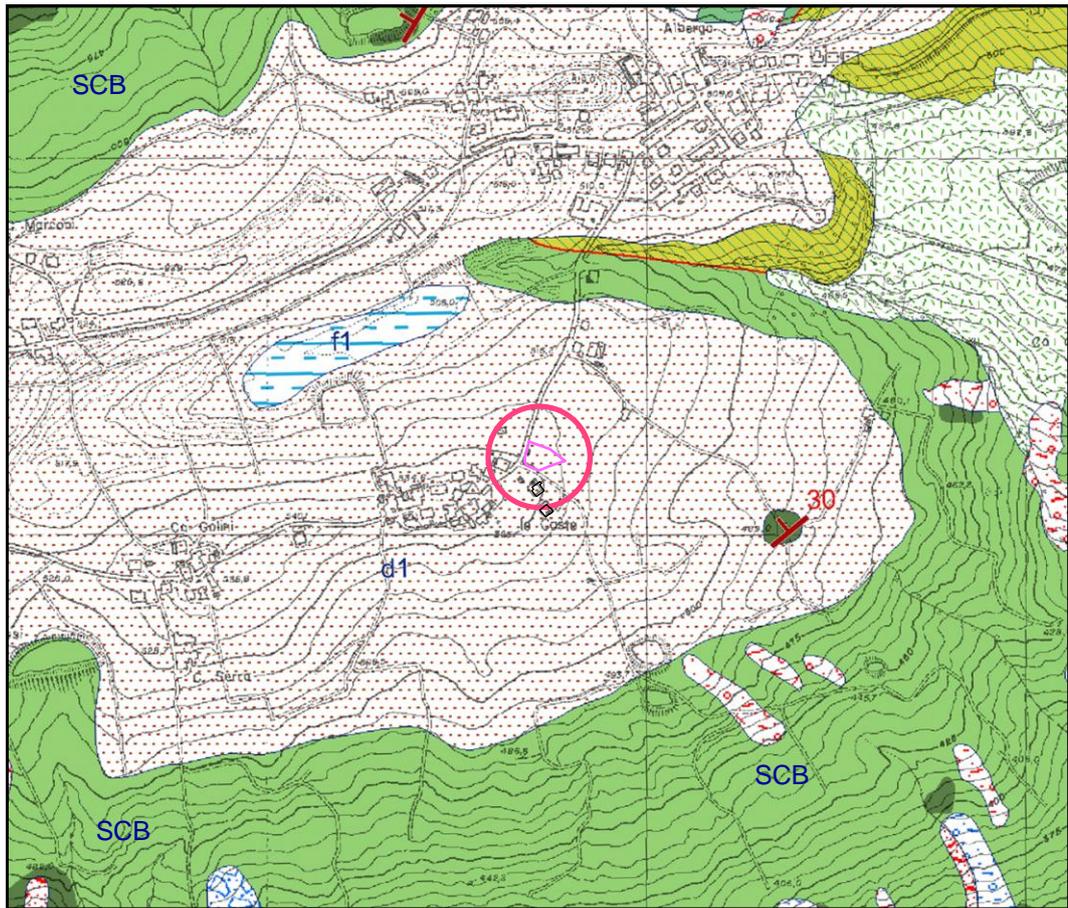
Pun.n°	D.Prog.	D.Parz.	Quota	Acc. %	Acc. °
0002.0	0027.9	0027.9	0480.0	018.0	010.2
0003.0	0042.7	0014.9	0485.0	033.6	018.6
0004.0	0066.6	0023.8	0490.0	021.0	011.8
0005.0	0085.0	0018.4	0495.0	027.2	015.2
0006.0	0117.3	0032.3	0500.0	015.5	008.8
0007.0	0154.7	0037.4	0505.0	013.4	007.6
0008.0	0226.6	0071.8	0505.0	000.0	000.0
0009.0	0279.2	0052.6	0510.0	009.5	005.4
0010.0	0314.2	0035.0	0515.0	014.3	008.1
0011.0	0362.3	0048.1	0520.0	010.4	005.9
0012.0	0489.4	0127.1	0520.0	000.0	000.0
0013.0	0529.0	0039.6	0515.0	012.6	007.2
0014.0	0571.7	0042.7	0510.0	011.7	006.7
0015.0	0747.1	0175.4	0510.0	000.0	000.0



## CARTA GEOLOGICA CARG

Scala 1:10'000

TAV. 4



### LEGENDA

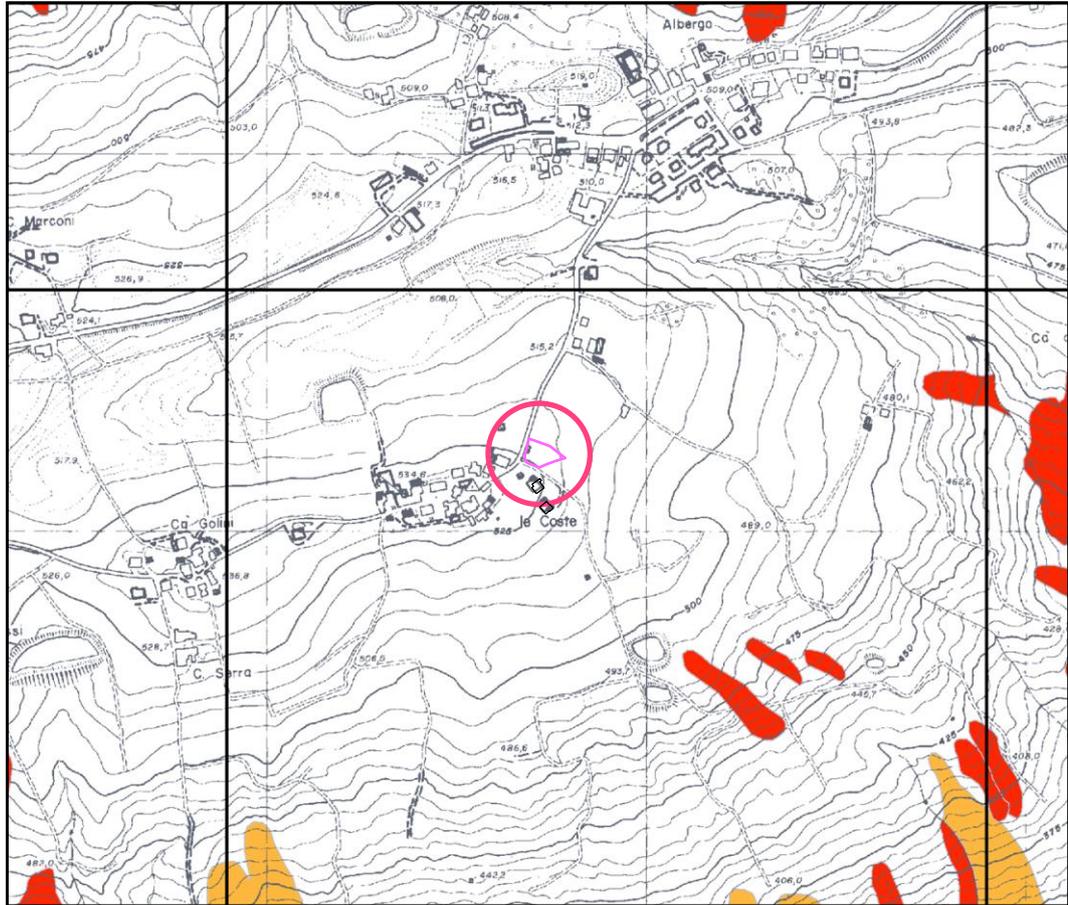
	a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato		MCS - Flysch di Monte Cassio
	a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento		AVV - Argille Varicolori di Cassio
	a1d - Deposito di frana attiva per colamento lento		SCBb - Arenarie di Scabiazza - litofacies arenaceo-pelitica
	a1g - Deposito di frana attiva complessa		SCB - Arenarie di Scabiazza
	a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento		APA - Argille a palombini
	a2c - Deposito di frana quiescente per espansione laterale		BP - Basalti a Pillow
	a2d - Deposito di frana quiescente per colamento lento		
	a2g - Deposito di frana quiescente complessa	<u>Unità subliguri</u>	
	a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV		ARB - Arenarie di Ponte Bratica
	a3 - Deposito di versante s.l.		MPA - Formazione di Montepastore
	a4 - Deposito eluvio-colluviale		AVN - Argille e calcari del Torrente Lavinello
	d1 - Deposito eolico		



## CARTA DEL DISSESTO PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 5



PTCP Provincia di Modena  
Carta del Dissesto

Scala 1:10000



### VOCI DI LEGENDA

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

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

#### Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità

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

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

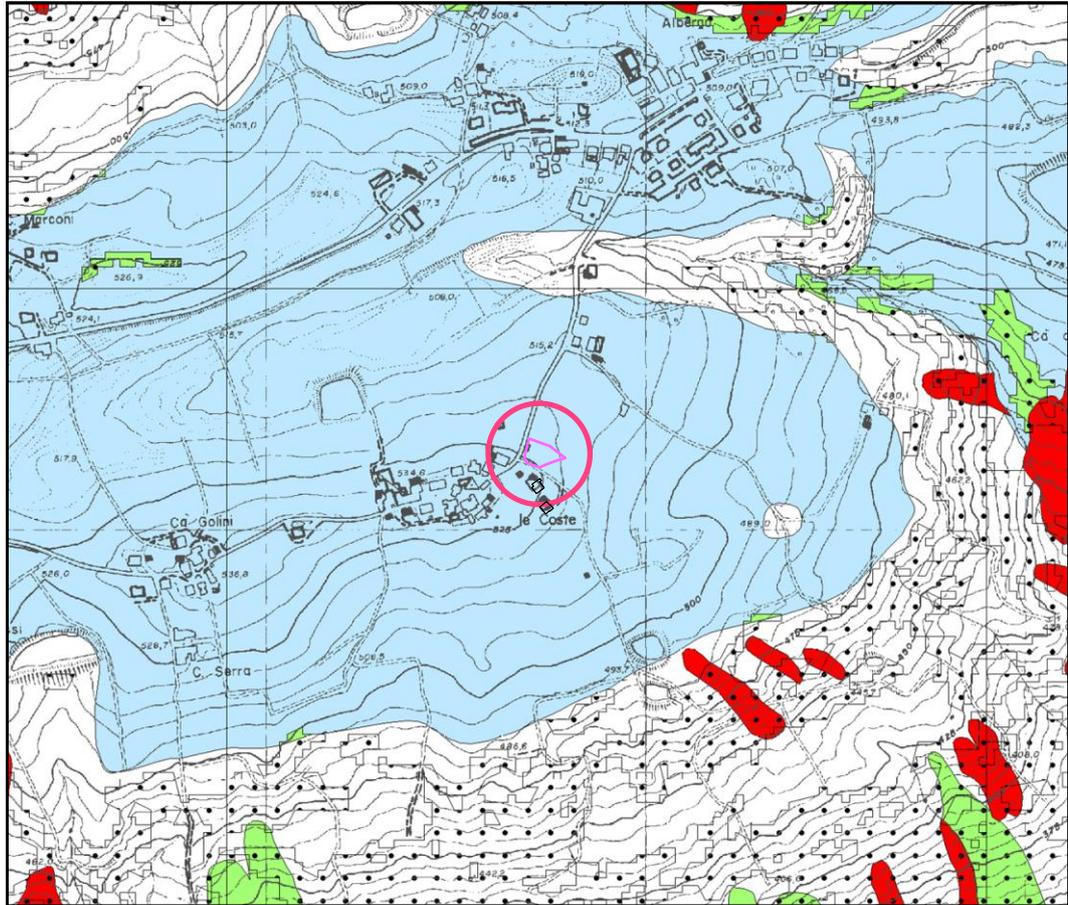
	<b>Codice scheda 2.1.1 NR</b>		Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR)	Art.17
			Aree a rischio idrogeologico molto elevato	Art.18A
			Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)	Art.18B



## CARTA DEL RISCHIO SISMICO

Scala 1:10'000

TAV. 6



PTCP Provincia di Modena  
Aree Suscettibili di effetti locali

Scala 1:10000



### Effetti attesi

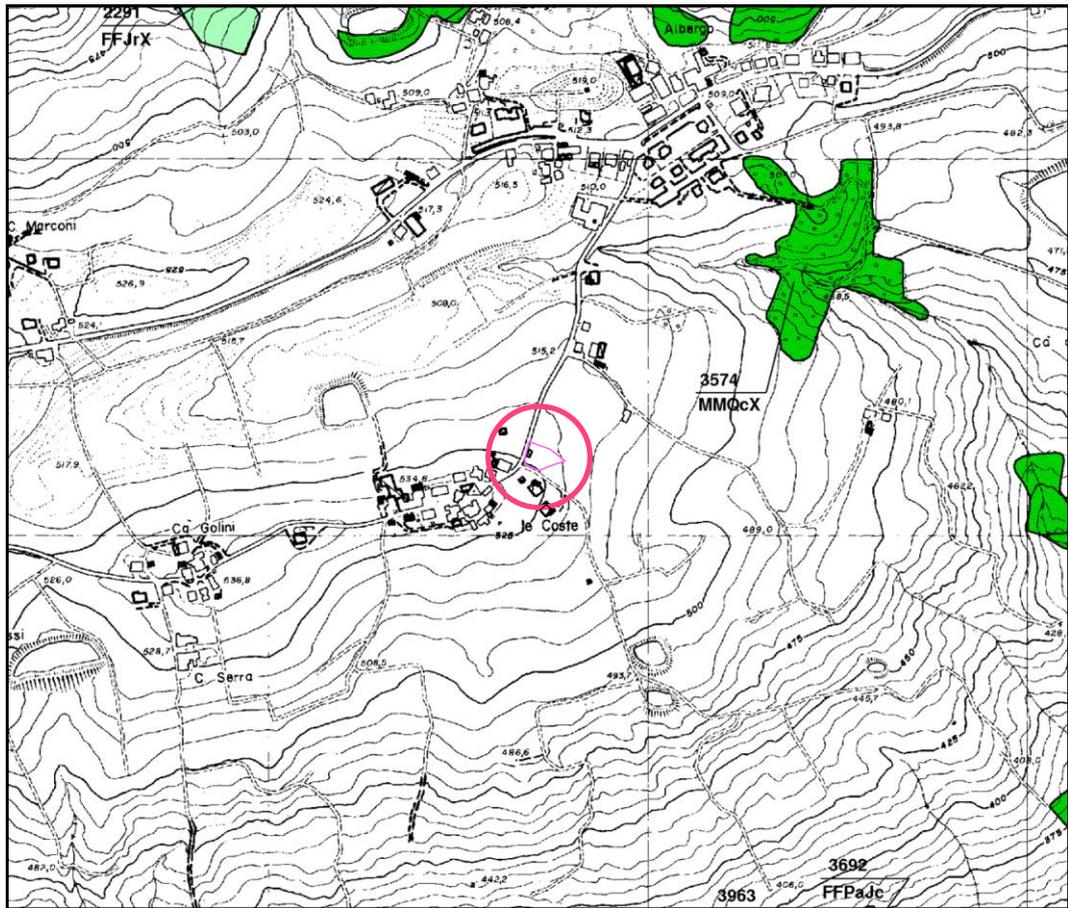
1	<p><b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b>  <i>studi</i>": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);  <i>microzonazione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



## CARTA FORESTALE PTCP

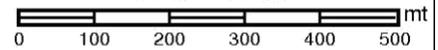
Scala 1:10'000

TAV. 7



PTCP Provincia di Modena  
Carta Forestale

Scala 1:10000



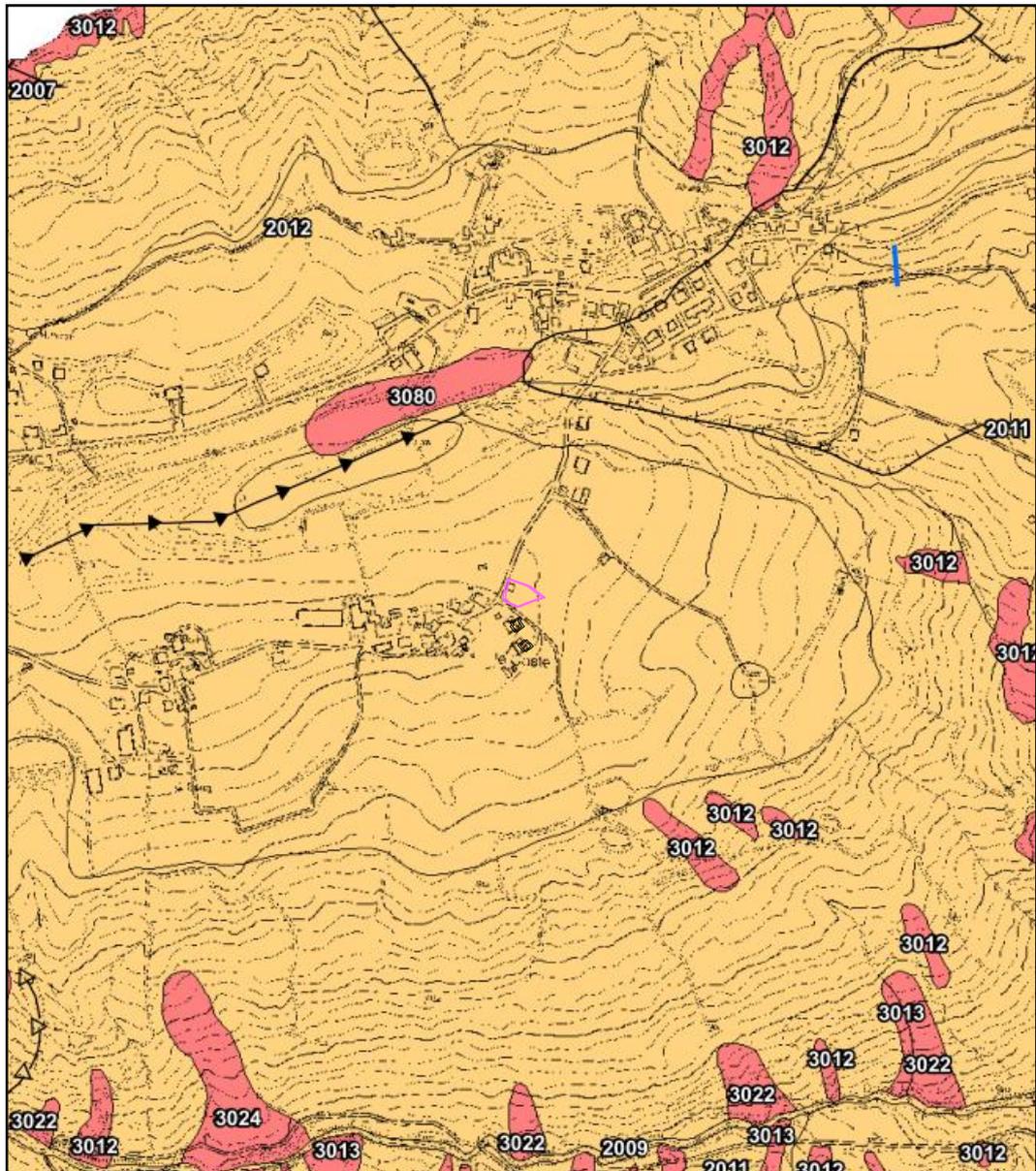
LEGENDA	
	Area Forestale
	Area Agricola: colture permanenti
	Area Urbana: parco e/o giardino



## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA 1° LIVELLO - PSC

Scala 1:10'000

TAV. 8a1





## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA I LIVELLO - PSC

### LEGENDA

#### TAV. 8a2

## Legenda

### Zone stabili



### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



### Zone suscettibili di instabilità



Limite comunale

### Forme di superficie e sepolti



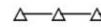
Falda detritica



Conoide alluvionale



Orlo di scarpata morfologica >20m



creste



Valle sepolta larga



Valle sepolta stretta



Picco isolato



Sinkhole, grotte, cavità isolate



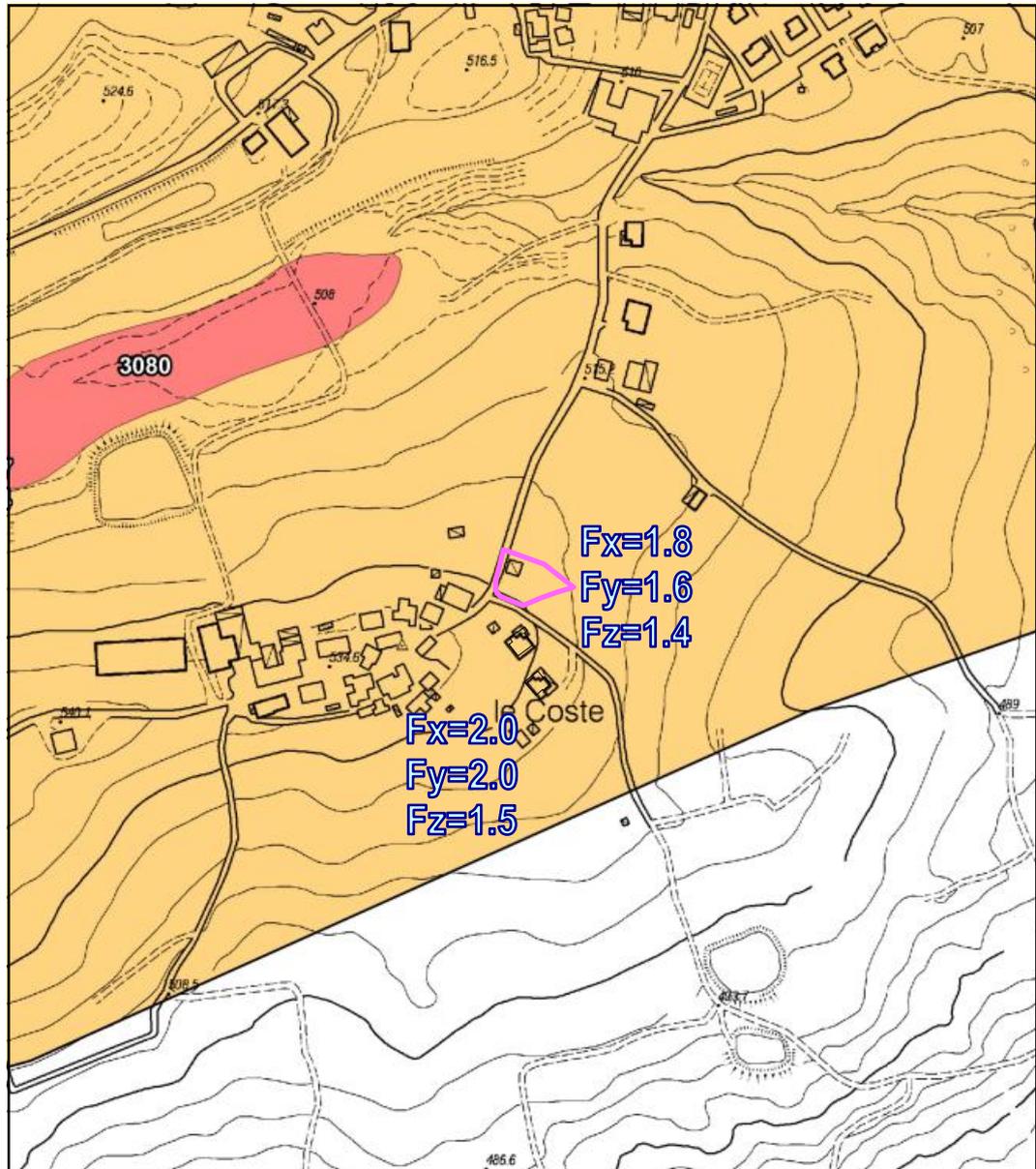
Traccia per gli approfondimenti  
delle amplificazioni topografiche



## 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 ( $F_x=PGA/PGA_0$ )



$1 < F_x \leq 1,5$



$1,5 < F_x \leq 2$



$F_x > 2$

#### Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante Cedimenti differenziali



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche



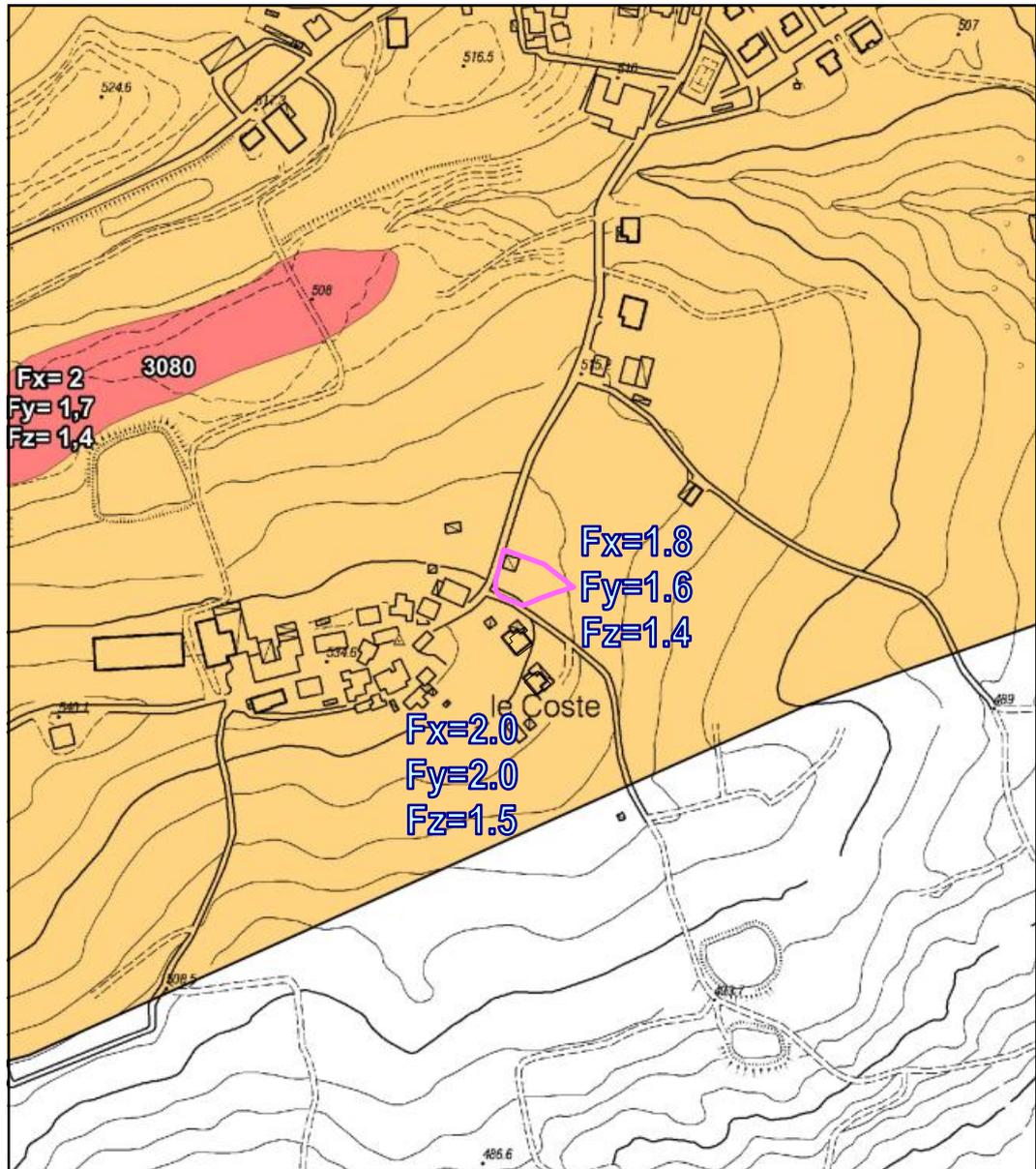
Area di amplificazione topografica



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

Scala 1:5000

TAV. 9b1





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

LEGENDA

TAV. 9b2

### Legenda

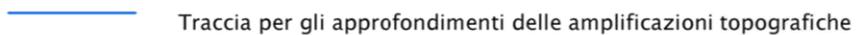
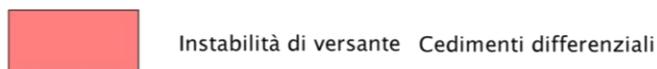
#### Zone stabili



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



#### Zone suscettibili di instabilità

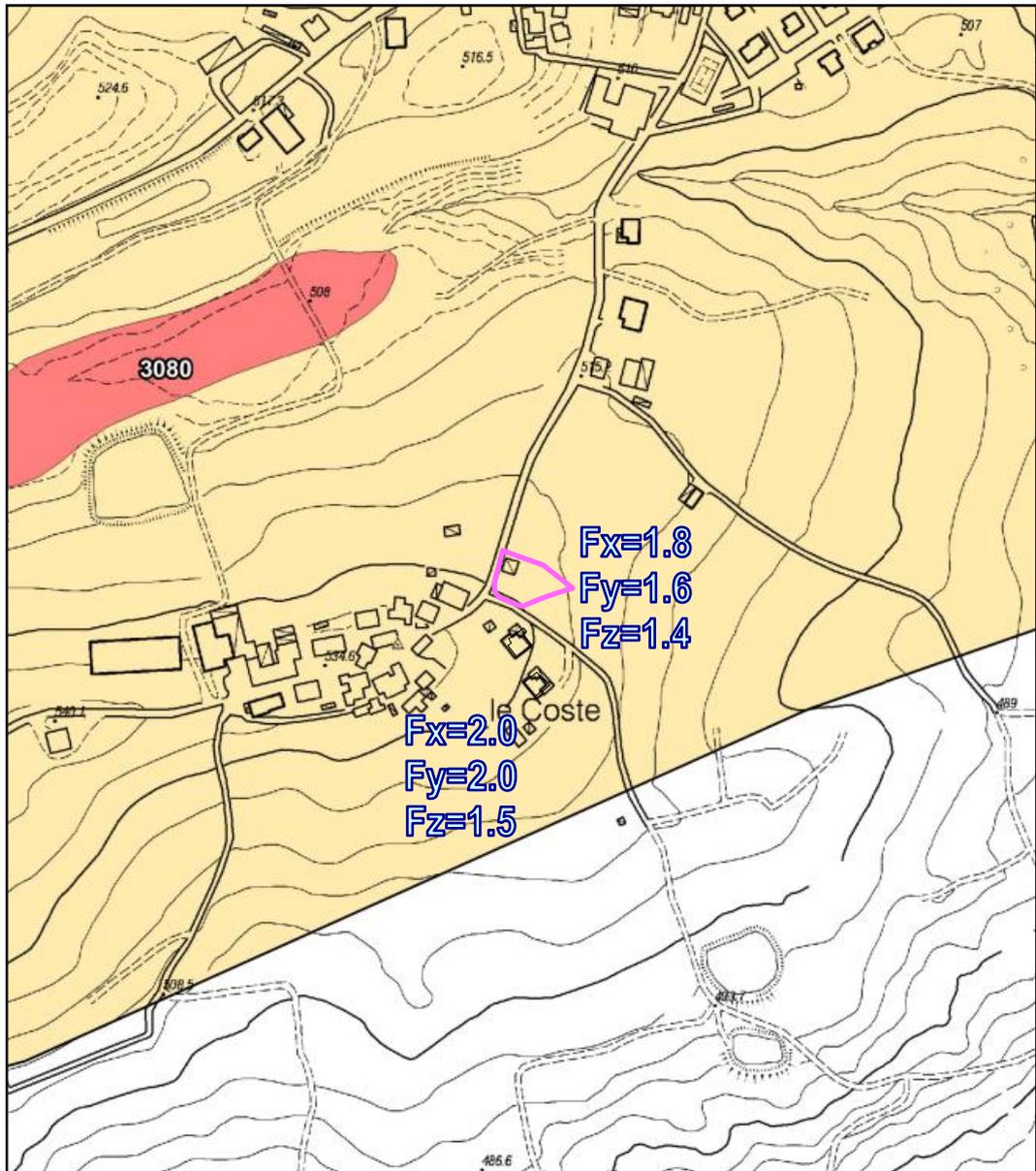




## CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI<sub>0</sub> - PSC

Scala 1:5000

TAV. 9c1





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

LEGENDA

TAV. 9b2

### Legenda

#### Zone stabili



Zone stabili

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



$1 < F_z \leq 1,5$



$1,5 < F_z \leq 2$



$F_z > 2$

#### Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante Cedimenti differenziali



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche



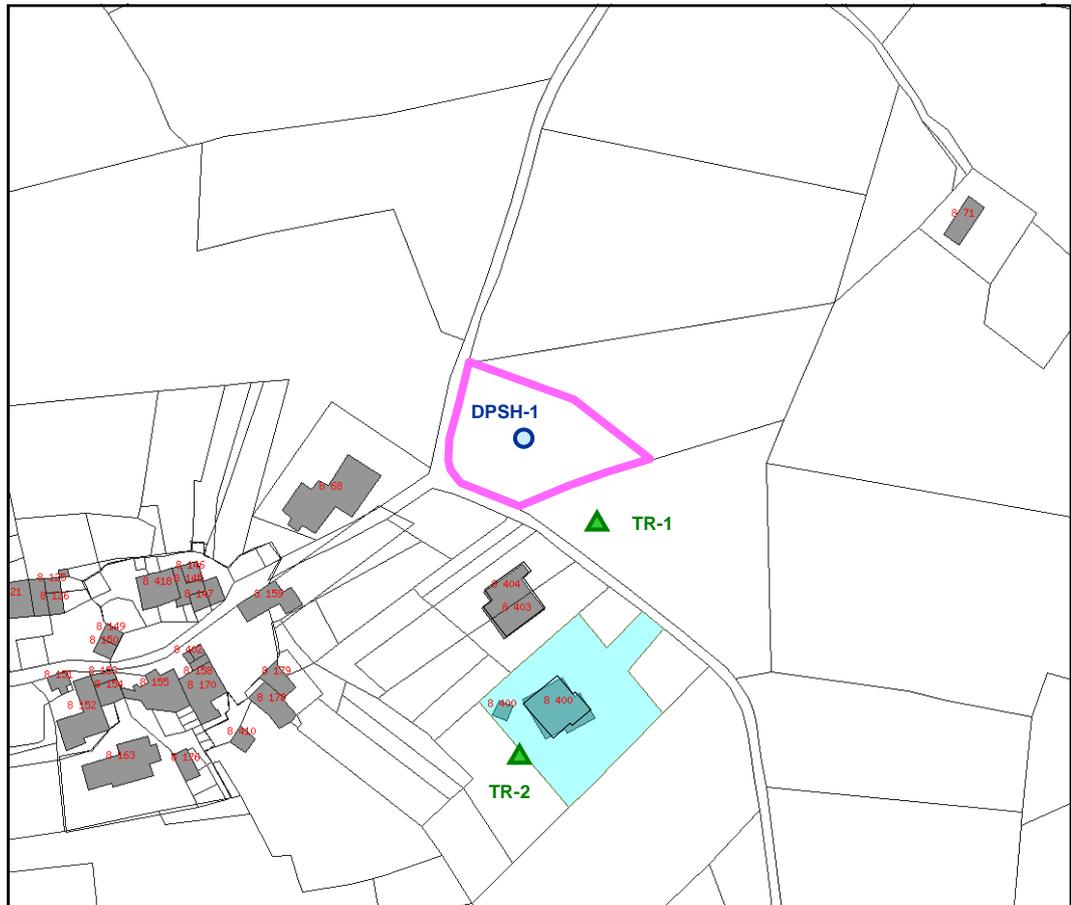
Area di amplificazione topografica



## ESTRATTO CATASTALE

Scala 1:2000

TAV. 10



COMUNE : PAVULLO

FOGLIO : 8

MAPPALE : 70

○ PROVA PENETROMETRICA

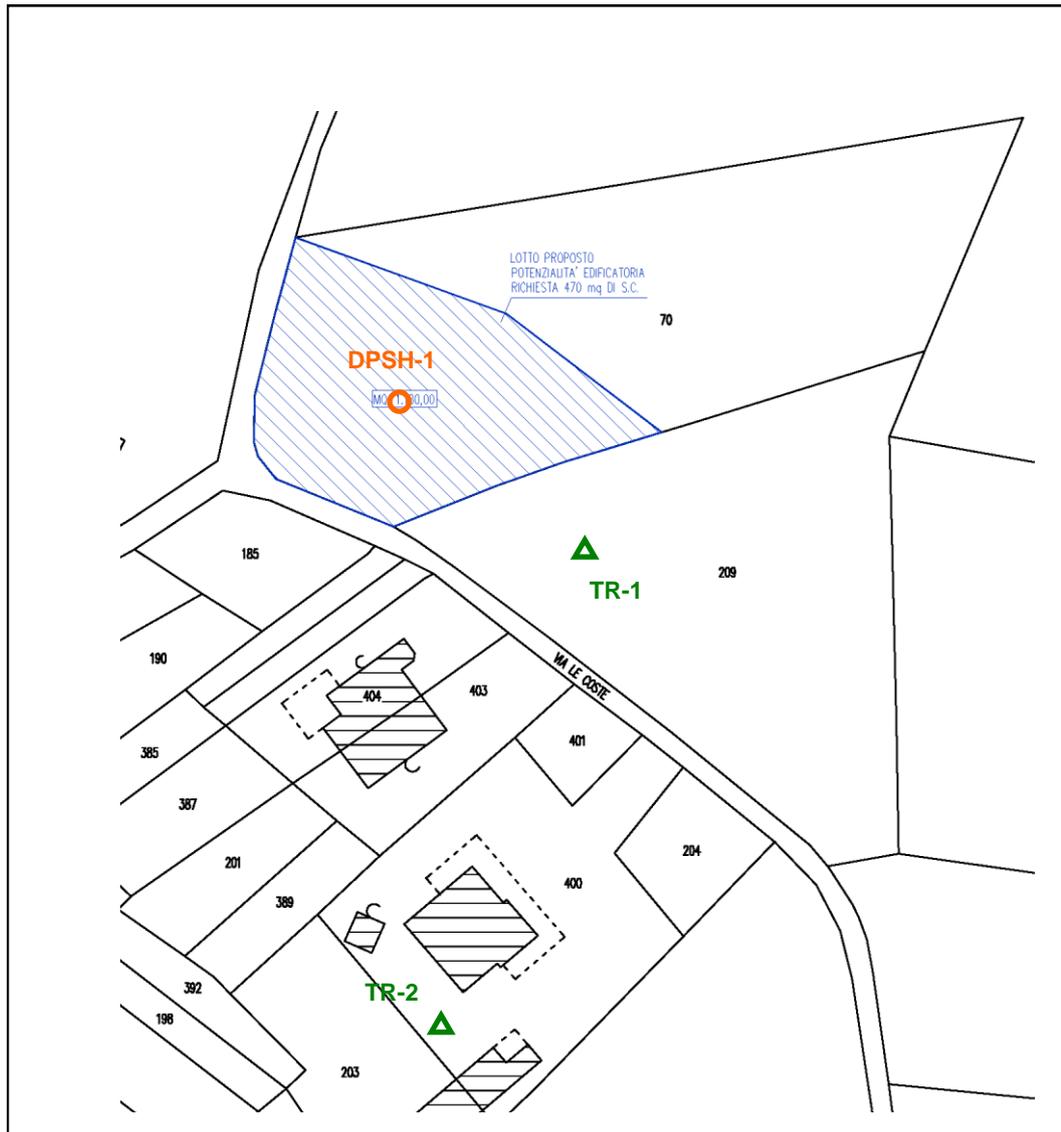
▲ REGISTRAZIONE SISMICA



## ESTRATTO CATASTALE

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 in esame si colloca in località *Le Coste* su di un versante esposto a Sud-Est a quota 525 m s.l.m.

Il nucleo abitato di *Coscogno*, poco a Nord, è ubicato lungo una linea di crinale che separa il bacino del *Rio Tortino* - *Rio Torto* a Nord dal bacino del *Rio Benedello* a Sud.

L'area a Nord-Ovest è cotraddistinta da alcune colline (le *Coste*, *Cà Golini* e la stessa *Coscogno*) che risultano ricoperte da un sottile strato di depositi eolici eluviali e colluviali (d1).

Nell'area sono presenti unità appartenenti alle così dette *Argille Scagliose s.l.* costituite qui in prevalenza dalle *Arenarie di Scabiazza (SCB)* e da *Lembi del Melange di Coscogno (MSG)*.

Queste unità e i depositi colluviali hanno una ricca componente argillosa e influenzano la geomorfologia che si presenta dolce, priva di bruschi cambi di acclività.

Le unità affioranti (SCB, MSG) hanno subito notevoli *stress tettonici* tanto che spesso l'originaria stratificazione non è più ben riconoscibile e i parametri geotecnici risultano modesti.

Più a Nord, verso il *Rio Tortino*, e a Sud, verso il *Rio Benedello*, l'acclività risulta più accentuata e abbiamo numerosi fenomeni di dissesto che interessano i litotipi più argillosi: le argille sono erose dai torrenti i quali, tramite un'azione di scalzamento al piede, riattivano piccoli e grandi dissesti presenti lungo le rive.

Qui la morfologia del terreno presenta le tipiche forme dei terreni predisposti al dissesto, con gibbosità, piccoli fenomeni di soliflusso e pendii irregolari.

Il bacino idrografico principale è quello del *Fiume Panaro*, al quale finiscono per confluire sia il *Rio Tortino* (poi *Rio Torto*) che scorre più a Nord che il *Rio Benedello* che scorre poco a Sud.

Abbiamo infine i depositi di versante costituiti da materiali eterogenei accumulati per gravità o ruscellamento (a3).

Le caratteristiche morfometriche sono riportate nella tavola 3.



## 1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico nell'area affiorano quei terreni appartenenti alla successione ligure che in passato venivano denominati COMPLESSO CAOTICO (Argille scagliose), e descritti come: "Accumuli per frana sottomarina (Olistostromi). Blocchi di calcari grigi e verdastri, talora con microfossili cretacei ed eoceenici, subordinatamente di arenarie calcarifere, inglobati in una matrice argillosa". Seguendo le più recenti classificazioni nell'area affiorano le unità del COMPLESSO DI BASE II (*Arenarie di Scabiazza* e il *Melange di Coscogno*).

### COMPLESSO DI BASE II

Al Complesso di base appartengono alcune unità litostratigrafiche (Argille a Palombini, Arenarie di Scabiazza, Argille Varicolori) di età compresa tra il Cretaceo inferiore e superiore caratterizzate da stili di deformazione generalmente complessi, tali da impedire quasi completamente l'osservazione dell'originaria stratificazione. I rapporti tra queste unità sono prevalentemente di natura meccanica, tuttavia vi sono significativi indizi che esse costituissero originariamente un'unica successione stratigrafica; ben documentata è comunque una parziale eteropia tra le Arenarie di Scabiazza e le Argille Varicolori.

#### Arenarie di Scabiazza.

Si tratta di una formazione interamente costituita da torbiditi arenacee, ma con differenti facies torbiditiche distinguibili per il diverso rapporto arenaria/pelite e per il diverso spessore degli strati. La litofacies più diffusa è rappresentata da torbiditi sottili o sottilissime con una porzione arenacea costituita da arenarie grigie, a grana fine, micacee, cui segue una porzione pelitica di argille o argilliti grigio-scure. Queste torbiditi sottili molto spesso si rinvengono intercalate ai tipici litotipi delle *Argille Varicolori* alle quali sono quasi ovunque strenuamente legate.

#### MELANGE DI COSCOGNO

Melange di origine tetonica formato dalla giustapposizione e



ripetuta sovrapposizione di lembi formazionali internamente molto deformati e caoticizzati appartenenti ai complessi di base delle unità liguri e di lembi di incerta collocazione stratigrafica ed attribuzione formazionale.

### Lembi di Argille a Plombini (MSG1)

Lembi di argille a Palombini (APA). Argille ed argilliti grigie e nerastre con alternanza di calcilutiti grigio chiare e verdastre: frequenti siltiti, arenarie, calcareniti brune e argille scure. Includono masse isolate di svariate dimensioni di serpentiniti (sr), brecce ofiolitiche (bo), graniti (gr), basalti (bl), brecce poligeniche (bp). Titonico ? - Cenomaniano.

## 1.3 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

*Coscogno* si pone in prossimità dello spartiacque che divide il bacino del *Rio Tortino* (Nord) dal bacino del *Rio Benedello* (Sud): nel settore più settentrionale le acque superficiali sono convogliate in rivoli che si dirigono verso il *Rio Tortino*, tributario del *Rio Torto*, il quale, più a valle, confluisce nel *Fiume Panaro*; nel settore più meridionale invece le acque finiscono in fossi anonimi tributari del *Rio Benedello*. Il bacino principale è quello del *Fiume Panaro* il secondario quello del *Rio Benedello* di cui fa parte il versante oggetto della presente relazione.

La permeabilità dei terreni facenti parte dell'area è limitata perchè governata dalla "matrice" argillosa delle formazioni liguri.

La collocazione dell'intervento non turberà il regime delle acque superficiali e/o sotterranee.

## 1.4 PROCESSI EROSIVI E GRADO DI STABILITA'

I processi erosivi ad opera delle acque superficiali e di ruscellamento sono molto attenuati, nell'area ove è previsto l'intervento, per l'esteso manto erboso e per i limitati valori dell'acclività.

L'assenza di una influenza diretta del reticolo idrografico sul si-



to contribuisce alla stabilità dell'area. In aree non molto distanti e collocate per lo più nel settore di Sud-Est, verso il *Rio Benedello*, sono presenti fenomeni di erosione concentrata lungo i rivoli e i fossi che solcano le vallecicole; tali fenomeni, che interessano le formazioni argillose e/o i depositi a matrice pelitica, si manifestano tuttavia con entità e in aree che non possono esercitare alcuna influenza sul tratto di versante in oggetto.

Nella *Carta delle frane e della stabilità dei terreni del bacino del Fiume Panaro* i terreni affioranti nell'area circostante il sito esaminato sono descritti come "terreni sufficientemente stabili"; più a valle, lungo le rive del *Rio Benedello* tali terreni vengono descritti come predisposti al dissesto.

Nella *Carta del Dissesto* del PTCP non vengono segnalate zone, nelle immediate vicinanze del sito, classificate come dissestate, instabili o potenzialmente instabili (vedi tav. 5).

In conclusione, viste le caratteristiche del terreno in oggetto, la scarsa acclività dell'area si ritiene l'area sufficientemente stabile.

## 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 (SCB) 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 utilizzata la registrazione sismica, a stazione singola (TR-1), con tromografo Micromed, effettuata nel lotto adiacente.



### 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: VENTURELLI						LOCALITA': COSCOGNO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 19/09/2105					
NOME FILE VENTURELLI 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> ]
0.4	5.0	10.3	27.4	7348	51	69	6210	120	3.8	3724	149
1.8	12.0	23.1	33.6	16402	287	155	13860	272	20.9	8480	339
2.0	5.0	10.4	27.5	7359	199	69	6219	131	36.1	3217	129
2.4	11.0	21.3	32.7	15111	456	143	12770	258	41.8	7078	283
3.0	19.3	35.8	37.5	25435	981	240	21494	428	51.3	12166	487
3.4	13.0	24.9	34.3	17664	724	167	14927	306	60.8	7832	313
3.6	35.0	62.0	42.9	44006	2691	415	37188	734	66.5	21085	843

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)	
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^{-0.5} + 15$ ; $N_{spt} > 30 - 0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$	(Road Bridge Specification; Carter & Bentley)
Mo = $710 \cdot N_{spt}$ [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)
Rdp = $M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)]$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa <sub>3</sub> = $(R_{dp} / 15 \div 30)$ ; Qa = $(R_{pd} / 25)$	[kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



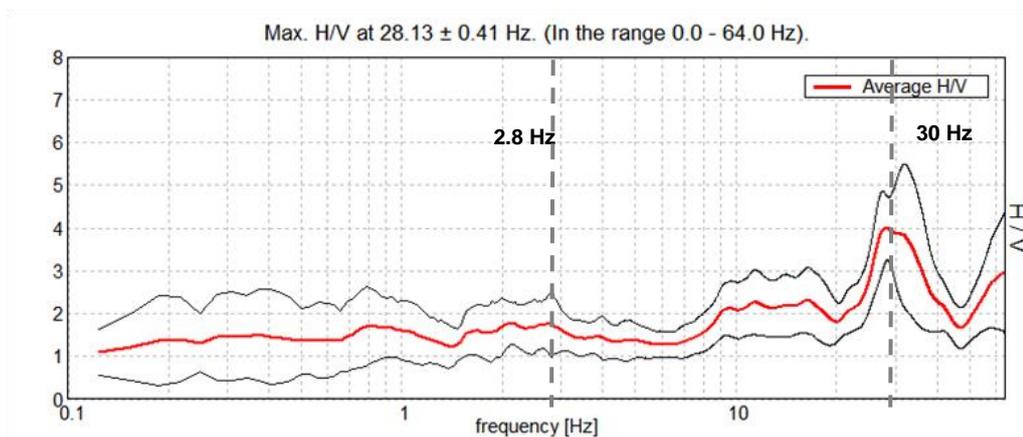
### 1.5.2 Registrazione Sismica

La prova sismica è in buon accordo con la prova penetrometrica DPSH e ha confermato la presenza del substrato compatto ad una profondità molto limitata al p.c.

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 effettuata nel lotto confinante (TR-01).



Osservando il grafico precedente si nota un picco importante intorno a 30 Hz, un secondo picco fra 10 e 20 Hz ed infine un ultimo piccolo picco attorno a 2.8 Hz.

Il primo picco (30 Hz) è molto superficiale; il secondo fra 10 e 20 Hz è posto ad una profondità variabile.

Il picco minore a circa 3 Hz è posto molto in profondità e non viene raggiunto dalle prove penetrometriche.

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

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

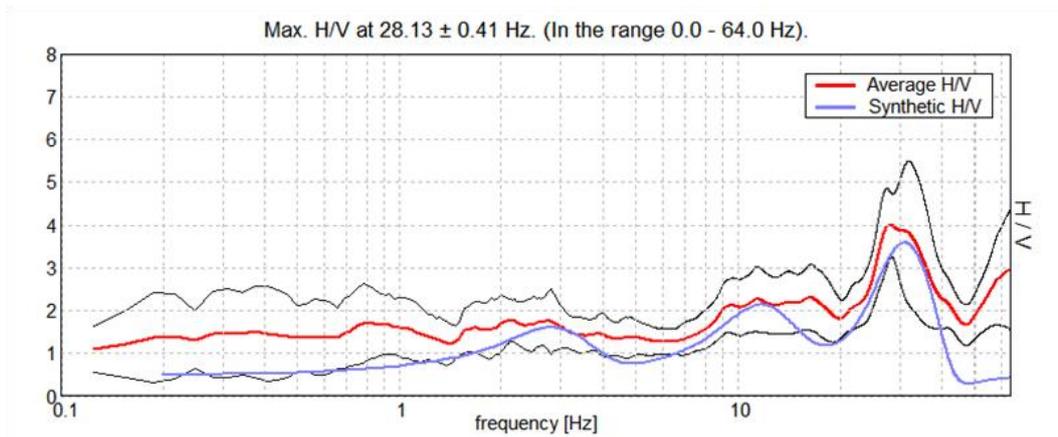


Dalla formula precedente, conoscendo la frequenza e sapendo dalla prova penetrometrica che il passaggio fra lo strato più superficiale e quello sottostante avviene ad una certa profondità  $h$ , alla quale corrisponde la frequenza  $F_r$ , si può ottenere la  $V_s$  media dello strato sovrastante.

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
1.10	1.10	125	0.35
7.10	6.00	320	0.35
47.10	40.00	550	0.35
inf.	inf.	950	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 3.5 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 ( $N_{spt} > 60$  e  $V_s \sim 320$ ), manda presto a rifiuto il penetrometro; questa roccia fratturata si spinge fino a circa -7 m dal p.c. per divenire più compatta.
- 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—3.5	m	Flysch alterato e fratturato ( $V_s \sim 300$ m/s)
3.5—7.0	m	Flysch alterato e fratturato ( $V_s \sim 320$ m/s)
>7.0	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		Suolo e depositi di varia natura
	3.5	24 [2.8]	Spezzoni litoidi in matrice pelitica ( $V_s \sim 300$ m/s)
	7.0	60 [4.0]	Flysch alterato e fratturato ( $V_s \sim 320$ m/s)
			Flysch più integro ( $V_s \sim 550$ m/s)



## 2. RELAZIONE SISMICA (6.3)

### 2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

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

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

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

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

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

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

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

---



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

Se non si è in possesso della velocità delle onde S la normativa prevede ancora la correlazione fra la velocità delle onde S e il numero dei colpi dello Standard Penetration Test ( $N_{spt}$ ) oppure fra le Vs e le Cu.

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

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

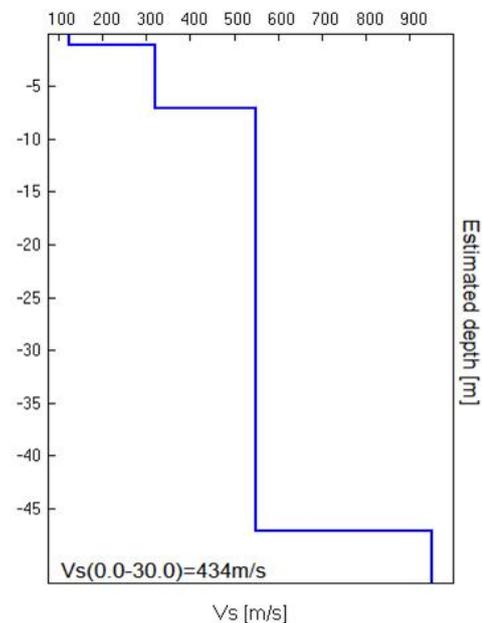
$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{s30i})$$

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

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

Qui prenderemo in esame la registrazione sismica n°1 eseguita a poco distanza nel lotto adiacente:

Thickness [m]	Vs [m/s]
1.10	125
6.00	320
40.00	550
inf.	950



Elaborando le varie velocità secondo la formula precedente si ottiene per una profondità  $h = 0$  m dal p.c. una  $V_{s30} = 434$  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.

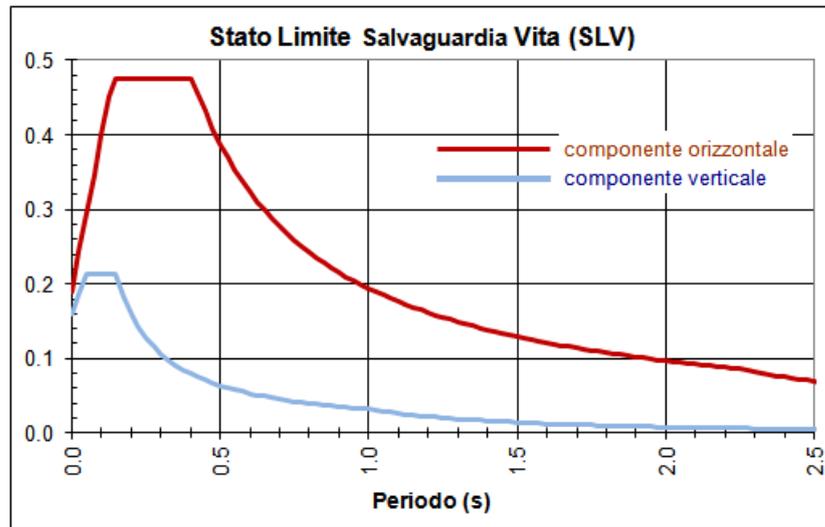
§ 3.2.3.2.2

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

$S = S_s \times S_T$	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 **0.48** con  $T_r=475$  anni (dove  $g$  = accelerazione di gravità =  $9.81 \text{ m/s}^2$ ).
- 3) Il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_c$  e il coefficiente  $C_c$  sono quelli relativi alla categoria di suolo di fondazione **B** descritti nella tabella 3.2.5. del DM 14/01/2008.

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

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



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

Ai fini del DAL RER 112/2007 va definita la microzonazione sismica per l'area in oggetto. Per quest'area è stata eseguita una analisi di secondo livello. Si riporta nella tabella sottostante l'elaborazione eseguita in corrispondenza della prova sismica TR-1:

DATUM ED50 UTM_X = 648443 m UTM_Y = 4916764 m				
PROFONDITA' (m)	SPESSORE (m)	Vs (m/s)	BEDROCK	
1.10	1.10	125		Vs30 434 m/s
7.10	6.00	320		
30.00	22.90	550	X	
47.10	17.10	550		Vsh 258 m/s h = 7.1 m
		950		

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	= 7.1 m
$V_{sh}$	= 258 m/s
FA PGA	= 1.8
FA IS ( $0.1 < T_0 < 0.5$ s)	= 1.6
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:  $PGA/PGA_0=1.8$ ;  $SI/SI_{0(0.1-0.5)}=1.6$ ;  $SI/SI_{0(0.5-1.0)}=1.4$ .



## 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 *Le Coste, Coscogno* (Pavullo), per l'inserimento dell'area in oggetto nel POC comunale.

E' stata eseguita 1 prova penetrometrica dinamica super pesante (DPSH) 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 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: VENTURELLI				LOCALITA': COSCOGNO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 19/09/2105							
NOME FILE VENTURELLI 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> ]
0.4	5.0	10.3	2	27.4	1.6	25.8	21.2	69	18.0	52	37
1.8	12.0	23.1	7	33.6	1.2	32.6	27.1	155	20.5	138	99
2.0	5.0	10.4	1	27.5		25.2	20.6	69		45	32
2.4	11.0	21.3	2	32.7	3.2	30.8	25.5	143	50.7	106	76
3.0	19.3	35.8	3	37.5	1.3	35.7	29.9	240	35.0	189	135
3.4	13.0	24.9	2	34.3	0.0	32.3	26.8	167	0.0	124	89
3.6	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) [ $\gamma_{cu} = 1.4$ ]

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 0.4<h<1.8m)

$$\phi'_k \sim 33^\circ$$

$$C'_k \sim 20 \text{ kPa (stimato)}$$

$$C_{uk} \sim 140 \text{ kPa}$$

#### STRATO 2 (Depositi limosi ed argillosi 1.8 <h< 2.0 m)

$$\phi'_k \sim 25^\circ$$

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

$$C_{uk} \sim 45 \text{ kPa}$$



Seguono i calcoli dei parametri caratteristici elaborati per piccole superficie e quindi per il calcolo della portanza del palo singolo. Si prende sempre in considerazione l'elaborazione della prova penetrometrica DPSH-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: VENTURELLI				LOCALITA': COSCOGNO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 19/09/2105							
NOME FILE VENTURELLI 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> ]
0.4	5.0	10.3	2	27.4	1.6	24.3	24.3	69	18.0	45	45
1.8	12.0	23.1	7	33.6	1.2	31.5	31.5	155	20.5	123	123
2.0	5.0	10.4	1	27.5		24.3	24.3	69		45	45
2.4	11.0	21.3	2	32.7	3.2	29.0	29.0	143	50.7	92	92
3.0	19.3	35.8	3	37.5	1.3	33.2	33.2	240	35.0	155	155
3.4	13.0	24.9	2	34.3	0.0	30.4	30.4	167	0.0	108	108
3.6	35.0	62.0	1	42.9		38.0	38.0	415		269	269

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

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	7
Profondità letto dello Strato	[m]	0.4	1.8	2	2.4	3	3.4	3.6
Spessore dello Strato	[m]	0.4	1.4	0.2	0.4	0.6	0.4	0.2
Nspt (Standard Penetration Test)	-	10	23	10	21	36	25	62
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>-3</sup> ]	19	20	19	20	20	20	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	79	100	66	92	100	92	100
Coesione non drenata (con $\phi^1=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>-2</sup> ]	50	140	45	105	190	125	270
Angolo di attrito interno (con $C'=0$ )	$\phi^1_k$ [°]	26	33	25	31	36	32	39
Grado di Consolidamento	OCR	3.4	1.3	0.4	0.8	1.7	1.4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>-2</sup> ]	6200	13900	6200	12800	21500	14900	37200
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	8000	16200	8500	15500	25100	18100	108500
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>-3</sup> ]	6200 14400	32700 34400	15700 23900	31000 54800	51400 117700	36700 86900	88000 323000

DPSH-01 (valori caratteristici per pali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI						
		1	2	3	4	5	6	7
Profondità letto dello Strato	[m]	0.4	1.8	2	2.4	3	3.4	3.6
Spessore dello Strato	[m]	0.4	1.4	0.2	0.4	0.6	0.4	0.2
Nspt (Standard Penetration Test)	-	10	23	10	21	36	25	62
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kNm <sup>-3</sup> ]	19	20	19	20	20	20	21
Densità Relativa	$D_r$ [%]	79	100	66	92	100	92	100
Coesione non drenata (con $\phi^1=0$ )	$C_{uk}$ [kNm <sup>-2</sup> ]	45	125	45	90	155	110	270
Angolo di attrito interno (con $C'=0$ )	$\phi^1_k$ [°]	24	32	24	29	33	30	38
Grado di Consolidamento	OCR	3.4	1.3	0.4	0.8	1.7	1.4	>4
Modulo Edometrico	$E_d$ [kNm <sup>-2</sup> ]	6200	13900	6200	12800	21500	14900	37200
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kNm <sup>-2</sup> ]	8000	16200	8500	15500	25100	18100	108500
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kNm <sup>-3</sup> ]	6200 14400	32700 34400	15700 23900	31000 54800	51400 117700	36700 86900	88000 323000

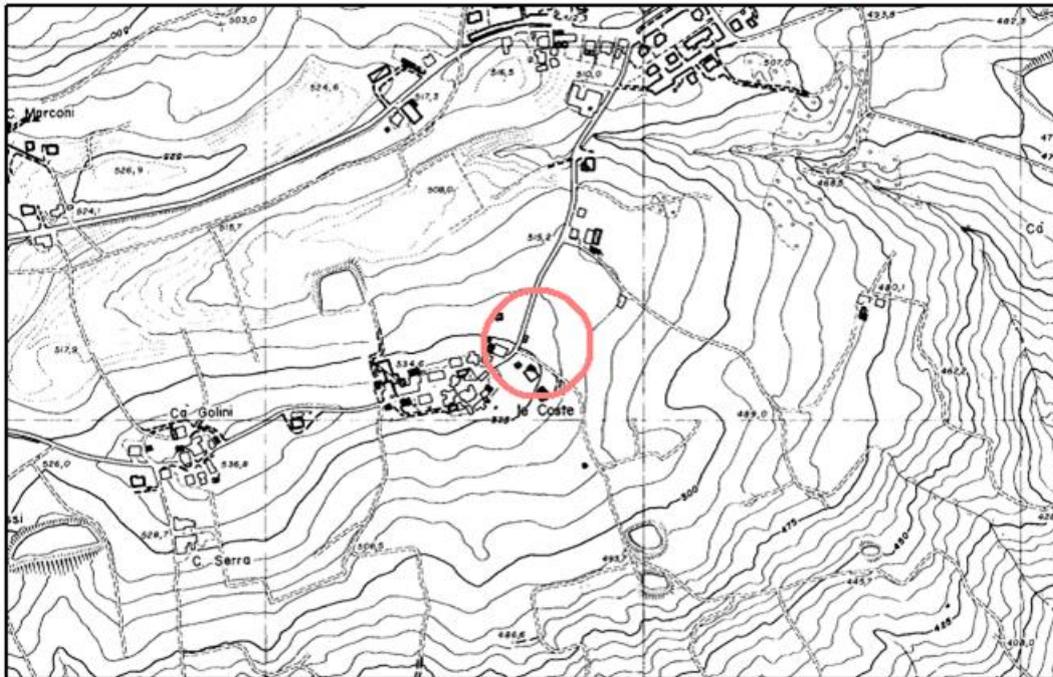


## 4. CONCLUSIONI

C.T.R.

sc. 1:10.000 N° 236030

sc. 1:5000 N° 236034



### INQUADRAMENTO DELL' AREA

### Descrizione

Geologia	SCB Arenarie di Scabiazza. (substrato) Torbidi pelitico-arenacee in strati da sottili a medi con arenarie fini, micacee, grigie e peliti grigie o rossastre. Depositi di copertura (d1)
Morfologia	Quota compresa fra i 520 - 525 m s.l.m. Esposizione Sud-Est Acclività 0 - 10 %
Idrogeologia - Idrologia	Bassa permeabilità dei terreni. Buon deflusso delle acque superficiali
<b>Classificazione PTCP</b>	
Carta del Dissesto PTCP	Area classificata stabile
Carta del Rischio Sismico PTCP	Area classificata soggetta ad amplif. per caratteristiche Litologiche
<b>Classificazione PSC</b>	
Carta microz. sismica I Livello (PSC)	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locale
Carta microz sismica II Livello Pga/Pga0	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locale $1,5 < F_x \leq 2$
Carta microz sismica II Livello SI/SI0	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locale $1,5 < F_y \leq 2$
Carta microz sismica II Livello SI(0.5-1.0) / Slo	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locale $1,0 < F_z \leq 1,5$



CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO																																																																																																																				
Stratigrafia	0.0—1.0 m Suolo e depositi di varia natura 1.0—3.5 m Flysch alterato e fratturato (Vs~300 m/s) 3.5—7.0 m Flysch alterato e fratturato (Vs~320 m/s) >7.0 m Roccia più integra (Vs>550 m/s)																																																																																																																			
Vs (0-30)	434 m/s																																																																																																																			
Classe del suolo (DM 2008)	Categoria suolo B																																																																																																																			
Amplificazioni sismiche (DAL R.E.R. 112/2007)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;"><b>CASO APP1 (Substrato Vs &lt; 800 m/s)</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>H</td> <td>=</td> <td>7.1 m</td> </tr> <tr> <td>Vsh</td> <td>=</td> <td>258 m/s</td> </tr> <tr> <td>FA PGA</td> <td>=</td> <td>1.8</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.1 &lt; To &lt; 0.5 s)</td> <td>=</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.5 &lt; To &lt; 1.0 s)</td> <td>=</td> <td>1.4</td> </tr> </table> </div>	H	=	7.1 m	Vsh	=	258 m/s	FA PGA	=	1.8	FA IS (0.1 < To < 0.5 s)	=	1.6	FA IS (0.5 < To < 1.0 s)	=	1.4																																																																																																				
H	=	7.1 m																																																																																																																		
Vsh	=	258 m/s																																																																																																																		
FA PGA	=	1.8																																																																																																																		
FA IS (0.1 < To < 0.5 s)	=	1.6																																																																																																																		
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" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PARAMETRO GEOTECNICO</th> <th rowspan="2">UNITA'</th> <th colspan="7">STRATI</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profondità letto dello Strato</td> <td>[m]</td> <td>0.4</td> <td>1.8</td> <td>2</td> <td>2.4</td> <td>3</td> <td>3.4</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td>Spessore dello Strato</td> <td>[m]</td> <td>0.4</td> <td>1.4</td> <td>0.2</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.4</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Napt (Standard Penetration Test)</td> <td>-</td> <td>10</td> <td>23</td> <td>10</td> <td>21</td> <td>36</td> <td>25</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>20</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Densità Relativa</td> <td><math>D_r</math> [%]</td> <td>79</td> <td>100</td> <td>66</td> <td>92</td> <td>100</td> <td>92</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Coesione non drenata (con <math>\phi=0</math>)</td> <td><math>C_u</math> [kN/m<sup>2</sup>]</td> <td>50</td> <td>140</td> <td>45</td> <td>105</td> <td>190</td> <td>125</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td>Angolo di attrito interno (con <math>c=0</math>)</td> <td><math>\phi</math> [°]</td> <td>26</td> <td>33</td> <td>25</td> <td>31</td> <td>36</td> <td>32</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>Grado di Consolidamento</td> <td>OCR</td> <td>3.4</td> <td>1.3</td> <td>0.4</td> <td>0.8</td> <td>1.7</td> <td>1.4</td> <td>&gt;4</td> </tr> <tr> <td>Modulo Edometrico</td> <td><math>E_d</math> [kN/m<sup>2</sup>]</td> <td>6200</td> <td>13900</td> <td>6200</td> <td>12800</td> <td>21500</td> <td>14900</td> <td>37200</td> </tr> <tr> <td>Modulo Elastico (Young)</td> <td><math>E_s</math> [kN/m<sup>2</sup>]</td> <td>8000</td> <td>16200</td> <td>8500</td> <td>15500</td> <td>25100</td> <td>18100</td> <td>108500</td> </tr> <tr> <td>Modulo di Reazione (Winkler)</td> <td><math>K_s</math> [kN/m<sup>3</sup>]</td> <td>6200 14400</td> <td>32700 34400</td> <td>15700 23900</td> <td>32000 34800</td> <td>53400 117700</td> <td>36700 88900</td> <td>88000 323000</td> </tr> </tbody> </table>	PARAMETRO GEOTECNICO	UNITA'	STRATI							1	2	3	4	5	6	7	Profondità letto dello Strato	[m]	0.4	1.8	2	2.4	3	3.4	3.6	Spessore dello Strato	[m]	0.4	1.4	0.2	0.4	0.6	0.4	0.2	Napt (Standard Penetration Test)	-	10	23	10	21	36	25	62	Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19	20	19	20	20	20	21	Densità Relativa	$D_r$ [%]	79	100	66	92	100	92	100	Coesione non drenata (con $\phi=0$ )	$C_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	50	140	45	105	190	125	270	Angolo di attrito interno (con $c=0$ )	$\phi$ [°]	26	33	25	31	36	32	39	Grado di Consolidamento	OCR	3.4	1.3	0.4	0.8	1.7	1.4	>4	Modulo Edometrico	$E_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]	6200	13900	6200	12800	21500	14900	37200	Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kN/m <sup>2</sup> ]	8000	16200	8500	15500	25100	18100	108500	Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	6200 14400	32700 34400	15700 23900	32000 34800	53400 117700	36700 88900	88000 323000
PARAMETRO GEOTECNICO	UNITA'			STRATI																																																																																																																
		1	2	3	4	5	6	7																																																																																																												
Profondità letto dello Strato	[m]	0.4	1.8	2	2.4	3	3.4	3.6																																																																																																												
Spessore dello Strato	[m]	0.4	1.4	0.2	0.4	0.6	0.4	0.2																																																																																																												
Napt (Standard Penetration Test)	-	10	23	10	21	36	25	62																																																																																																												
Peso Specifico del Terreno	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	19	20	19	20	20	20	21																																																																																																												
Densità Relativa	$D_r$ [%]	79	100	66	92	100	92	100																																																																																																												
Coesione non drenata (con $\phi=0$ )	$C_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	50	140	45	105	190	125	270																																																																																																												
Angolo di attrito interno (con $c=0$ )	$\phi$ [°]	26	33	25	31	36	32	39																																																																																																												
Grado di Consolidamento	OCR	3.4	1.3	0.4	0.8	1.7	1.4	>4																																																																																																												
Modulo Edometrico	$E_d$ [kN/m <sup>2</sup> ]	6200	13900	6200	12800	21500	14900	37200																																																																																																												
Modulo Elastico (Young)	$E_s$ [kN/m <sup>2</sup> ]	8000	16200	8500	15500	25100	18100	108500																																																																																																												
Modulo di Reazione (Winkler)	$K_s$ [kN/m <sup>3</sup> ]	6200 14400	32700 34400	15700 23900	32000 34800	53400 117700	36700 88900	88000 323000																																																																																																												
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

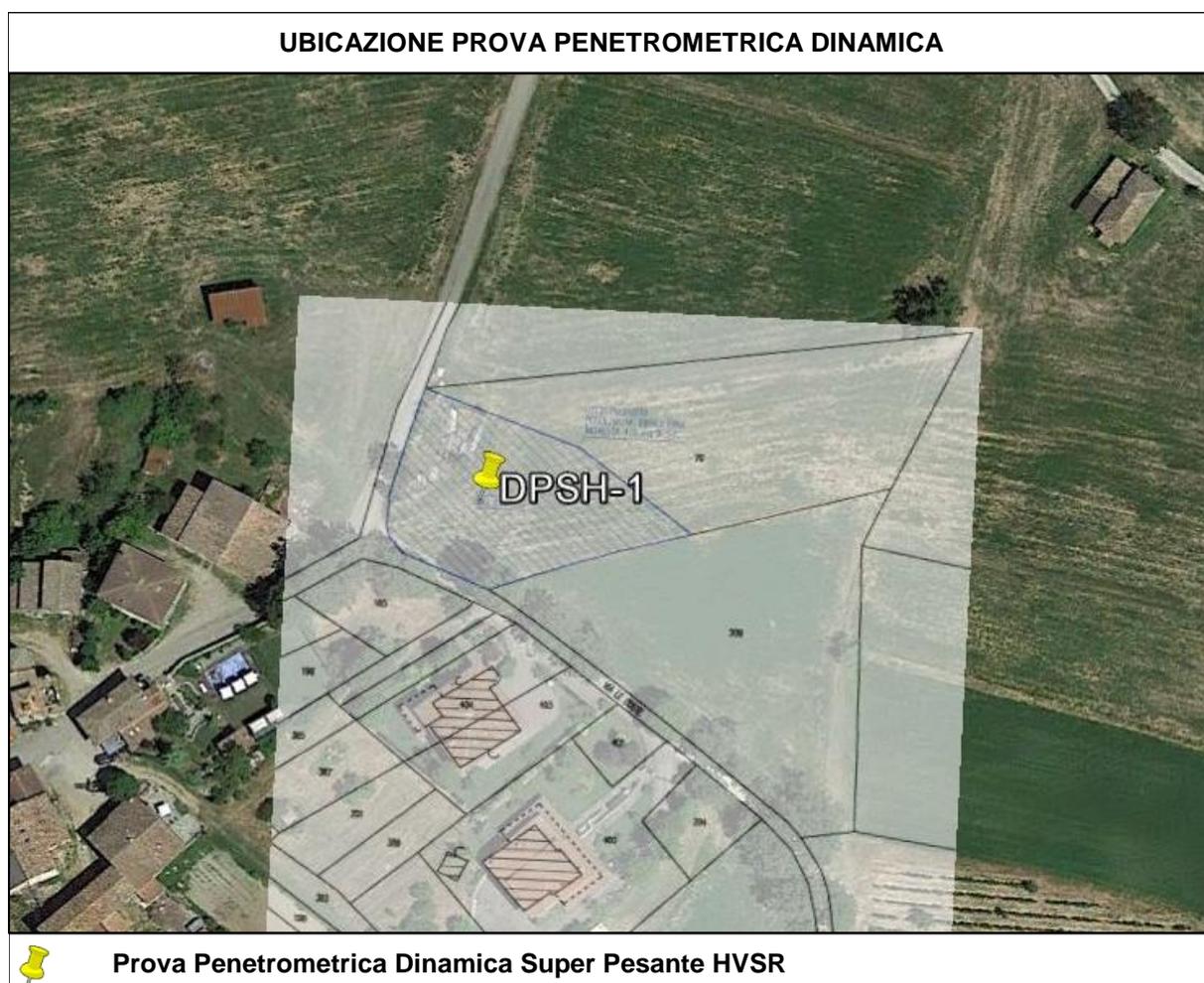




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-01

COMMITTENTE: VENTURELLI						LOCALITA': COSCOGNO						
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 19/09/2105						
NOME FILE: VENTURELLI DPSH-01						PENETROMETRO DPSH			FALDA NO			
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			$\sigma_v'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Asta	Rpd [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>3</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
			$\phi$ [°]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>1</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	Ed [kN/m <sup>2</sup> ]	Qa <sub>2</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]				
0.20	4	8.5	26.3	6003	34	57	5073	98	1.9	1	2979	119
0.40	6	12.2	28.6	8694	69	82	7347	142	5.7	1	4469	179
0.60	11	21.3	32.9	15151	163	143	12804	248	9.5	1	8194	328
0.80	14	26.6	35.0	18909	265	178	15980	310	13.3	1	10428	417
1.00	14	26.6	35.0	18909	307	178	15980	311	17.1	2	9666	387
1.20	13	24.9	34.3	17664	317	167	14927	293	20.9	2	8976	359
1.40	10	19.6	32.1	13882	265	131	11731	233	24.7	2	6905	276
1.60	10	19.6	32.1	13882	295	131	11731	234	28.5	2	6905	276
1.80	12	23.1	33.6	16412	395	155	13869	276	32.3	2	8285	331
2.00	5	10.4	27.5	7359	199	69	6219	131	36.1	3	3217	129
2.20	8	15.9	30.5	11314	311	107	9561	196	39.9	3	5148	206
2.40	14	26.6	35.0	18909	601	178	15980	320	43.7	3	9008	360
2.60	16	30.1	36.1	21380	743	202	18068	362	47.5	3	10295	412
2.80	22	40.4	38.6	28667	1131	271	24226	481	51.3	3	14156	566
3.00	20	37.0	37.8	26257	1068	248	22189	443	55.1	4	12049	482
3.20	13	24.9	34.3	17664	705	167	14927	305	58.9	4	7832	313
3.40	13	24.9	34.3	17664	744	167	14927	306	62.7	4	7832	313
3.60	35	62.0	42.9	44006	2691	415	37188	734	66.5	4	21085	843

H = Profondità del letto dello strato elementare [m]
N = Numero dei colpi del penetrometro per singolo avanzamento
N <sub>spt</sub> = Numero dei colpi della prova SPT (Standard Penetration Test)
$\phi^{\circ} = N_{spt} < 30 (15 \cdot N_{spt})^{-0.5} + 15 ; N_{spt} > 30 -0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$ (Road Bridge Specification; Carter & Bentley)
Mo = 710 · N <sub>spt</sub> [Modulo Confinato] [kN/m <sup>2</sup> ] (Farrent)
Qa <sub>1</sub> = [(h · γ' · N <sub>q</sub> ) + (½ b · γ' · N <sub>γ</sub> )] / 3; b=1 m [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; N <sub>q</sub> , N <sub>γ</sub> Meyerhof)
Ed = 600 · N <sub>spt</sub> [Modulo Edometrico] [kN/m <sup>2</sup> ] (Stroud & Butler)
Cu = 6.7 · N <sub>spt</sub> [kN/m <sup>2</sup> ] (Terzaghi)
Qa <sub>2</sub> = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3; [kN/m <sup>2</sup> ] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
R <sub>dp</sub> = M <sup>2</sup> · H / [A · e · (M + P)] [kN/m <sup>2</sup> ] (Formula degli Olandesi)
Qa <sub>3</sub> = (R <sub>dp</sub> / 15 ÷ 30); Qa = (R <sub>pd</sub> / 25) [kN/m <sup>2</sup> ] (Carico Ammissibile, Sanglerat)



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

COMMITTENTE: VENTURELLI						LOCALITA': COSCOGNO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 19/09/2105					
NOME FILE VENTURELLI 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> ]
0.4	5.0	10.3	27.4	7348	51	69	6210	120	3.8	3724	149
1.8	12.0	23.1	33.6	16402	287	155	13860	272	20.9	8480	339
2.0	5.0	10.4	27.5	7359	199	69	6219	131	36.1	3217	129
2.4	11.0	21.3	32.7	15111	456	143	12770	258	41.8	7078	283
3.0	19.3	35.8	37.5	25435	981	240	21494	428	51.3	12166	487
3.4	13.0	24.9	34.3	17664	724	167	14927	306	60.8	7832	313
3.6	35.0	62.0	42.9	44006	2691	415	37188	734	66.5	21085	843

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)	
$\phi = N_{spt} < 30 \ (15 \cdot N_{spt})^{-5} + 15; \ N_{spt} > 30 \ -0.0015 \cdot N_{spt}^2 + 0.353 \cdot N_{spt} + 26.782$	(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: VENTURELLI						LOCALITA': COSCOGNO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 19/09/2105					
NOME FILE VENTURELLI 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> ]			
0.4	5.0	10.3	0.2	18.5	3.8	78.6	6166	8018	3.4	14409	6210
1.8	12.0	23.1	1.1	19.6	20.9	100.0	34390	16170	1.3	32658	13860
2.0	5.0	10.4	1.9	18.5	36.1	65.6	23939	8502	0.4	15722	6219
2.4	11.0	21.3	2.2	19.5	41.8	91.6	54774	15522	0.8	30991	12770
3.0	19.3	35.8	2.7	20.3	51.3	100.0	117722	25077	1.7	51400	21494
3.4	13.0	24.9	3.2	19.8	60.8	91.6	86925	18148	1.4	36703	14927
3.6	35.0	62.0	3.5	21.2	66.5	100.0	322954	108466	>4	88039	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: VENTURELLI				LOCALITA': COSCOGNO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 19/09/2105							
NOME FILE VENTURELLI 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> ]
0.4	5.0	10.3	2	27.4	1.6	25.8	21.2	69	18.0	52	37
1.8	12.0	23.1	7	33.6	1.2	32.6	27.1	155	20.5	138	99
2.0	5.0	10.4	1	27.5		25.2	20.6	69		45	32
2.4	11.0	21.3	2	32.7	3.2	30.8	25.5	143	50.7	106	76
3.0	19.3	35.8	3	37.5	1.3	35.7	29.9	240	35.0	189	135
3.4	13.0	24.9	2	34.3	0.0	32.3	26.8	167	0.0	124	89
3.6	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: VENTURELLI				LOCALITA': COSCOGNO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 19/09/2105							
NOME FILE VENTURELLI 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> ]
0.4	5.0	10.3	2	27.4	1.6	24.3	24.3	69	18.0	45	45
1.8	12.0	23.1	7	33.6	1.2	31.5	31.5	155	20.5	123	123
2.0	5.0	10.4	1	27.5		24.3	24.3	69		45	45
2.4	11.0	21.3	2	32.7	3.2	29.0	29.0	143	50.7	92	92
3.0	19.3	35.8	3	37.5	1.3	33.2	33.2	240	35.0	155	155
3.4	13.0	24.9	2	34.3	0.0	30.4	30.4	167	0.0	108	108
3.6	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)

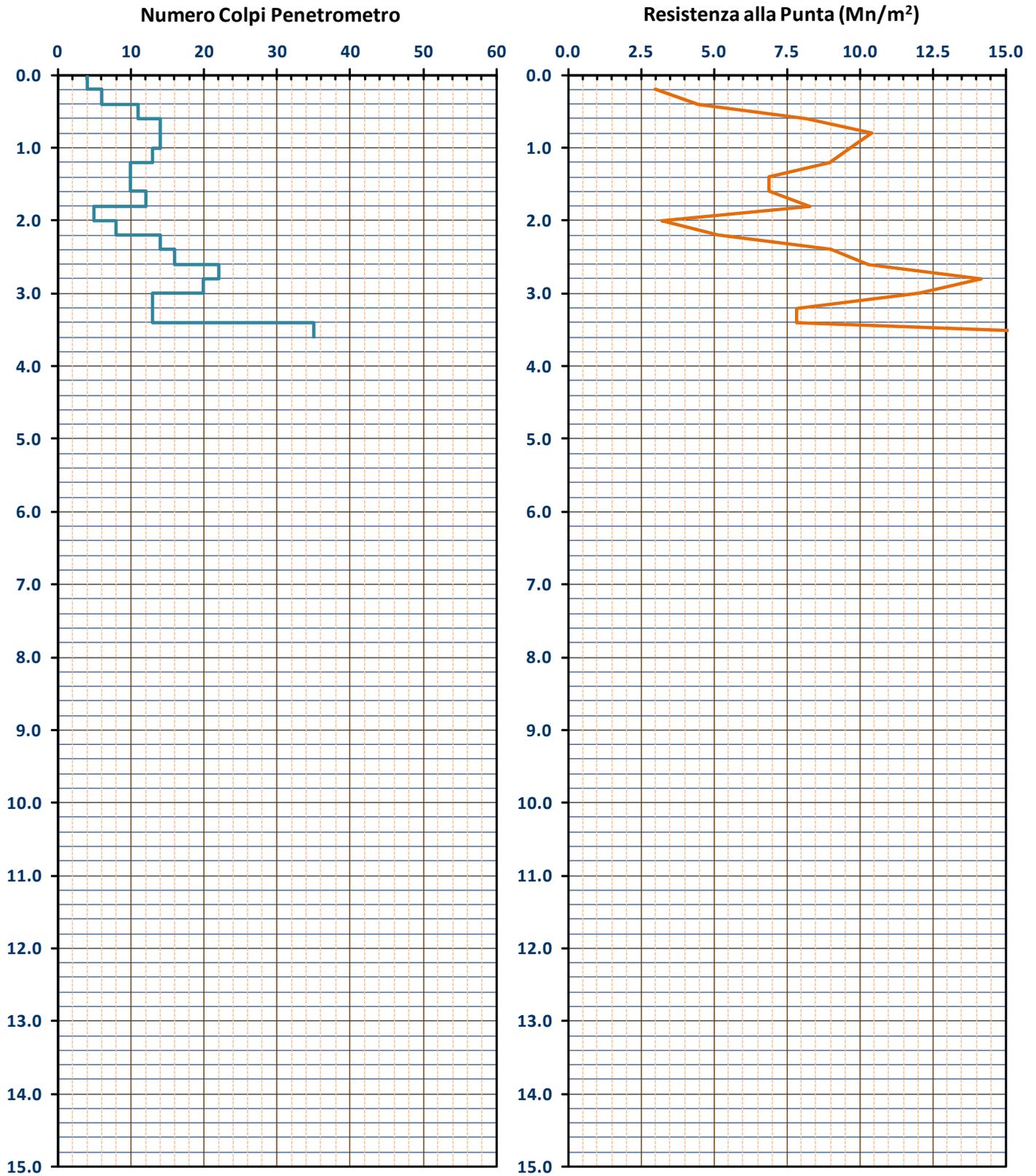
$C_{ud}$  = Valore di progetto della coesione non drenata (M1) [ $\gamma_{cu} = 1.0$ ]



**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DPSH-01**

COMMITTENTE: VENTURELLI	LOCALITA': COSCOGNO
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 19/09/2105
NOME FILE: VENTURELLI DPSH-01	PENETROMETRO DPSH

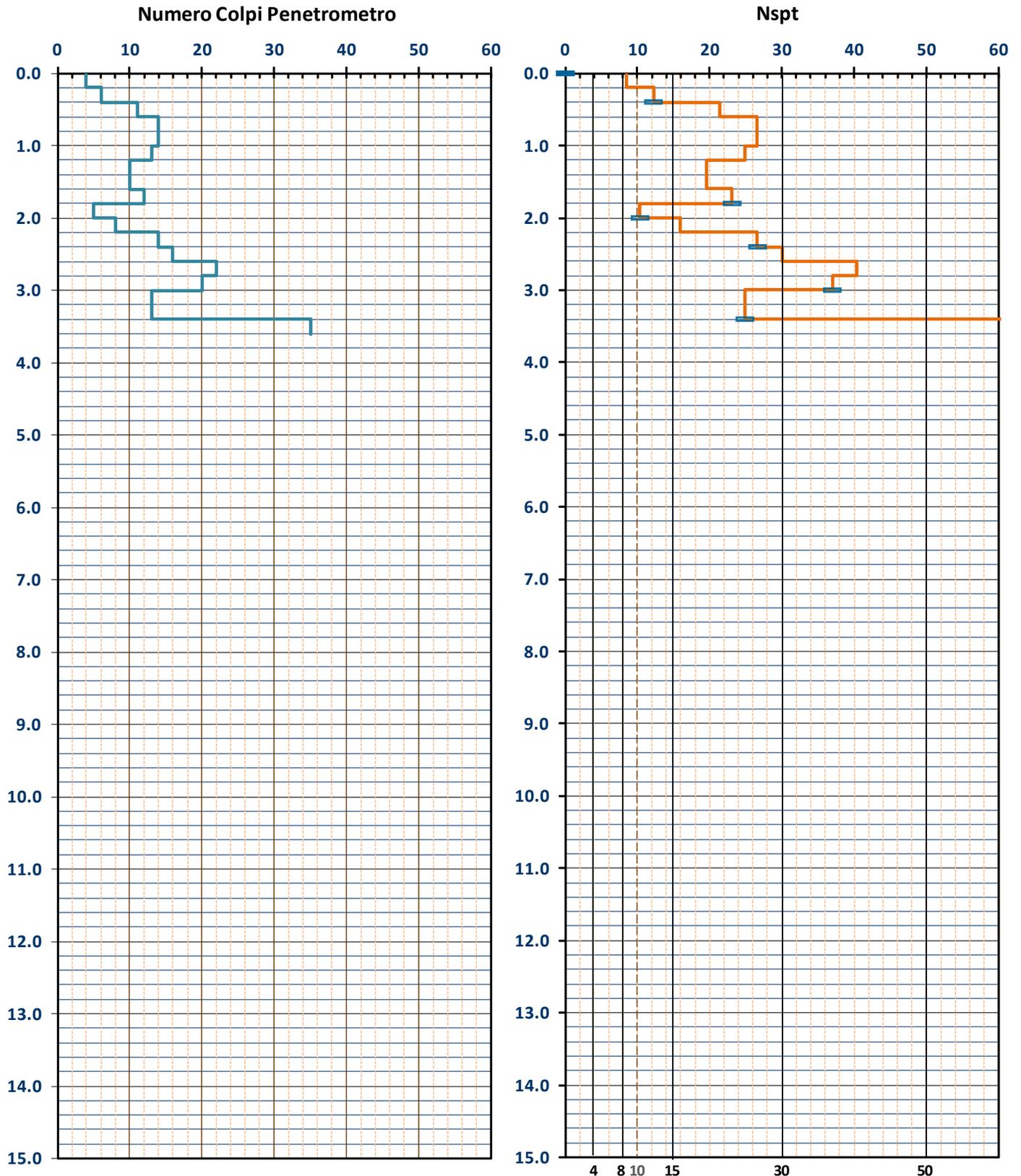




**GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

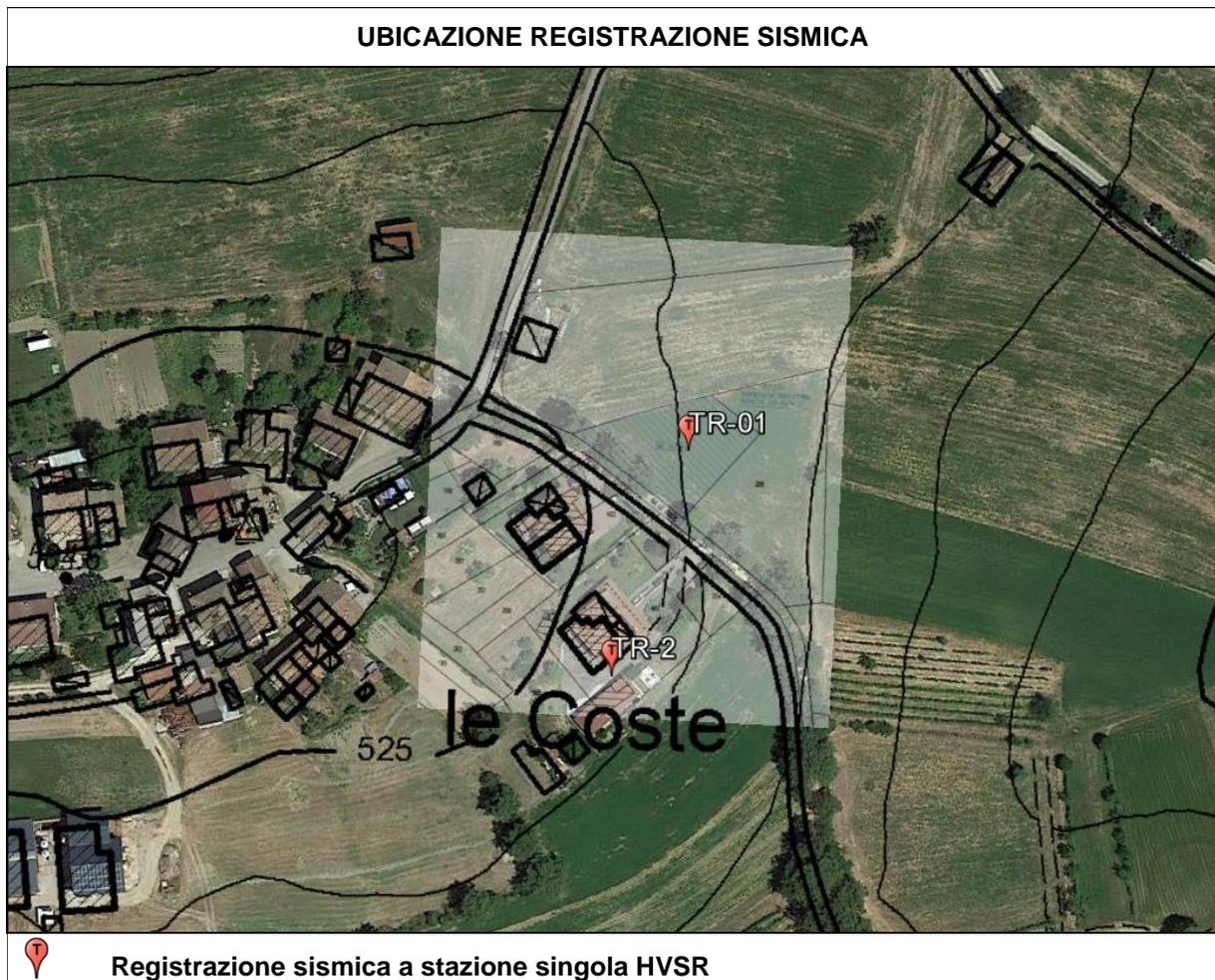
**DPSH-01**

COMMITTENTE: VENTURELLI	LOCALITA': COSCOGNO
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 19/09/2105
NOME FILE: VENTURELLI DPSH-01	PENETROMETRO DPSH



# ALLEGATO B

## Registrazioni Sismiche - Parametri Sismici





15\_067

TR\_01

Instrument: TRS-0016/01-06

Start recording: 19/09/15 10:18:15 End recording: 19/09/15 10:38:16

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS location: 010°51.7581 E, 44°23.2315 N (565.1 m)

(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples

Satellite no.: 04

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

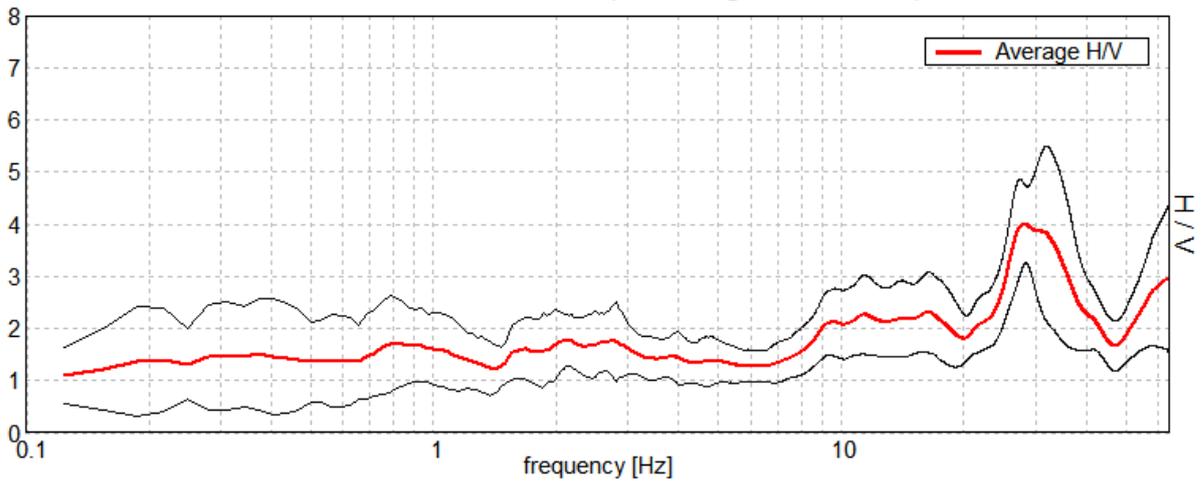
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

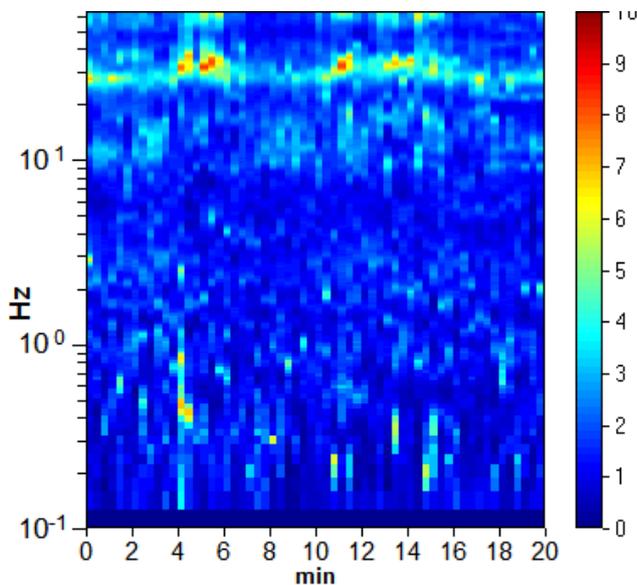
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

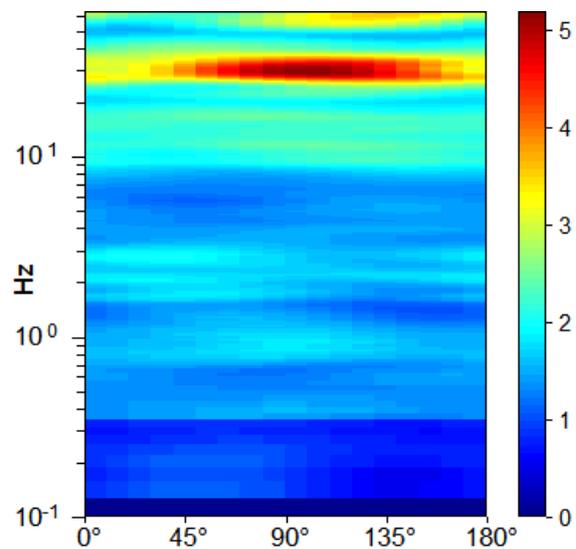
Max. H/V at  $28.13 \pm 0.41$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY

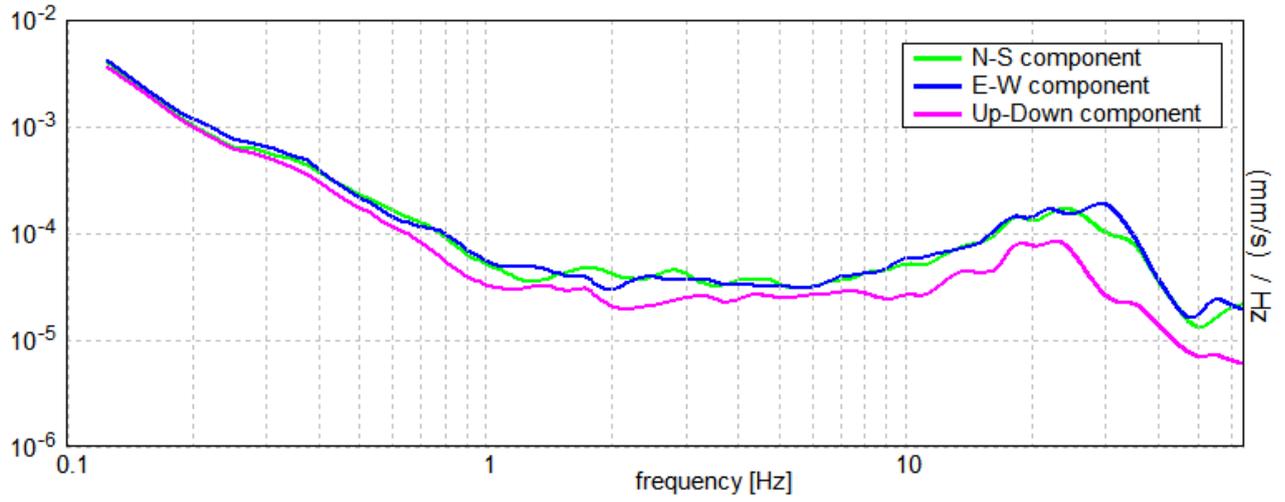


### DIRECTIONAL H/V



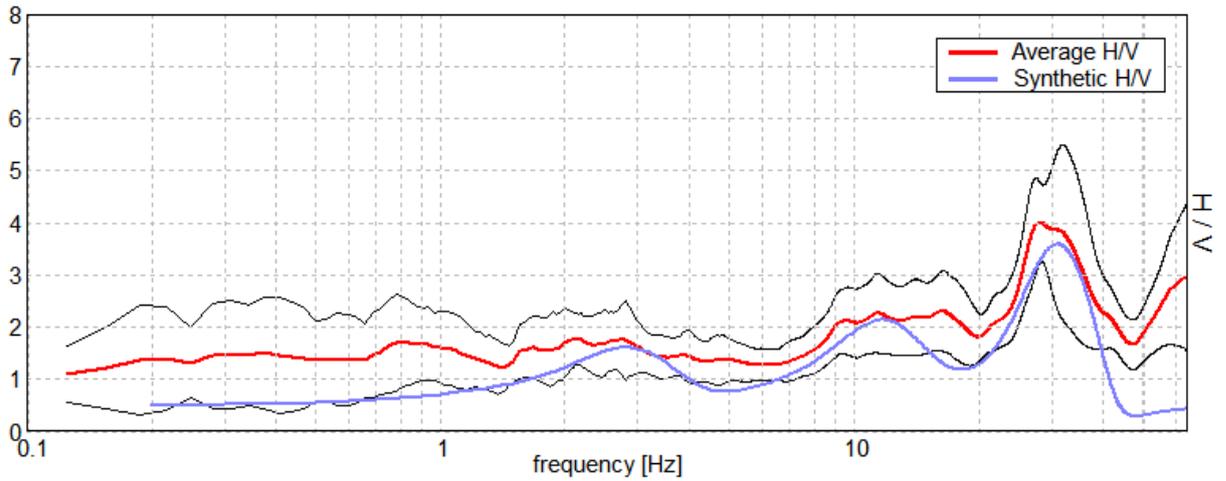


### SINGLE COMPONENT SPECTRA



### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

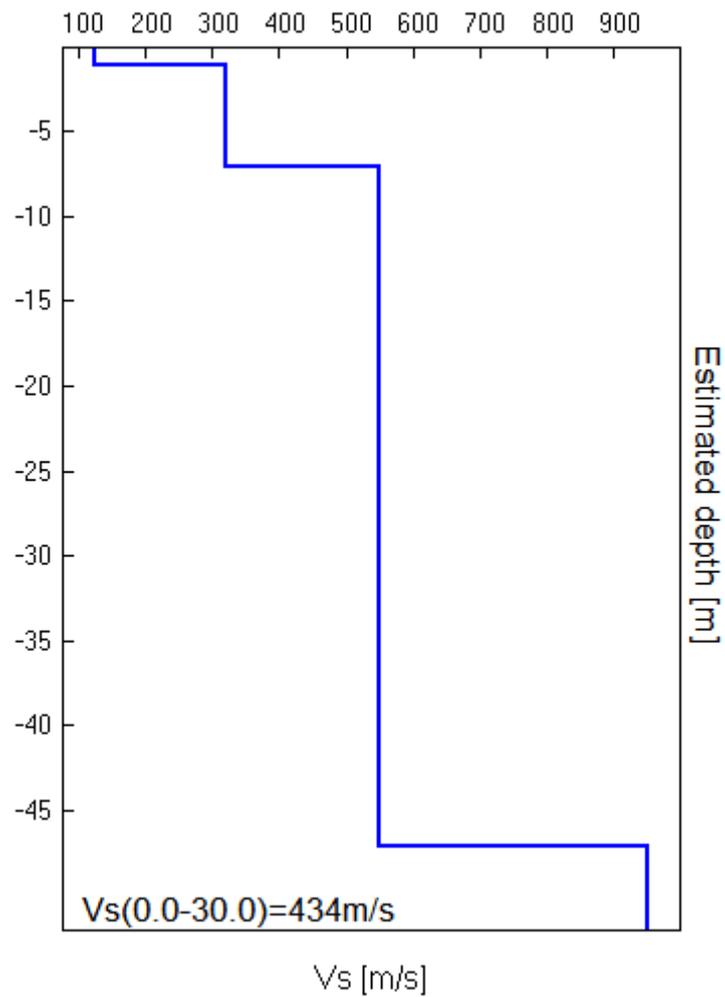
Max. H/V at  $28.13 \pm 0.41$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





Bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.10	1.10	125	0.35
7.10	6.00	320	0.35
47.10	40.00	550	0.35
inf.	inf.	950	0.35

**Vs(0.0-30.0)=434m/s**





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

**Max. H/V at 28.13 ± 0.41 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteria for a reliable H/V curve</b>			
[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	28.13 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	33750.0 > 200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1351 times	<b>OK</b>	
<b>Criteria for a clear H/V peak</b>			
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	21.344 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>	43.219 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	4.00 > 2	<b>OK</b>	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.00723  < 0.05	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.20346 < 1.40625	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.3842 < 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\_066/15\_067

TR\_02

Strumento: TRS-0016/01-06

Inizio registrazione: 23/06/11 17:55:44 Fine registrazione: 23/06/11 18:15:45

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Posizione GPS: 010°51.7397 E, 44°23.1947 N (554.7 m)

(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di acquisizione + 0 campioni

Num. satelliti: 04

Durata registrazione: 0h20'00".

Analizzato 76% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

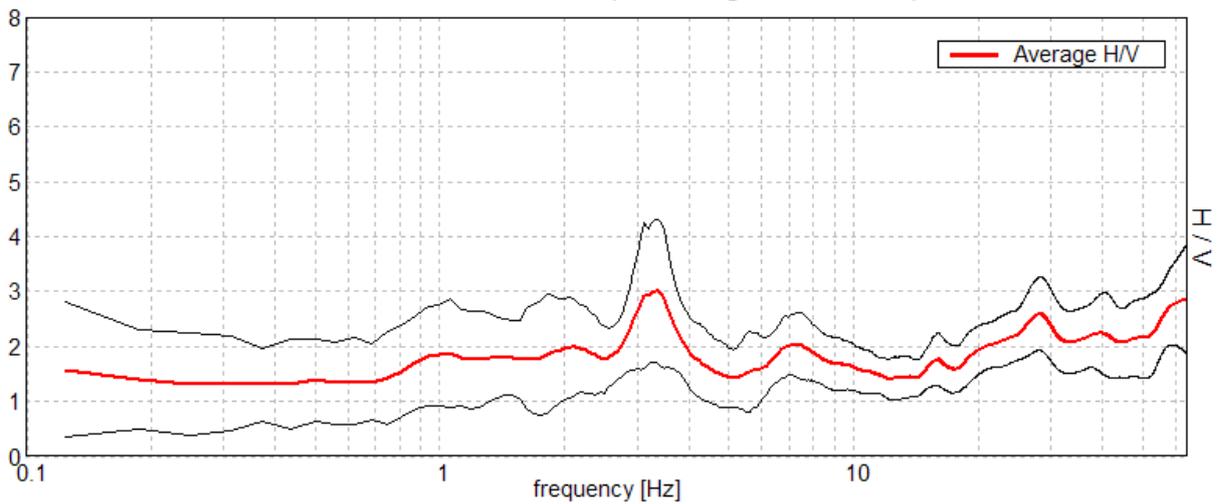
Lunghezza finestre: 10 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

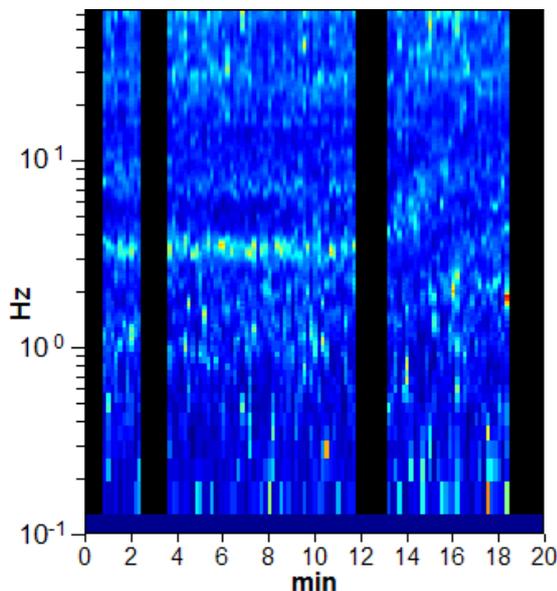
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

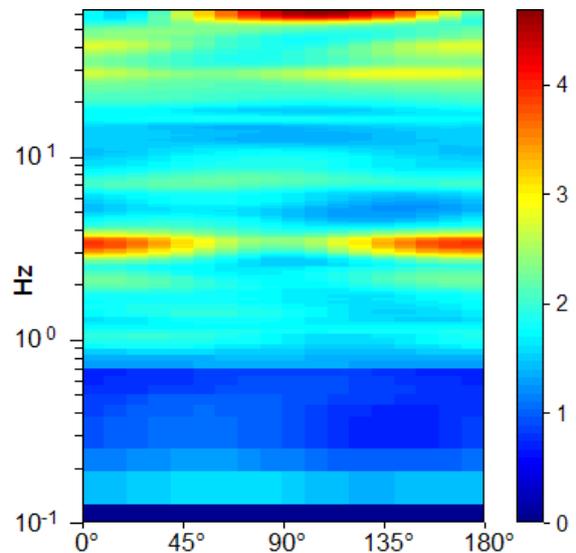
Max. H/V at 3.31 ± 0.09 Hz. (In the range 1.0 - 64.0 Hz).



### SERIE TEMPORALE H/V

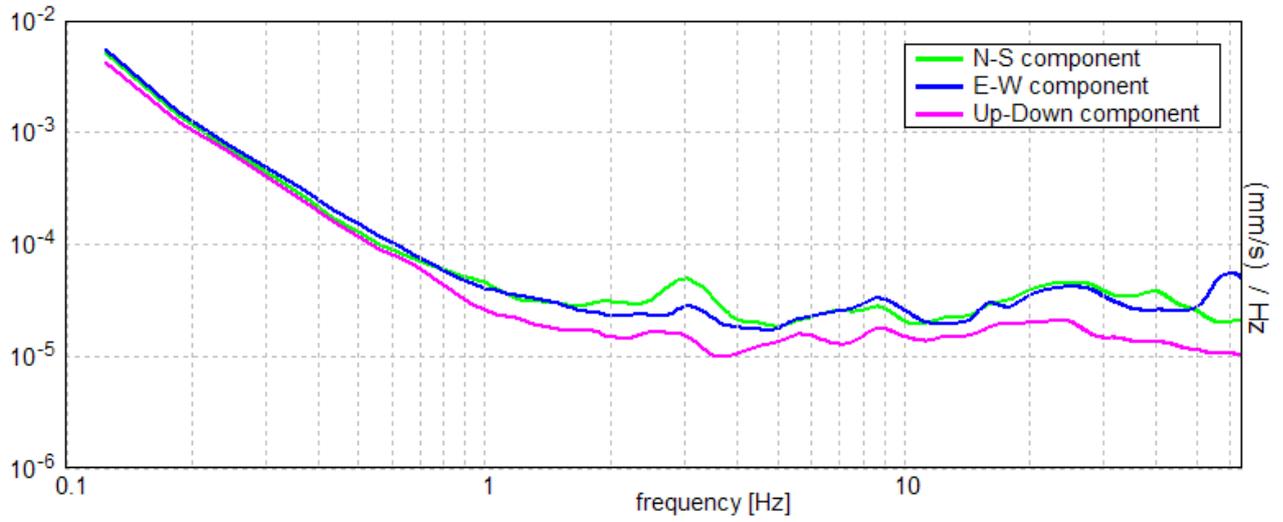


### DIREZIONALITA' H/V



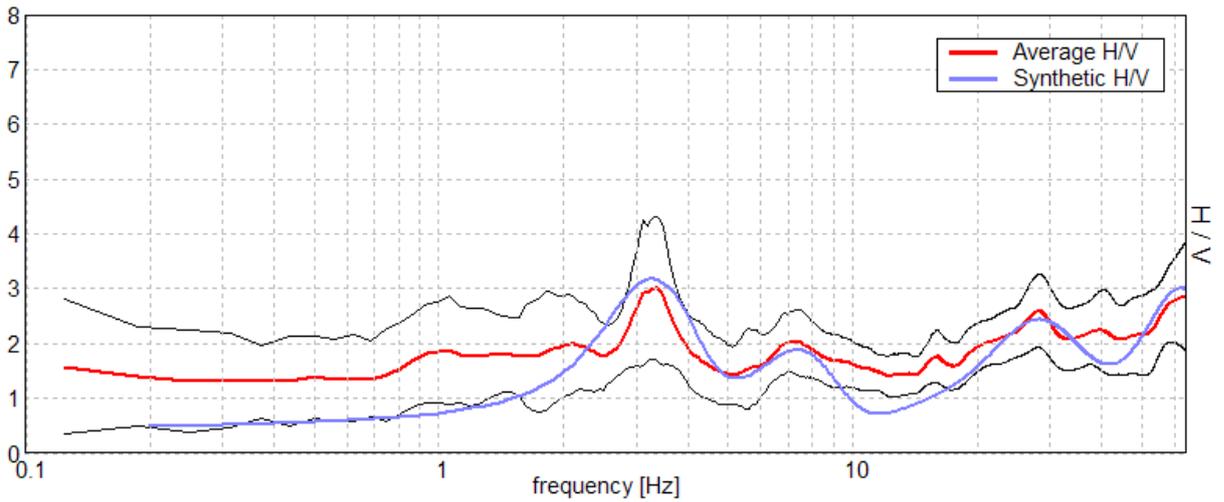


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

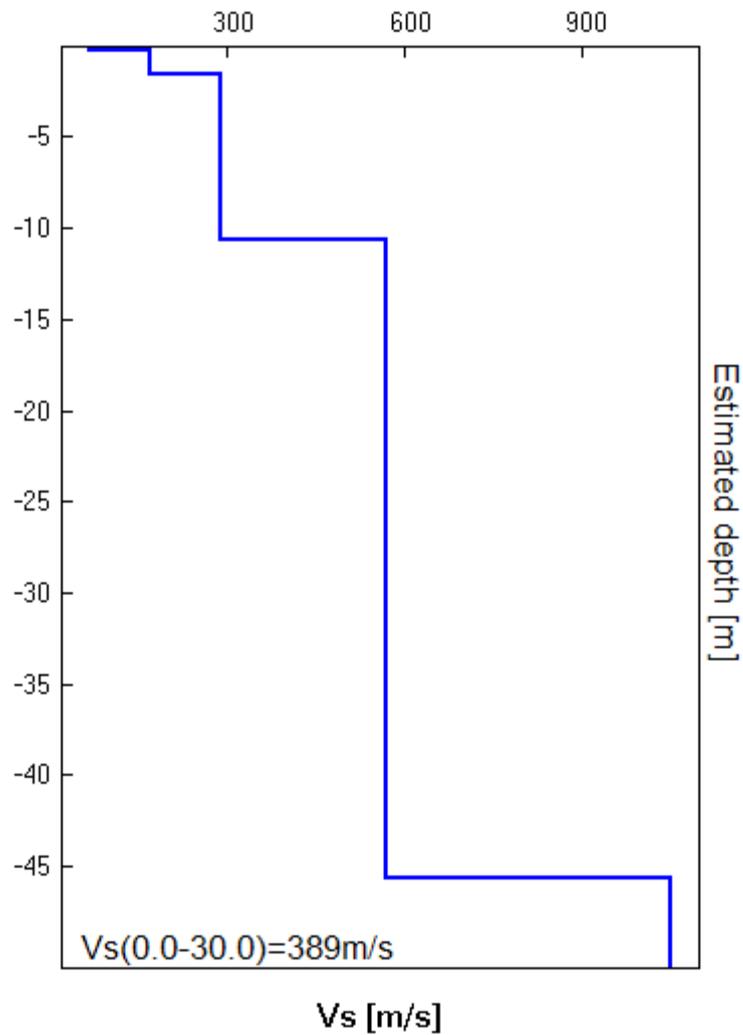
Max. H/V at  $3.31 \pm 0.09$  Hz. (In the range 1.0 - 64.0 Hz).





Base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.30	0.30	68	0.35
1.60	1.30	170	0.35
10.60	9.00	290	0.35
45.60	35.00	570	0.35
inf.	inf.	1050	0.35

**Vs(0.0-30.0)=389m/s**





[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $3.31 \pm 0.09$  Hz (nell'intervallo 1.0 - 64.0 Hz).**

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b> [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	$3.31 > 1.00$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$3014.4 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 80	<b>OK</b>	
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b> [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>			<b>NO</b>
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	4.75 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$3.02 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01399  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04634 < 0.16563$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.6536 < 1.58$	<b>OK</b>	

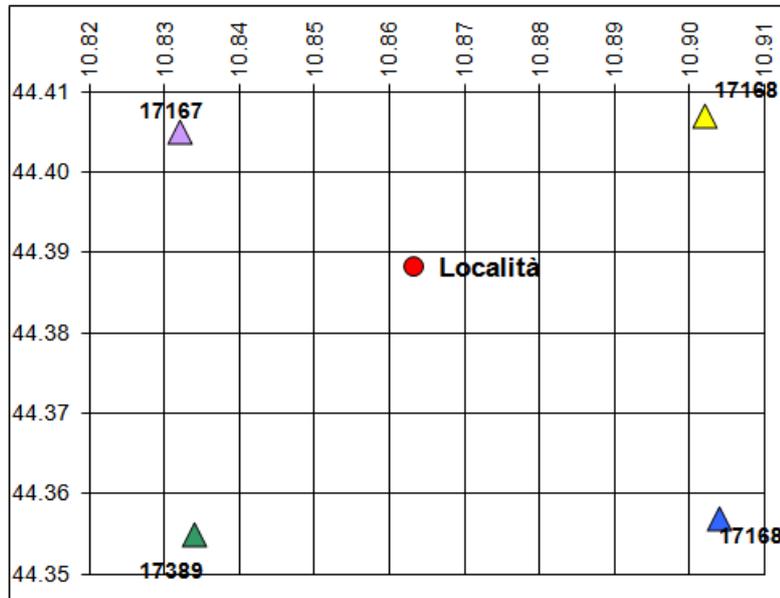
$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per $\sigma_f$ e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



Coordinate geografiche della località in esame				
	LON	LAT	Tolleranza	
	[°]	[°]	[°]	[km]
Località	<b>10.8632</b>	<b>44.3883</b>	<b>0.0001</b>	0.014

Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo				
ID	LON	LAT	DIST [°]	[km]
17167	10.832	44.405	0.028	3.098
17168	10.902	44.407	0.033	3.719
17389	10.834	44.355	0.039	4.378
17390	10.904	44.357	0.043	4.765



#### 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>0.055</b>	<b>2.50</b>	<b>0.25</b>	1.200	0.121	0.363	1.821	0.792
SLE	Danno	63%	50	<b>0.068</b>	<b>2.50</b>	<b>0.26</b>	1.200	0.127	0.380	1.873	0.882
SLU	Salv. Vita	10%	475	<b>0.159</b>	<b>2.50</b>	<b>0.29</b>	1.200	0.136	0.409	2.235	1.342
SLU	Collasso	5%	975	<b>0.199</b>	<b>2.50</b>	<b>0.30</b>	1.200	0.140	0.420	2.397	1.509



## SPETTRI ELASTICI SLU

Tr = 475 anni (SLV)

Tr = 975 anni (SLC)

