



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)

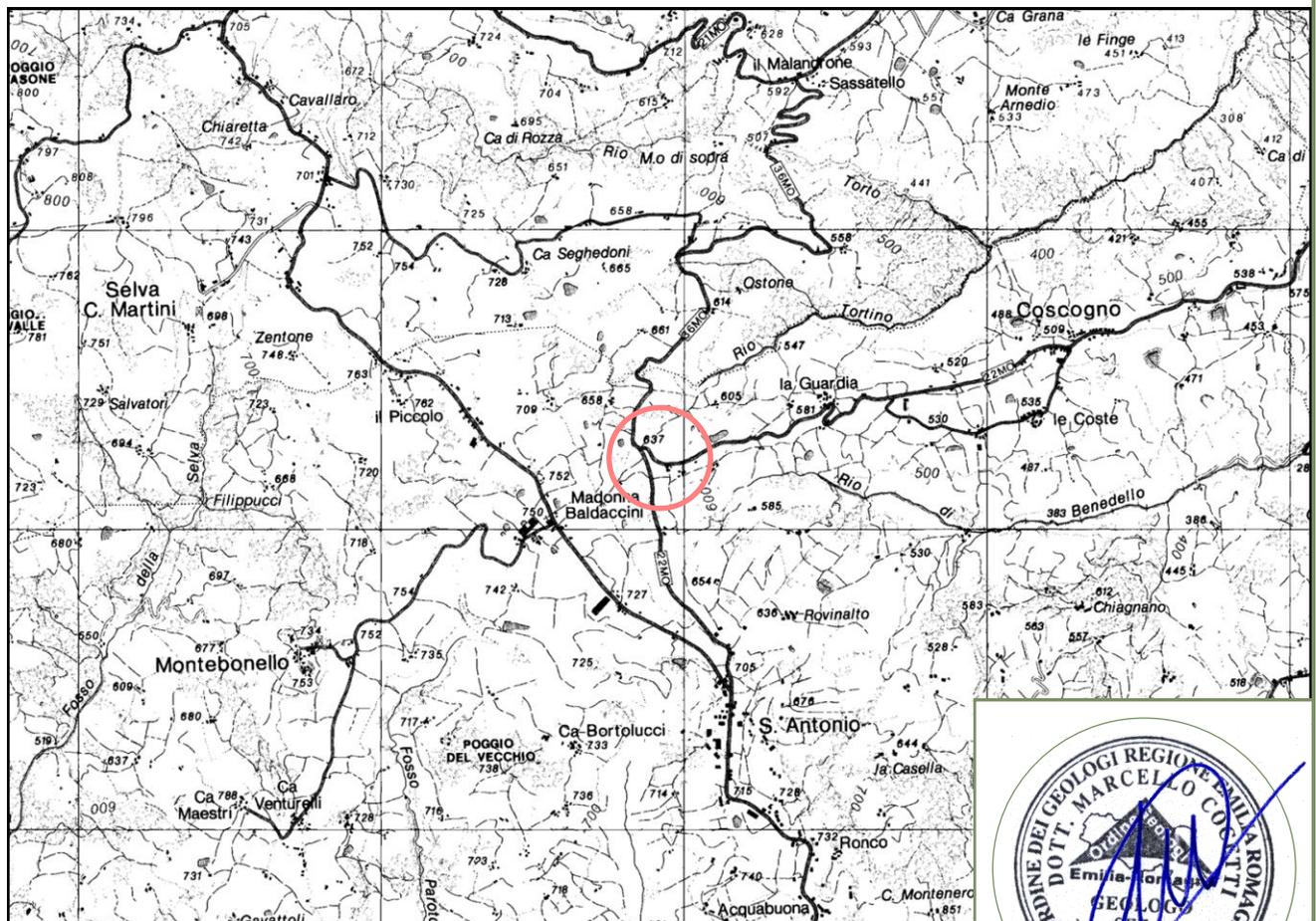
OGGETTO : **MANIFESTAZIONE DI INTERESSE - PROPOSTA RIGUARDO AD INTERVENTI DA PROGRAMMARE NEL PIANO OPERATIVO COMUNALE (POC) DEL COMUNE DI PAVULLO**

LOCALITÀ : **VIA COSCOGNO**

COMUNE : **PAVULLO NEL FRIGNANO**

COMMITTENTE : **BIOLCHINI BARTOLOMEO**

PROGETTO : **FLORINI ING EMER**



UBICAZIONE DELL'INTERVENTO SCALA 1:50'000

1 Km

TAV. F236

COORDINATE UTM

Est: 645835

Nord: 916420





INDICE

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

RIFERIMENTI NORMATIVI

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

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

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



RIFERIMENTI CARTOGRAFICI

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:25000.
TAVOLA 236-NO

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:10000.
SEZIONE 236020

CARTOGRAFIA CTR Scala 1:5000.
ELEMENTO 236021

ESTRATTO CATASTALE Scala 1:2000. COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO.
FOGLIO 6; MAPPALE 99.

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

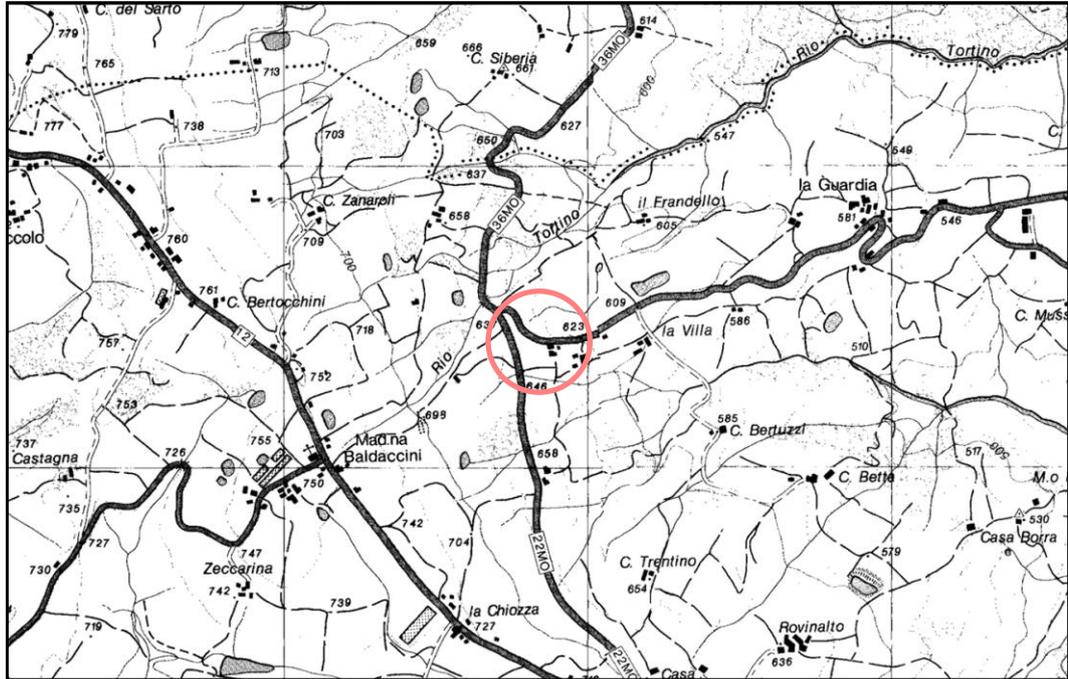


CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:25'000

TAVOLA 236no

TAV. 1

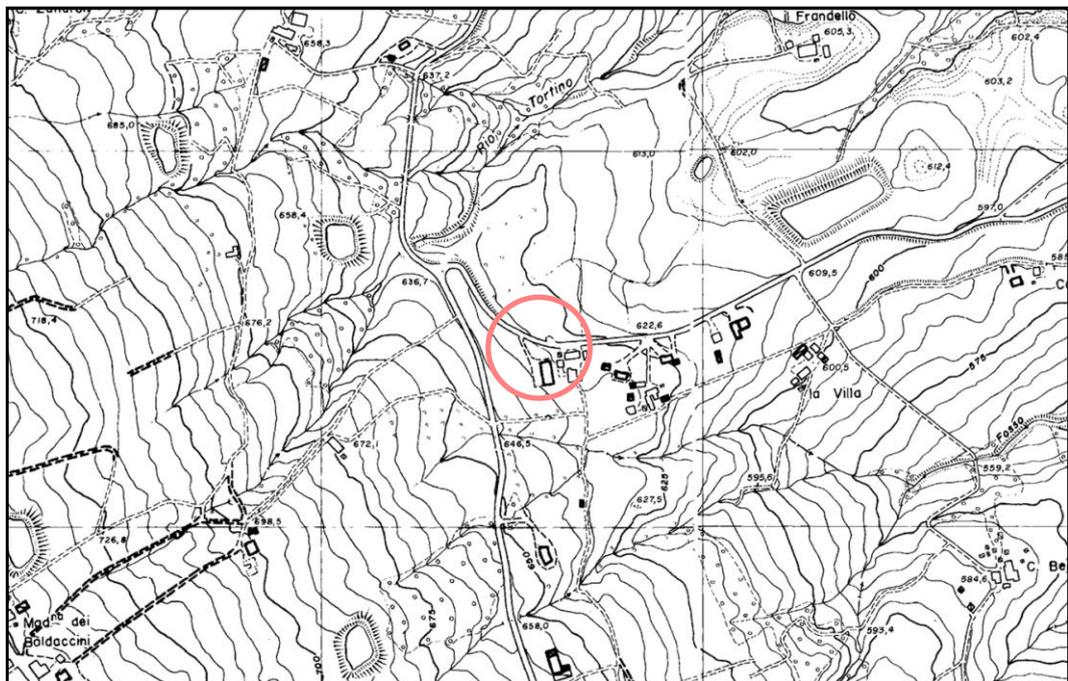


CARTOGRAFIA C.T.R.

Scala 1:10'000

SEZIONE 236020

TAV. 2

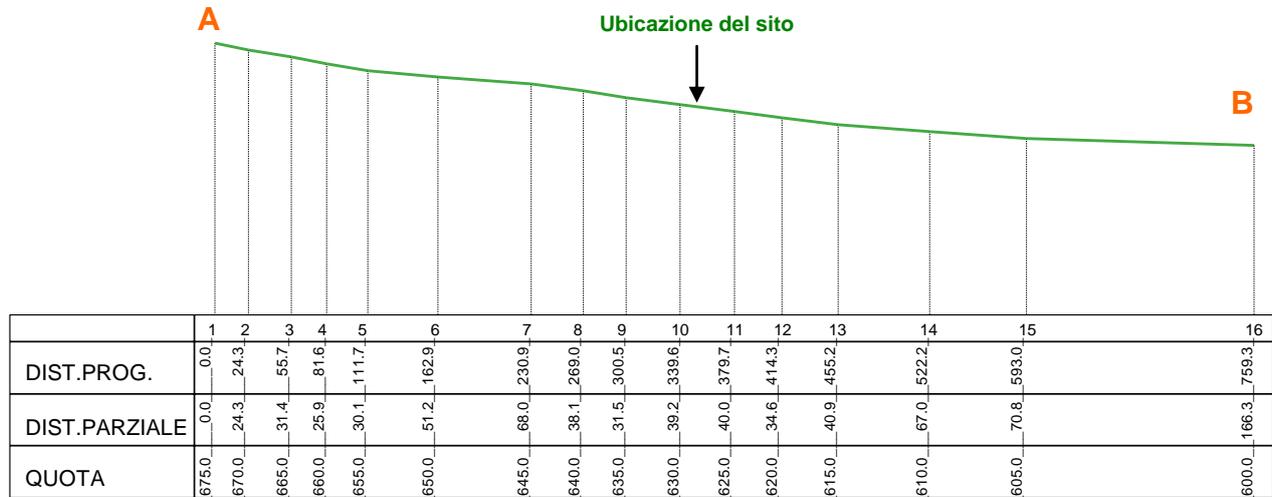


 UBICAZIONE DEL SITO



SEZIONE TOPOGRAFICA

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



MORFOMETRIA DEL VERSANTE

RILEVATO DALLA CARTA TECNICA REGIONALE

Scala 1:5000

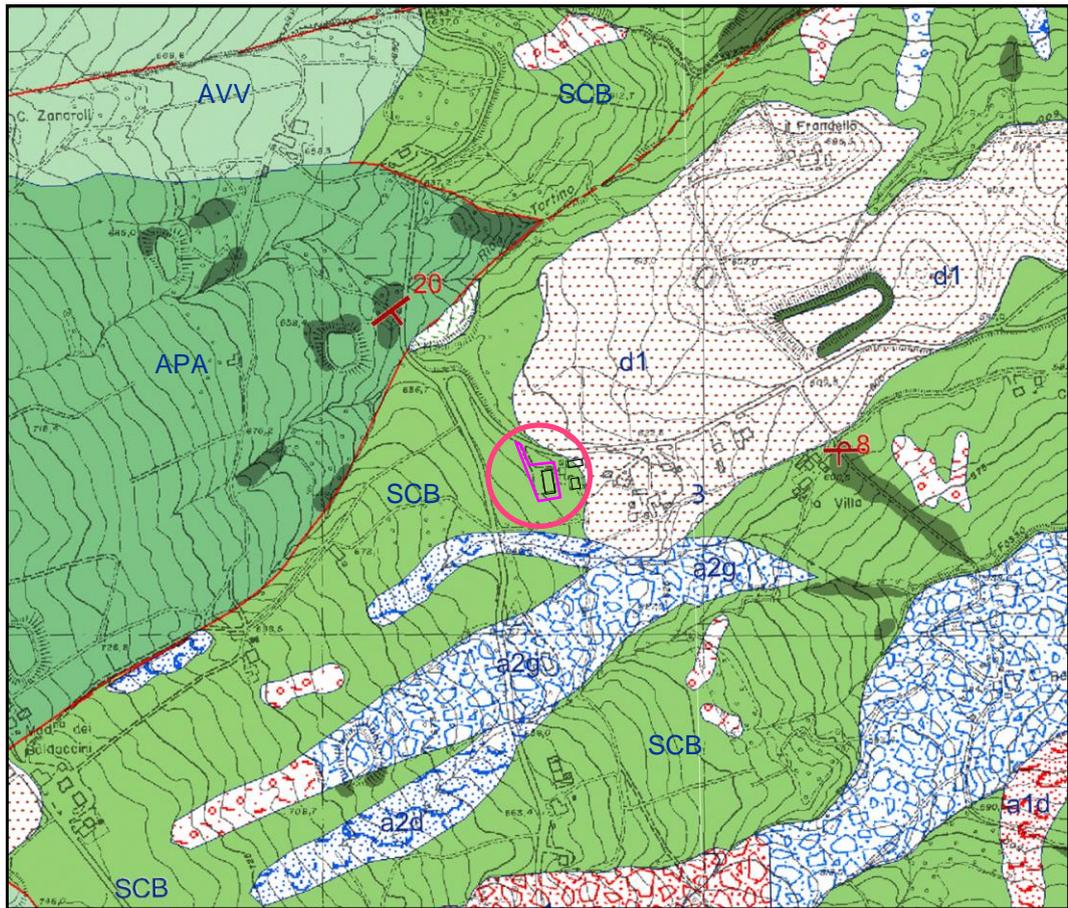
Pun.n°	D.Prog.	D.Parz.	Quota	Acc.%	Acc.°
0002.0	0024.3	0024.3	0670.0	020.6	011.6
0003.0	0055.7	0031.4	0665.0	015.9	009.0
0004.0	0081.6	0025.9	0660.0	019.3	010.9
0005.0	0111.7	0030.1	0655.0	016.6	009.4
0006.0	0162.9	0051.2	0650.0	009.8	005.6
0007.0	0230.9	0068.0	0645.0	007.4	004.2
0008.0	0269.0	0038.1	0640.0	013.1	007.5
0009.0	0300.5	0031.5	0635.0	015.9	009.0
0010.0	0339.6	0039.2	0630.0	012.8	007.3
0011.0	0379.7	0040.0	0625.0	012.5	007.1
0012.0	0414.3	0034.6	0620.0	014.4	008.2
0013.0	0455.2	0040.9	0615.0	012.2	007.0
0014.0	0522.2	0067.0	0610.0	007.5	004.3
0015.0	0593.0	0070.8	0605.0	007.1	004.0
0016.0	0759.3	0166.3	0600.0	003.0	001.7



CARTA GEOLOGICA CARG

Scala 1:10'000

TAV. 4



DESCRIZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICHE PRESENTI IN CARTA

Depositi quaternari continentali

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

Unità liguri

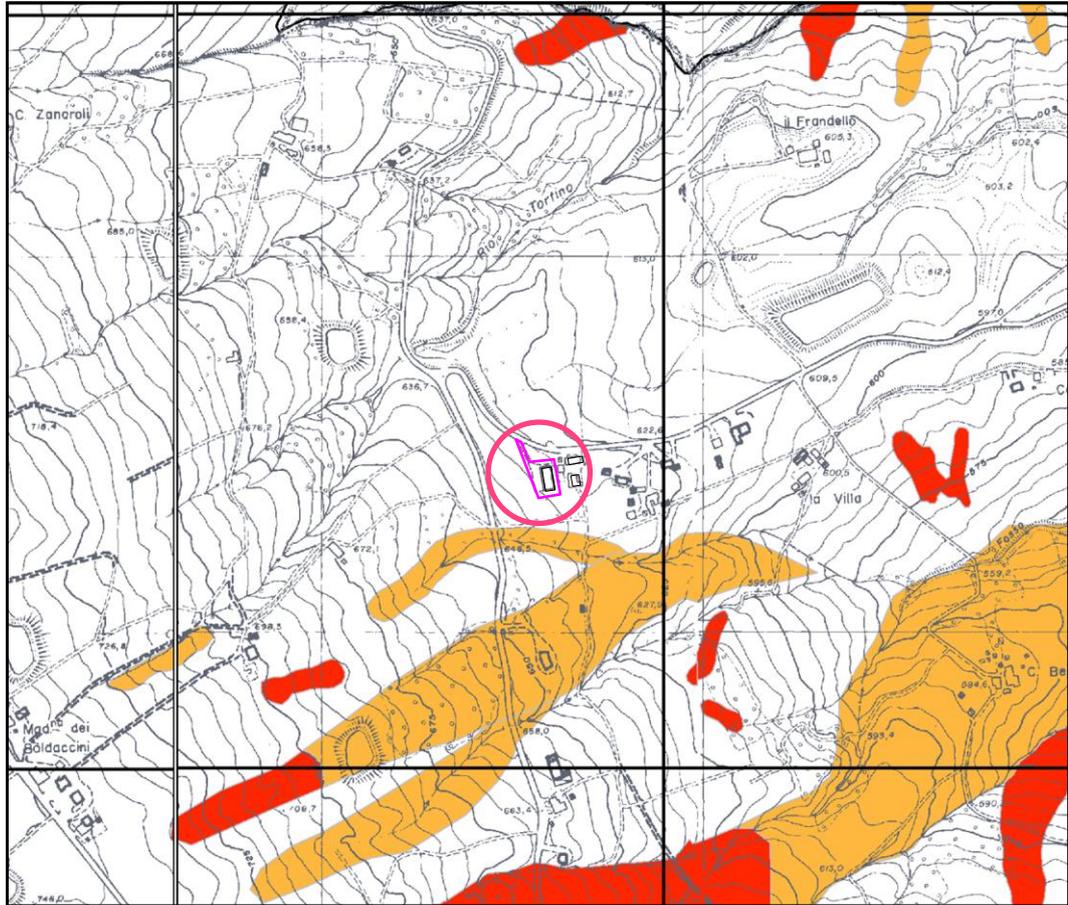
	AVI - Argille di Viano
	MCS - Flysch di Monte Cassio
	MOH - Formazione di Monghidoro
	MOV - Formazione di Monte Venere
	AVV - Argille Varicolori di Cassio
	SCB - Arenarie di Scabiazza
	APA - Argille a palombini



CARTA DEL DISSESTO PTCP

Scala 1:10'000

TAV. 5



PTCP Provincia di Modena
Carta del Dissesto

Scala 1:10000



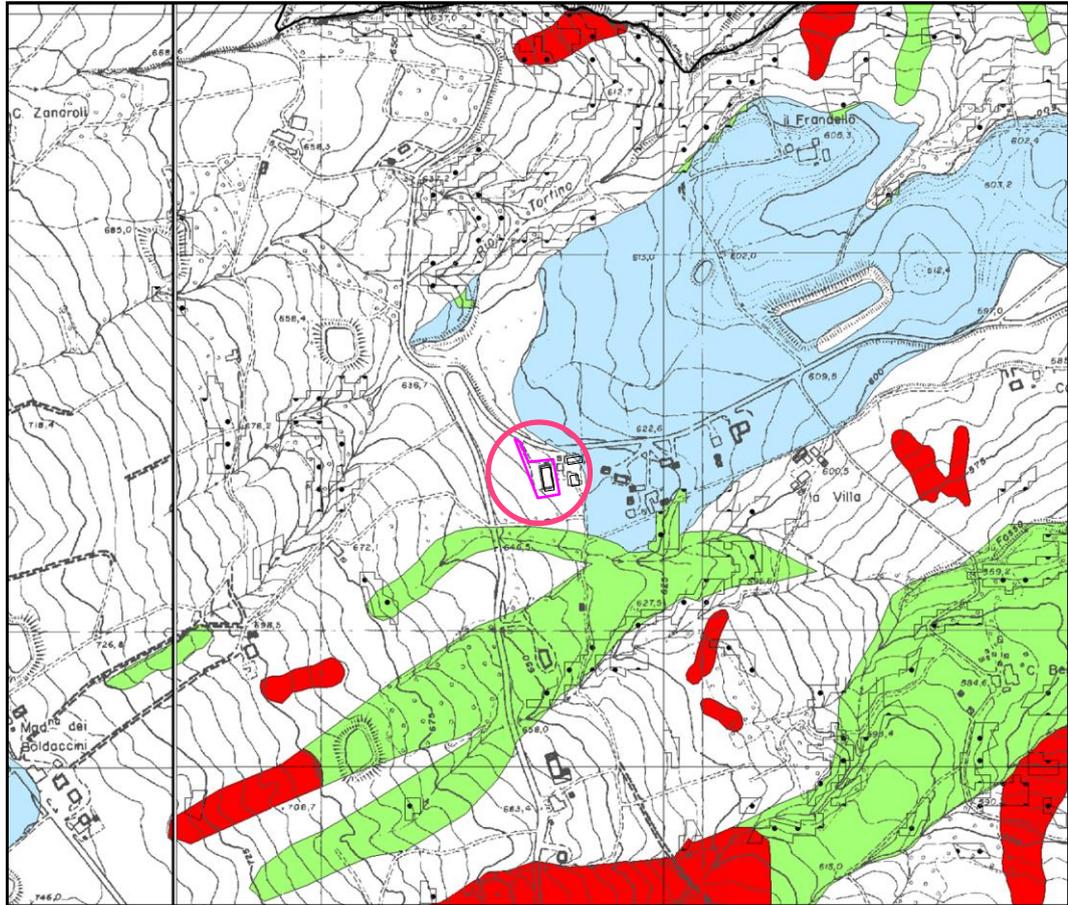
VOCI DI LEGENDA			
Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità			
			Aree interessate da frane attive
			Aree interessate da frane quiescenti
			Art.15
Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità			
			Aree potenzialmente instabili
			Art.16
Aree a rischio idrogeologico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

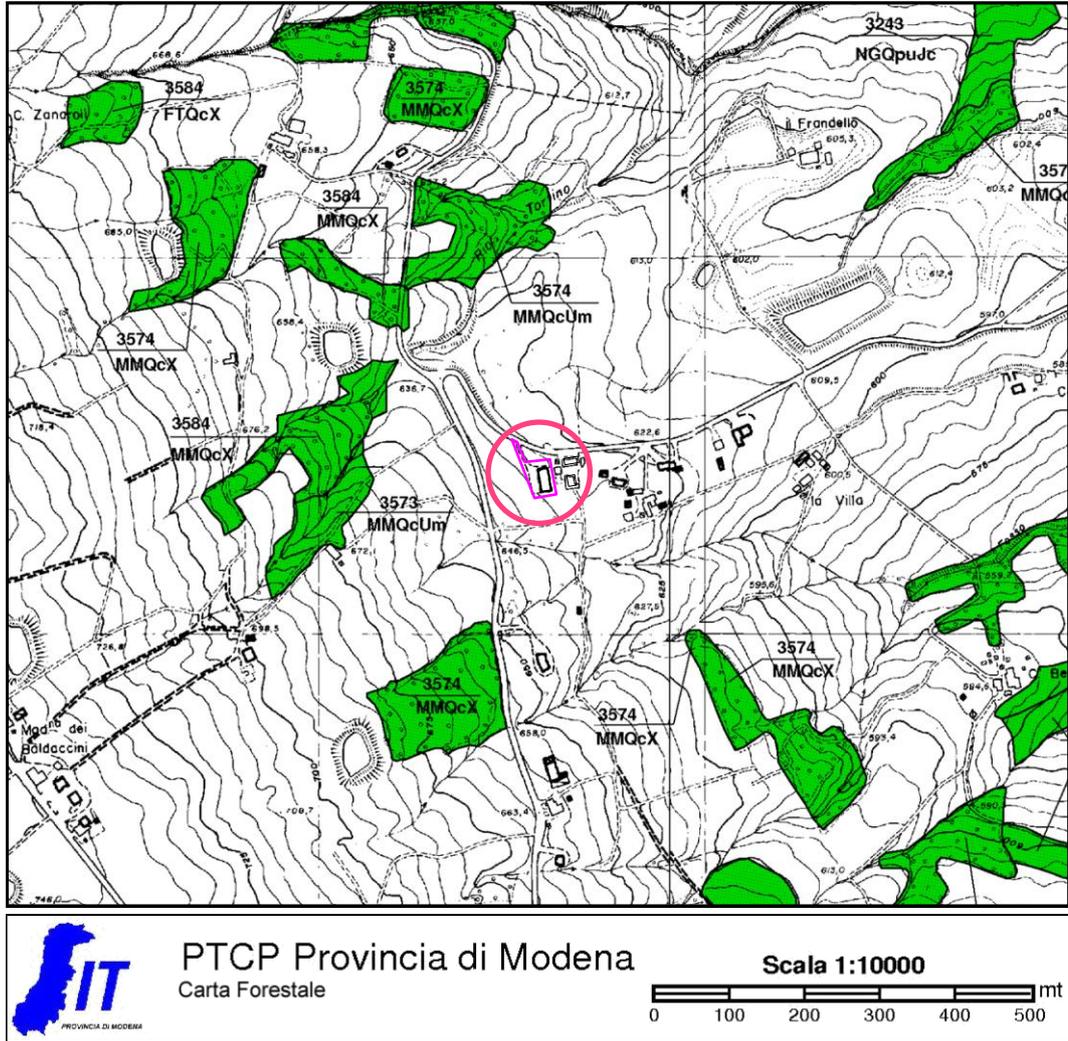
1	<p>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche <u>studi</u>": valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi); <u>microzonazione sismica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

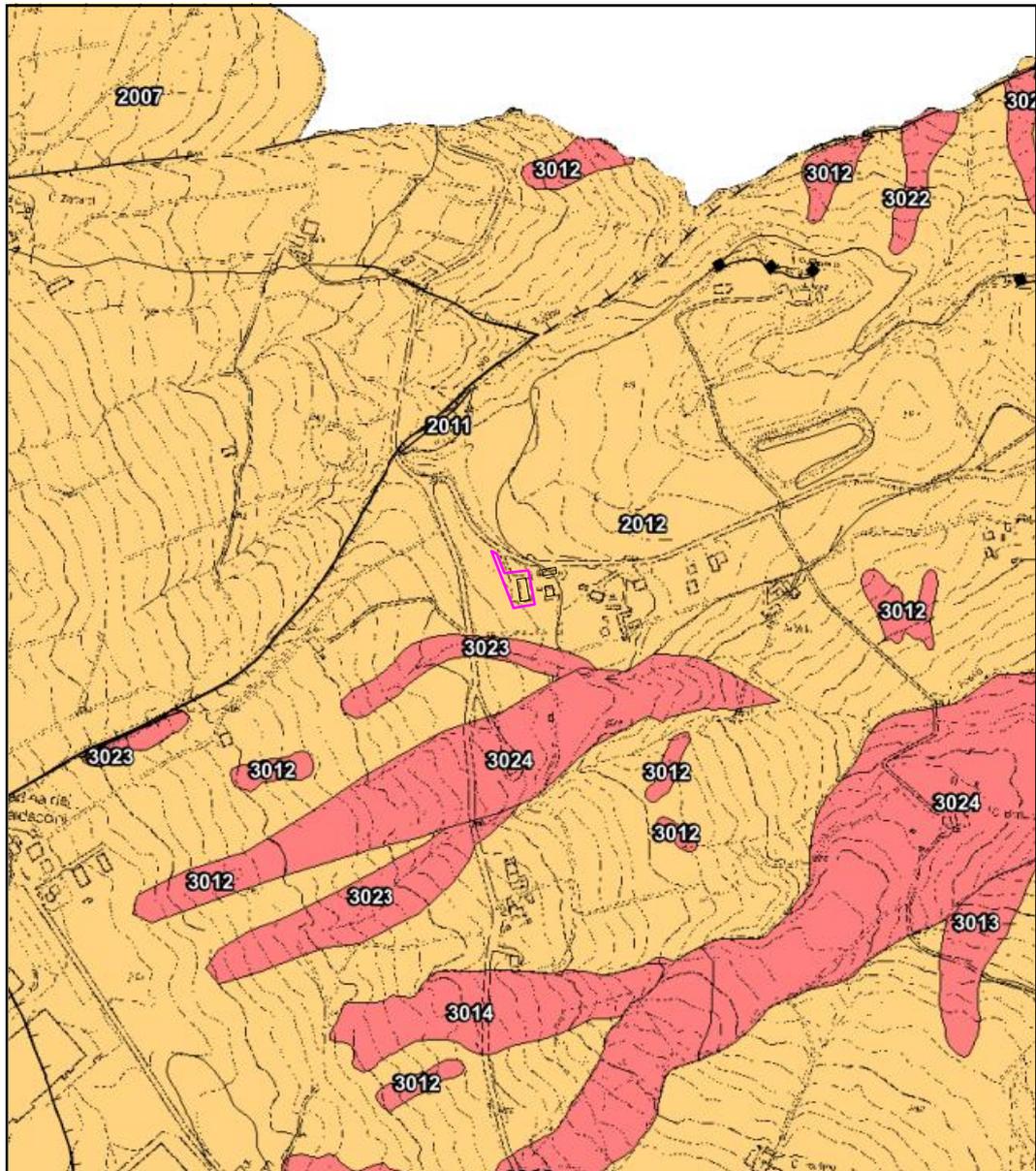




CARTA MICROZONAZIONE SISMICA 1° LIVELLO - PSC

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



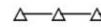
Falda detritica



Conoide alluvionale



Orlo di scarpata morfologica >20m



creste



Valle sepolta larga



Valle sepolta stretta



Picco isolato



Sinkhole, grotte, cavità isolate



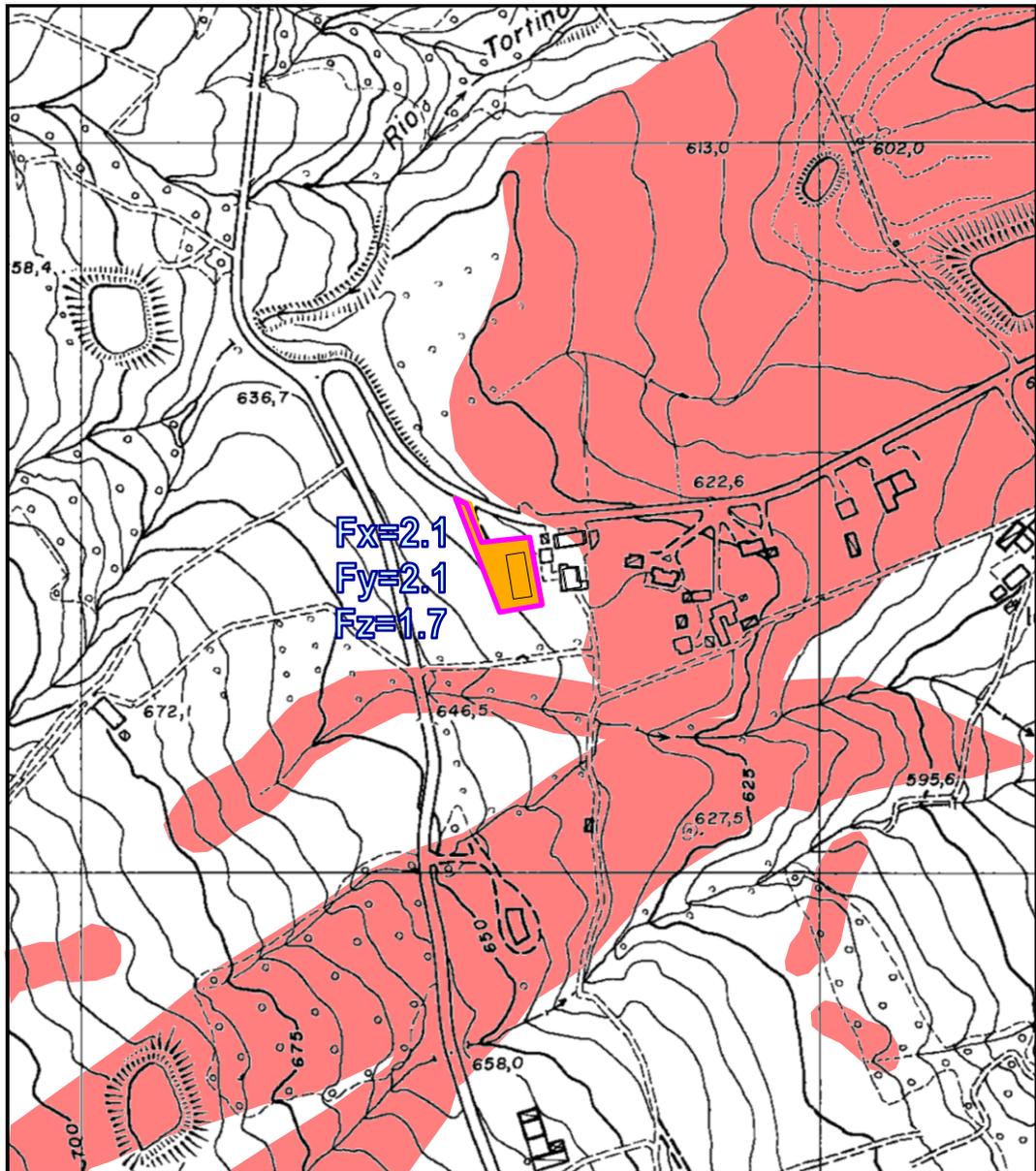
Traccia per gli approfondimenti
delle amplificazioni topografiche



CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO PGA/PGA₀ - PSC

Scala 1:5000

TAV. 9a1





CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO PGA/PGA₀ - PSC

LEGENDA

TAV. 9a2

Legenda

Zone stabili



Zone stabili

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



$1 < F_x \leq 1,5$



$1,5 < F_x \leq 2$



$F_x > 2$

Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante Cedimenti differenziali



Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche



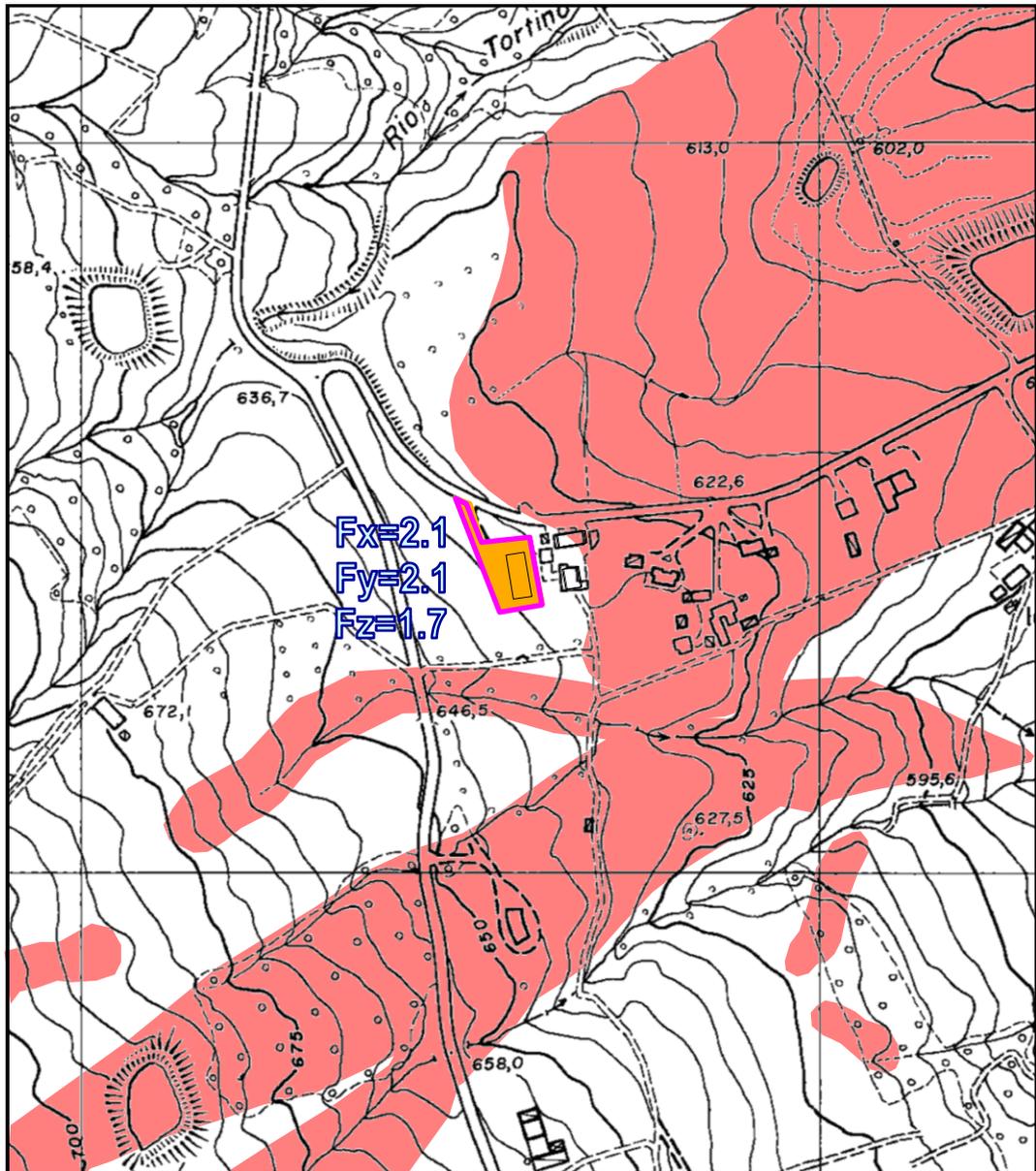
Area di amplificazione topografica



CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/S_{lo} - PSC

Scala 1:5000

TAV. 9b1





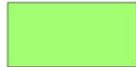
CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI₀ - PSC

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



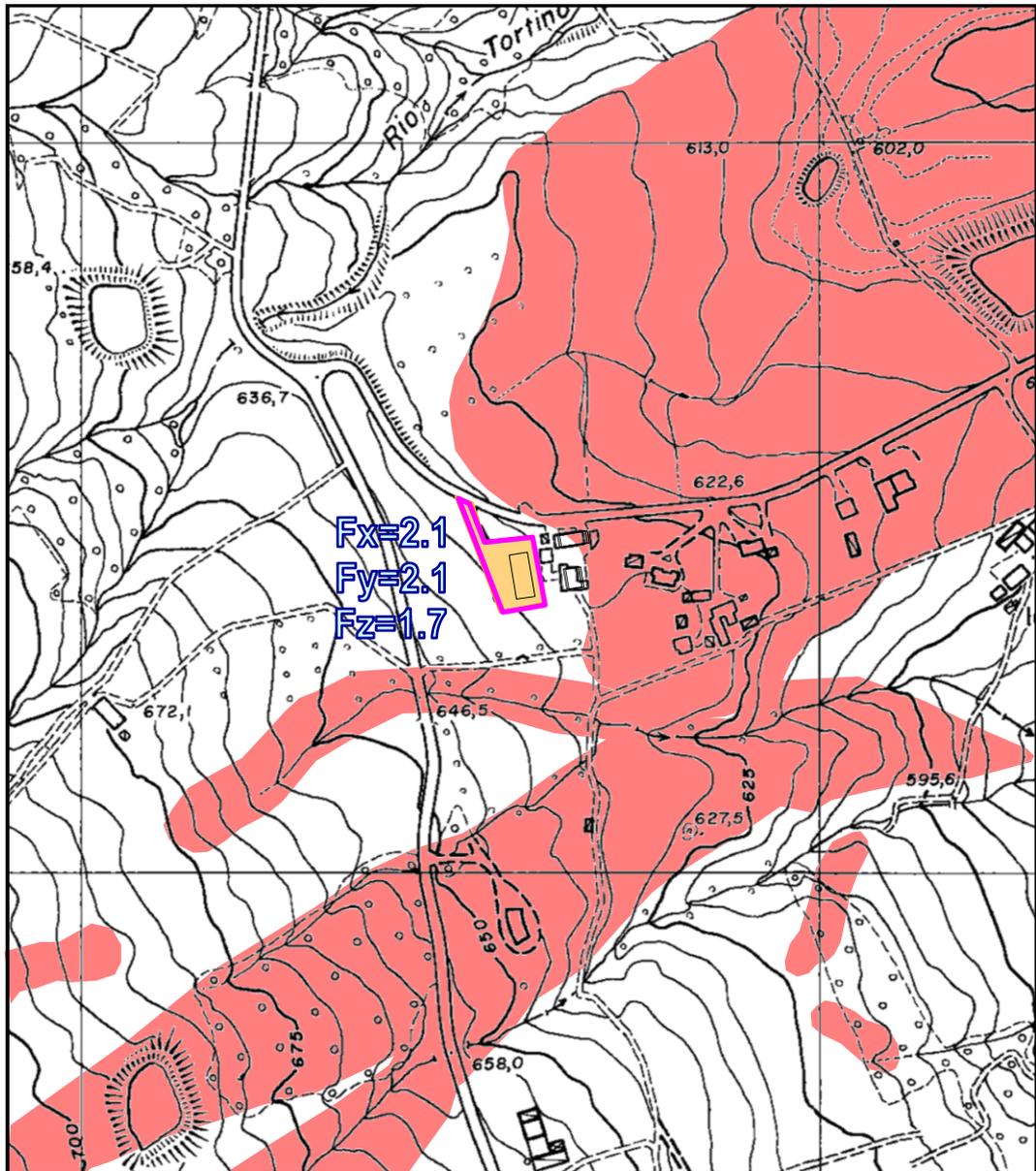
Area di amplificazione topografica



CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/S_{lo} - PSC

Scala 1:5000

TAV. 9c1





CARTA MICROZONAZIONE SISMICA II LIVELLO SI/SI₀ - PSC

LEGENDA

TAV. 9b2

Legenda

Zone stabili

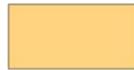


Zone stabili

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



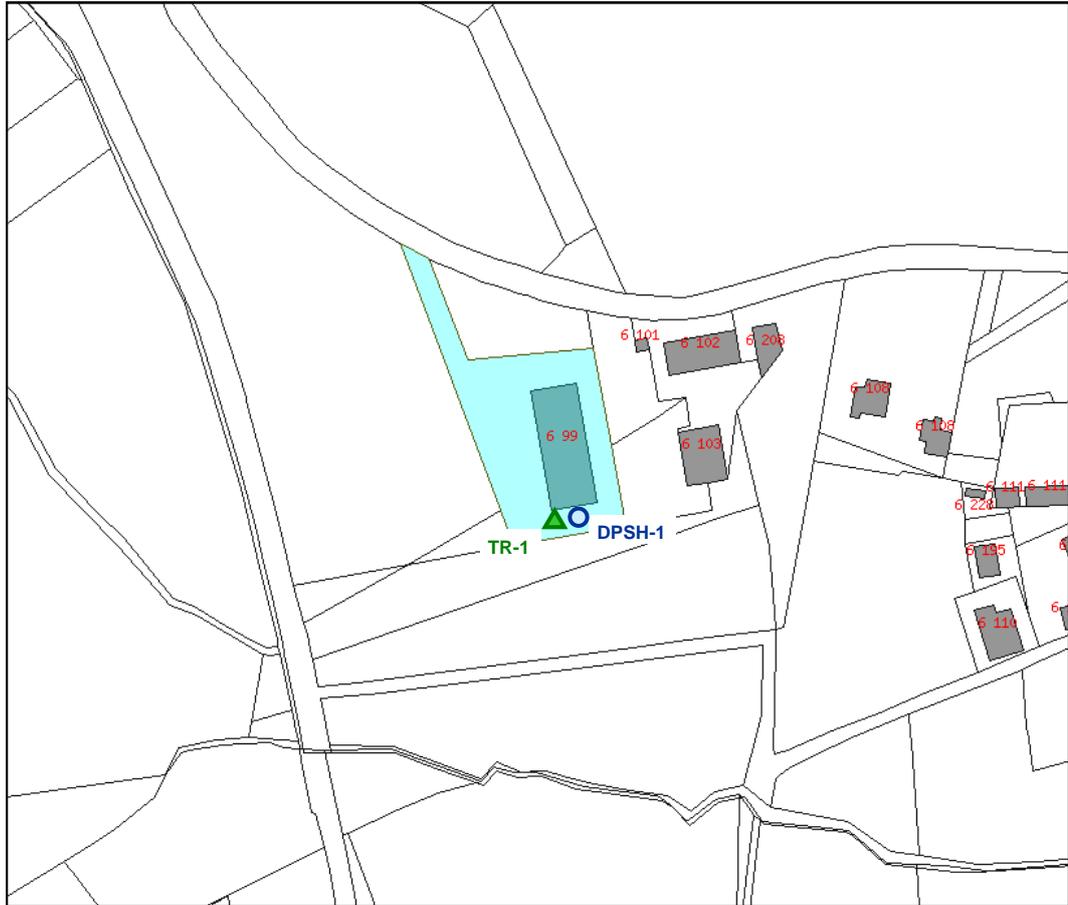
Area di amplificazione topografica



ESTRATTO CATASTALE

Scala 1:2000

TAV. 10



COMUNE : PAVULLO

FOGLIO : 6

MAPPALE : 99

○ PROVA PENETROMETRICA

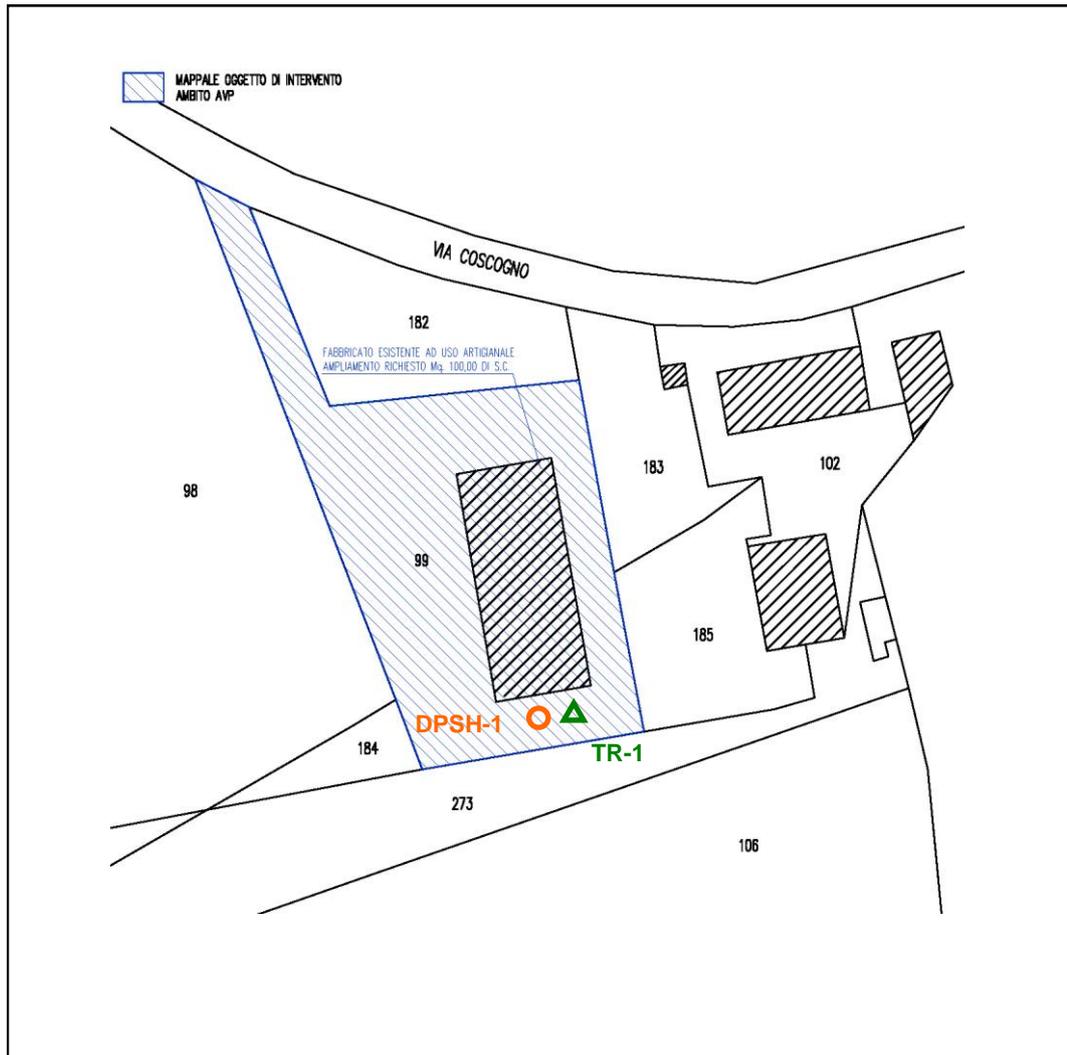
▲ REGISTRAZIONE SISMICA



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 in esame si colloca in un'area debolmente declinante verso Nord-Est ad una quota di circa 635 m s.l.m. ricoperta, nella porzione di valle da depositi eolici eluviali e colluviali (d1).

Nell'area sono presenti unità appartenenti alle così dette *Argille Scagliose s.l.* (vecchi autori) costituite qui in prevalenza dalle *Arenarie di Scabiazza (SCB)* (Bettelli et Alii, 1979).

Queste unità hanno una ricca componente argillosa che influenza la geomorfologia dell'area che si presenta dolce, priva di bruschi cambi di acclività.

Queste litologie sono costituite da formazioni che hanno subito notevoli *stress tettonici* tanto che spesso l'originaria stratificazione non è più riconoscibile (inclusi litoidi sparsi entro una "matrice" argillosa) e anche i parametri geotecnici delle componenti coesive risultano estremamente modesti.

Più a Nord, verso il *Rio Tortino* e a Sud, verso il *Fosso Bertuzzi (Rio Benedello)*, l'acclività risulta più accentuata; in particolare a Sud si notano numerosi fenomeni di dissesto che interessano i litotipi argillosi. Le argille sono incise da torrenti i quali, tramite un'azione di scalzamento al piede, riattivano piccoli e grandi dissesti presenti lungo le rive (vedi tavola 5).

Qui la morfologia dei versanti 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 *Fosso Bertuzzi* (poi *Rio Benedello*) che scorre poco più a Sud.

Abbiamo infine limitati depositi di versante (a3), spesso di dimensioni non cartografabili, costituiti da materiali eterogenei accumulati per gravità o ruscellamento.

Le caratteristiche morfometriche del versante in oggetto 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 eocenici, subordinatamente di arenarie calcarifere, inglobati in una matrice argillosa." Seguendo la più recente classificazione introdotta nella *Carta geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo alla scala 1: 10.000* nell'area affiorano le unità del COMPLESSO DI BASE II (Arenarie di Scabiazza e 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 rinvencono intercalate ai tipici litotipi delle Argille Varicolori alle quali sono quasi ovunque strenuamente legate.

Argille Varicolori

Questa formazione, litologicamente molto eterogenea, è costituita prevalentemente dalla ripetuta alternanza di sottili strati (in buona parte risedimentati) da centimetrici a decimetrici di argille rosse, grigie, nerastre, verdastre o violacee a cui si intercalano strati di marne e di calcilutiti grigie, di siltiti manganesifere, di torbiditi pelitico-arenacee in strati sottili e strati da decimetrici a metrici di microconglomerati e conglomerati a prevalenti clasti di rocce cristalline e sedimentarie.



1.3 IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA

L'area in oggetto si pone su di una dorsale spartiacque fra due sottobacini del *Fiume Panaro*.

Questa area di dorsale si presenta a forma di sella sub-pianeggiante e si presenta a incerto drenaggio: 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 *Fosso Bertuzzi* affluente del *Rio Benedello*.

Nella copertura eluviale-colluviale (d1), unità definita (A) a Tav. 10, insieme allo strato (B) che rappresenta il tetto alterato della formazione di Scabiazza, ha sede la falda, misurata nei fori di sondaggio. Gli strati A+B rappresentano gli spessori a maggiore permeabilità entro i quali si sono registrate le variazioni stagionali di livello. L'elevata componente argillosa, che presenta variazioni di percentuale in senso areale e verticale entro il volume di terreno sottostante il fabbricato, è periodicamente interessata dalla variazione del livello di falda, dalla risalita capillare e da fenomeni di disseccamento, e reagisce con minimi variazioni di volume responsabili dei fenomeni di cedimento differenziale.

1.4 PROCESSI EROSIIVI E GRADO DI STABILITA'

I processi erosivi ad opera delle acque superficiali e di ruscellamento sono molto attenuati, nell'area per l'abbondante copertura vegetale, costituita da un esteso manto erboso, per i limitati valori dell'acclività e per la buona gestione e regimazione delle acque superficiali.

In aree non molto distanti collocate più a Nord, verso il *Rio Tortino*, e più a Sud, verso il *Rio Benedello*, sono presenti fenomeni di erosione concentrata lungo i rivoli che solcano il versante; tali fenomeni, che interessano le formazioni argillose e/o i depositi a matrice pelitica, spesso sono responsabili della periodica riattiva-



zione di movimenti franosi.

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 Tortino* e del *Rio Benedello* tali terreni vengono descritti come predisposti al dissesto.

Nella *Carta del Dissesto* del PTCP non vi sono zone, nelle immediate vicinanze del sito, classificate come dissestate, instabili o potenziamente instabili (vedi tavola 5).

I movimenti franosi si manifestano con entità e in aree che non possono esercitare alcuna influenza sul tratto di versante oggetto del presente progetto.

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.

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.

La prova penetrometrica dinamica individua una ricopertura di versante, costituita da argille poco consistenti più per uno spessore di circa 2 m; al di sotto di questo strato più superficiale si rinviene un substrato compatto ($N_{spt} > 10$), costituito molto probabilmente dal flysch alterato e/o depositi molto compattati.



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: BIOLCHINI						LOCALITA': COSCOGNO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 19/09/2015					
NOME FILE BIOLCHINI DPSH-01						PENETROMETRO DPSH					
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
[m]			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ_v' [kN/m ²]	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
1.8	3.2	6.9	25.1	4917	86	46	4155	85	17.1	2291	92
2.4	6.0	12.2	28.5	8688	247	82	7342	154	39.9	3861	154
3.6	10.3	20.1	32.4	14305	503	135	12089	250	55.5	6369	255
4.2	7.0	14.1	29.5	10011	401	94	8460	184	65.1	4049	162
5.0	9.0	17.7	31.3	12588	545	119	10638	227	71.4	5001	200
5.4	6.0	12.2	28.6	8694	419	82	7347	166	76.8	3206	128
8.4	10.7	20.8	32.6	14792	815	140	12500	270	92.1	5271	211
9.4	18.4	34.2	37.1	24311	1685	229	20545	430	110.1	8165	327
9.6	35.0	62.0	42.9	44006	4004	415	37188	750	115.5	15252	610

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



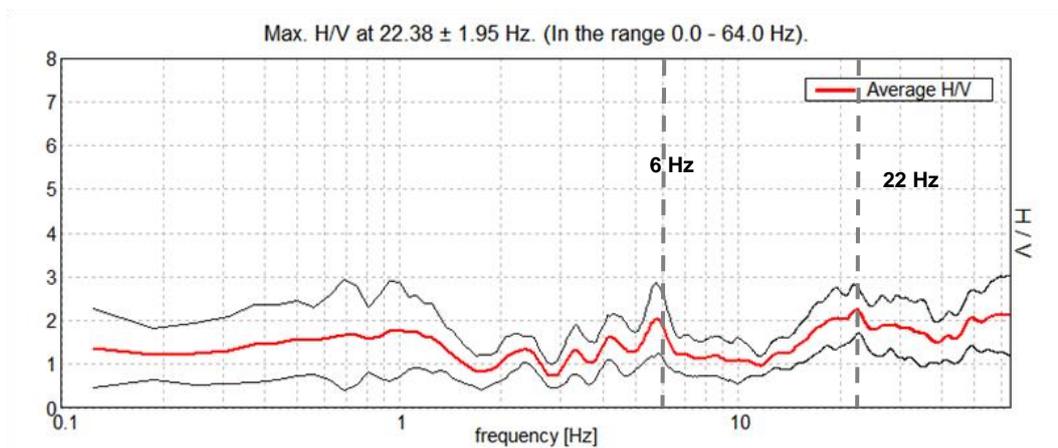
1.5.2 Registrazione Sismica

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

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

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

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



Osservando il grafico precedente si notano 2 picchi importanti: il primo intorno a 6 Hz; il secondo attorno ai 22 Hz.

Il primo picco segna il passaggio fra il materiale direttamente attraversato dalla prova penetrometrica dinamica (9/10 m dal p.c.) e il flysch più compatto sottostante ($V_s \geq 350$ m/s) il secondo picco, molto più superficiale (22Hz), segna il passaggio fra il terreno più superficiale (argille allentate plastiche) e le argille più compatte (1.5/2.0 m di profondità).

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

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

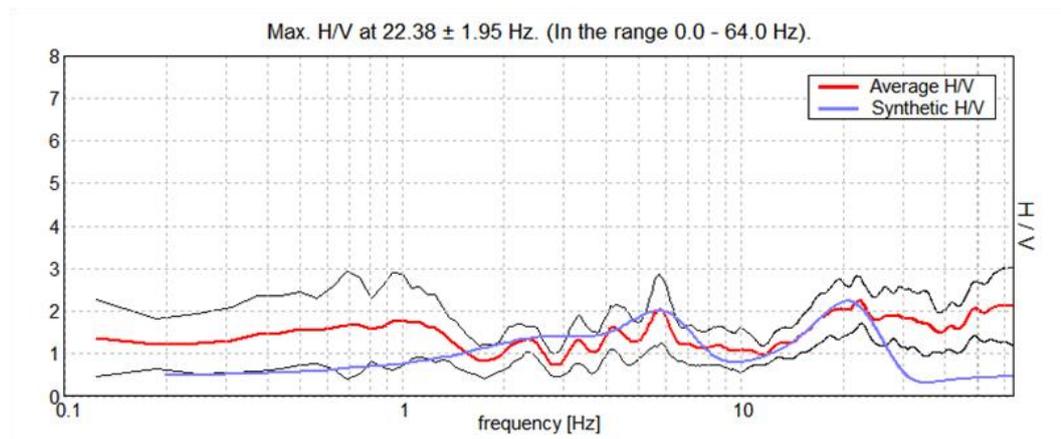


Dalla formula precedente, conoscendo la frequenza e sapendo dalla prova penetrometrica che il passaggio fra lo strato più superficiale e quello sottostante avviene ad una certa profondità h , alla quale corrisponde la frequenza F_r , si può ottenere la V_s media dello strato sovrastante.

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
1.60	1.60	130	0.40
9.60	8.00	270	0.35
15.10	5.50	350	0.35
55.10	40.00	520	0.35
inf.	inf.	700	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 con caratteristiche meccaniche scadenti (argille), ma spessore modesto ($h \sim 1.5/2m$); lo strato più superficiale mostra $N_{spt} < 10$ colpi.
- Il secondo strato, costituito da spezzoni litoidi in matrice pelitica, viene attraversato dal penetrometro e mostra uno spessore di circa 8 m ($V_s \sim 270$ m/s).
- Il terzo strato, costituito da flysch alterato e fratturato ($N_{spt} > 100$ e $V_s \sim 350$) mostra uno spessore che raggiunge circa 5/6 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—1.5/2	m	Suolo e depositi di varia natura
2.0—9.5	m	Spezzoni litoidi in matrice pelitica ($V_s \sim 270$ m/s)
9.5—15	m	Flysch molto alterato ($V_s > 350$ m/s)
>15	m	Flysch più integro ($V_s > 520$ m/s)

Semplificando ancora di più il modello precedente possiamo fornire la seguente stratigrafia di sintesi:

STRATIGRAFIA DPSH-1			
LITOLOGIA	H	Nspt[h]	DESCRIZIONE
	1.6		Suolo e depositi di varia natura
			Spezzoni litoidi in matrice pelitica ($V_s \sim 270$ m/s)
	5.5	16 [5.4]	Spezzoni litoidi in matrice pelitica ($V_s \sim 270$ m/s)
	8.5	21 [8.4]	Spezzoni litoidi in matrice pelitica ($V_s \sim 270$ m/s)
	9.5	34 [9.4]	
		60 [10.0]	Flysch molto alterato ($V_s > 350$ m/s)
	15.0		Flysch più integro ($V_s > 520$ 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 _g /g]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a _g /g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Nelle recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/2008) 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:

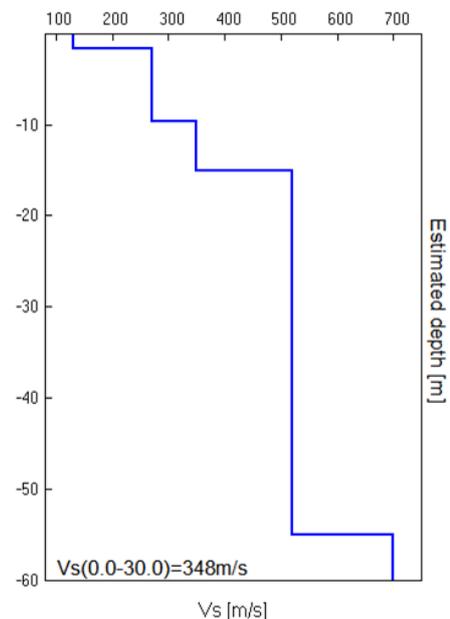
$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{s30i})$$

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 n°2 eseguita in prossimità della prova penetrometrica dinamica n°1.

Thickness [m]	Vs [m/s]
1.60	130
8.00	270
5.50	350
40.00	520
inf.	700



Elaborando le varie velocità secondo la formula precedente si ottiene per una profondità $h = 0$ m dal p.c. una $V_{s30} = 348$ m/s.

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



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

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

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

Forma dello spettro elastico di riferimento

Accelerazione. Componenti orizzontali.

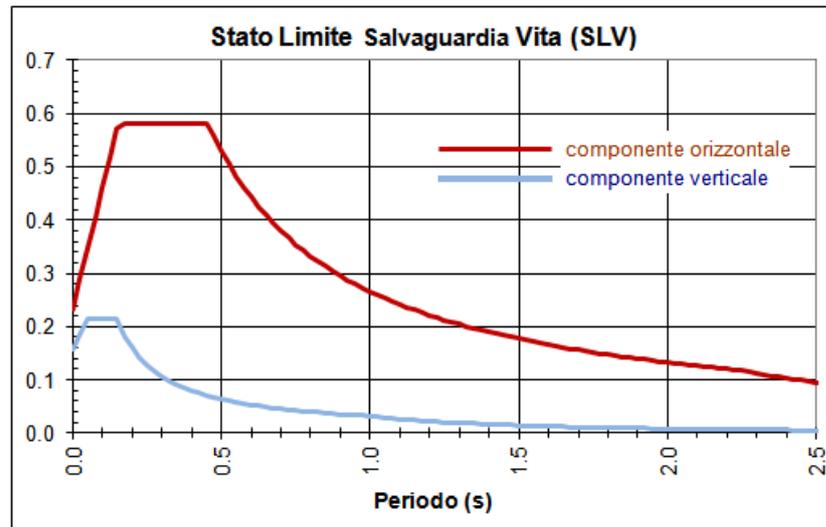
§ 3.2.3.2.2

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

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

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

Dalle correlazioni con le Nspt si ottiene un **suolo C**; per questo tipo di suolo, con un tempo di ritorno **Tr=475 anni**, una amplificazione topografica **St=1.0** e un coefficiente di smorzamento = 5%, si ottengono le seguenti forme spettrali:



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

- 1) La categoria del suolo di fondazione è la **C**.
- 2) L'accelerazione orizzontale di picco PGA (Peak Ground Acceleration) è di **0.58** con $T_r=475$ anni (dove g = accelerazione di gravità = 9.81 m/s^2).
- 3) Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_c e il coefficiente C_c sono quelli relativi alla categoria di suolo di fondazione **C** descritti nella tabella 3.2.5. del DM 14/01/2008.

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

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



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

Ai fini del DAL RER 112/2007 va definita la microzonazione sismica per l'area in oggetto. Per quest'area è stata eseguita una analisi di secondo livello.

Si riporta di seguito la tabella Excel utilizzata per l'elaborazione dei dati con i principali parametri del terreno:

DATUM ED50 UTM_X = 645853 m UTM_Y = 4916370 m				
PROFONDITA' (m)	SPESSORE (m)	Vs (m/s)	BEDROCK	
1.60	1.60	130		Vs30 348 m/s
9.60	8.00	270		
15.10	5.50	350		
30.00	14.90	520	X	
55.10	25.10	520		VSh 262 m/s h = 15.1 m
		700		

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) 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

CASO APP1 (Substrato $V_s < 800$ m/s)	
H	= 15.1 m
V_{sh}	= 262 m/s
FA PGA	= 2.1
FA IS ($0.1 < T_0 < 0.5$ s)	= 2.1
FA IS ($0.5 < T_0 < 1.0$ s)	= 1.7

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: $PGA/PGA_0=2.1$; $SI/SI_{0(0.1-0.5)}=2.1$; $SI/SI_{0(0.5-1.0)}=1.7$;



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 *Via Cosogno (M. Baldaccini - La Villa)*, per l'inserimento dell'area in oggetto nel POC comunale.

E' stata utilizzata 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 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}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_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, ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-01
(valori caratteristici e di progetto (M2) per fondazioni superficiali)

COMMITTENTE: BIOLCHINI				LOCALITA': COSCOGNO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 19/09/2015							
NOME FILE: BIOLCHINI DPSH-01				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (C_u)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
1.8	3.2	6.9	9	25.1	1.3	24.3	19.9	46	11.0	39	28
2.4	6.0	12.2	3	28.5	1.0	27.2	22.3	82	12.5	65	46
3.6	10.3	20.1	6	32.4	0.4	32.0	26.6	135	6.2	129	92
4.2	7.0	14.1	3	29.5	0.0	28.1	23.2	94	0.0	74	53
5.0	9.0	17.7	4	31.3	1.6	30.0	24.8	119	24.1	97	69
5.4	6.0	12.2	2	28.6	0.0	26.9	22.1	82	0.0	61	44
8.4	10.7	20.8	15	32.6	1.6	31.8	26.4	140	28.8	126	90
9.4	18.4	34.2	5	37.1	0.7	35.7	29.9	229	17.5	191	136
9.6	35.0	62.0	1	42.9		39.4	33.3	415		269	192

<p>Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato ϕ_k = Valore caratteristico dell'angolo di attrito (5° percentile di distribuzione della media) ϕ_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) [$\gamma_{cu} = 1.4$]</p>

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 $0 < h < 1.8$ m)

$$\begin{aligned} \phi'_k &\sim 24^\circ \\ C'_k &\sim 5 \text{ kPa (stimato)} \\ C_{uk} &\sim 40 \text{ kPa} \end{aligned}$$

STRATO 2 (Depositi limosi ed argillosi $h > 1.8$ m)

$$\begin{aligned} \phi'_k &\sim 27^\circ \\ C'_k &\sim 5/10 \text{ kPa (stimato)} \\ C_{uk} &\sim 65 \text{ kPa} \end{aligned}$$



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

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

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

COMMITTENTE: BIOLCHINI				LOCALITA': COSCOGNO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 19/09/2015							
NOME FILE: BIOLCHINI DPSH-01				PENETROMETRO DPSH							
H	N	Nspt	Dati	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (C_u)			
[m]	[media]	[media]	Num	ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
1.8	3.2	6.9	9	25.1	1.3	24.3	19.9	46	11.0	39	28
2.4	6.0	12.2	3	28.5	1.0	27.2	22.3	82	12.5	65	46
3.6	10.3	20.1	6	32.4	0.4	32.0	26.6	135	6.2	129	92
4.2	7.0	14.1	3	29.5	0.0	28.1	23.2	94	0.0	74	53
5.0	9.0	17.7	4	31.3	1.6	30.0	24.8	119	24.1	97	69
5.4	6.0	12.2	2	28.6	0.0	26.9	22.1	82	0.0	61	44
8.4	10.7	20.8	15	32.6	1.6	31.8	26.4	140	28.8	126	90
9.4	18.4	34.2	5	37.1	0.7	35.7	29.9	229	17.5	191	136
9.6	35.0	62.0	1	42.9		39.4	33.3	415		269	192

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

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

ϕ_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	7	8	9
Profondità letto dello Strato	[m]	1.8	2.4	3.6	4.2	5	5.4	8.4	9.4	9.6
Spessore dello Strato	[m]	1.8	0.6	1.2	0.6	0.8	0.4	3	1	0.2
Nspt (Standard Penetration Test)	-	7	12	20	14	18	12	21	34	62
Peso Specifico del Terreno	γ [kNm ³]	18	19	19	19	19	19	20	20	21
Densità Relativa	D_r [%]	59	70	84	68	74	61	75	92	100
Coesione non drenata (con $\phi^1=0$)	C_{uk} [kNm ²]	40	65	130	75	95	60	125	190	270
Angolo di attrito interno (con $C'=0$)	ϕ^1_k [°]	24	27	32	28	30	27	32	36	39
Grado di Consolidamento	OCR	0.4	0.4	1.0	1.8	>4	>4	>4	>4	>4
Modulo Edometrico	E_d [kNm ²]	4200	7300	12100	8500	10600	7300	12500	20500	37200
Modulo Elastico (Young)	E_s [kNm ²]	5800	9800	15200	11500	46900	38300	54500	70000	108500
Modulo di Reazione (Winkler)	K_s [kNm ³]	10200 10300	18500 29600	30000 60400	22000 48100	27300 65400	19900 50300	32400 97800	51600 202200	90000 480500

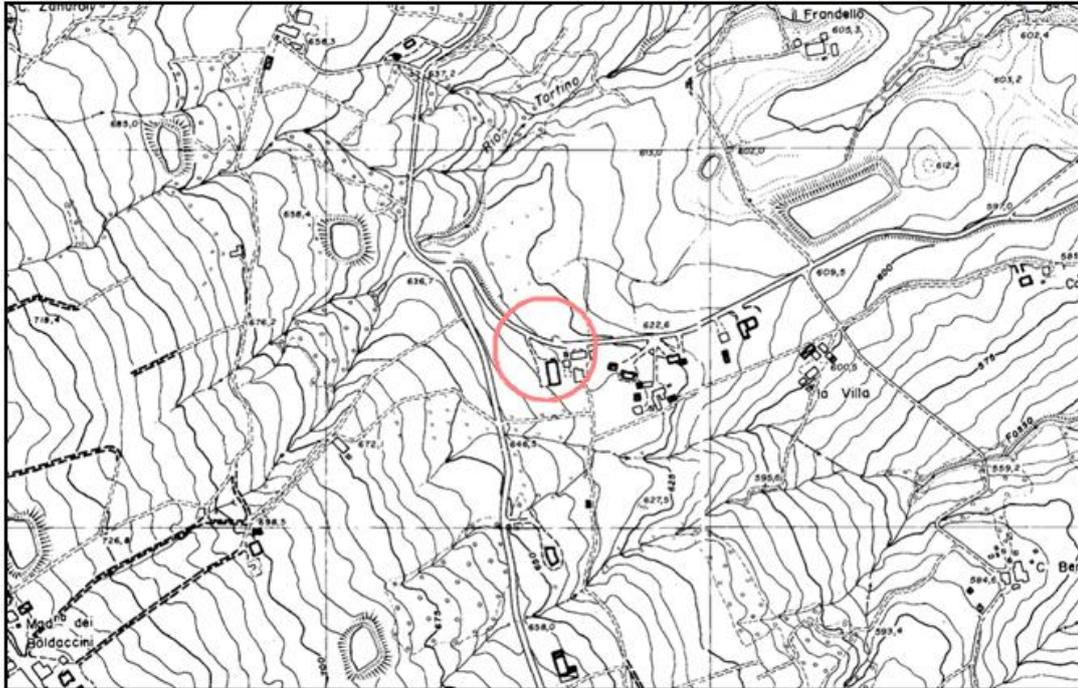
DPSH-01 (valori caratteristici per pali)

PARAMETRO GEOTECNICO		STRATI								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Profondità letto dello Strato	[m]	1.8	2.4	3.6	4.2	5	5.4	8.4	9.4	9.6
Spessore dello Strato	[m]	1.8	0.6	1.2	0.6	0.8	0.4	3	1	0.2
Nspt (Standard Penetration Test)	-	7	12	20	14	18	12	21	34	62
Peso Specifico del Terreno	γ [kNm ³]	18	19	19	19	19	19	20	20	21
Densità Relativa	D_r [%]	59	70	84	68	74	61	75	92	100
Coesione non drenata (con $\phi^1=0$)	C_{uk} [kNm ²]	30	55	125	60	75	55	100	150	270
Angolo di attrito interno (con $C'=0$)	ϕ^1_k [°]	23	25	32	26	28	25	30	33	38
Grado di Consolidamento	OCR	0.4	0.4	1.0	1.8	>4	>4	>4	>4	>4
Modulo Edometrico	E_d [kNm ²]	4200	7300	12100	8500	10600	7300	12500	20500	37200
Modulo Elastico (Young)	E_s [kNm ²]	5800	9800	15200	11500	46900	38300	54500	70000	108500
Modulo di Reazione (Winkler)	K_s [kNm ³]	10200 10300	18500 29600	30000 60400	22000 48100	27300 65400	19900 50300	32400 97800	51600 202200	90000 480500



4. CONCLUSIONI

C.T.R. sc. 1:10.000 N° 236020 sc. 1:5000 N° 236021



INQUADRAMENTO DELL' AREA	Descrizione
Geologia	SCB Arenarie di Scabiazza. (substrato) Torbiditi pelitico-arenacee in strati da sottili a medi con arenarie fini, micacee, grigie e peliti grigie o rossastre. Marginalmente depositi di copertura (d1)
Morfologia	Quota compresa fra i 630 - 635 m s.l.m. Esposizione -Est, Nord-Est Acclività 10 - 14 %
Idrogeologia - Idrologia	Bassa permeabilità dei terreni. Buon deflusso delle acque superficiali
Classificazione PTCP	
Carta del Dissesto PTCP	Area classificata stabile
Carta del Rischio Sismico PTCP	Area stabile.
Classificazione PSC	
Carta microz. sismica I Livello (PSC)	Zona stabile suscett. di amplificaz. Locale
Carta microz sismica II Livello Pga/Pga0	Non classificata
Carta microz sismica II Livello SI/SI0	Non classificata
Carta microz sismica II Livello SI(0.5-1.0) / Slo)	Non classificata



CARATTERIZZAZIONE DI DETTAGLIO																																																																																																																																														
Stratigrafia	0.0—1.5/2 m Suolo e depositi di varia natura 2.0—9.5 m Spezzoni litoidi in matrice pelitica ($V_s \sim 270$ m/s) 9.5—15 m Flysch molto alterato ($V_s > 350$ m/s) >15 m Flysch più integro ($V_s > 520$ m/s)																																																																																																																																													
Vs (0-30)	348 m/s																																																																																																																																													
Classe del suolo (DM 2008)	Categoria suolo C																																																																																																																																													
Amplificazioni sismiche (DAL R.E.R. 112/2007)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CASO APP1 (Substrato $V_s < 800$ m/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H</td> <td>= 15.1 m</td> </tr> <tr> <td>Vsh</td> <td>= 262 m/s</td> </tr> <tr> <td>FA PGA</td> <td>= 2.1</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.1 < To < 0.5 s)</td> <td>= 2.1</td> </tr> <tr> <td>FA IS (0.5 < To < 1.0 s)</td> <td>= 1.7</td> </tr> </tbody> </table>	CASO APP1 (Substrato $V_s < 800$ m/s)		H	= 15.1 m	Vsh	= 262 m/s	FA PGA	= 2.1	FA IS (0.1 < To < 0.5 s)	= 2.1	FA IS (0.5 < To < 1.0 s)	= 1.7																																																																																																																																	
CASO APP1 (Substrato $V_s < 800$ m/s)																																																																																																																																														
H	= 15.1 m																																																																																																																																													
Vsh	= 262 m/s																																																																																																																																													
FA PGA	= 2.1																																																																																																																																													
FA IS (0.1 < To < 0.5 s)	= 2.1																																																																																																																																													
FA IS (0.5 < To < 1.0 s)	= 1.7																																																																																																																																													
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="9">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> <th>8</th> <th>9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Profondità letto dello Strato</td> <td>[m]</td> <td>1.8</td> <td>2.4</td> <td>3.6</td> <td>4.2</td> <td>5</td> <td>5.4</td> <td>8.4</td> <td>9.4</td> <td>9.6</td> </tr> <tr> <td>Spessore dello Strato</td> <td>[m]</td> <td>1.8</td> <td>0.6</td> <td>1.2</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> <td>0.4</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Nspt (Standard Penetration Test)</td> <td>-</td> <td>7</td> <td>12</td> <td>20</td> <td>14</td> <td>18</td> <td>12</td> <td>21</td> <td>34</td> <td>62</td> </tr> <tr> <td>Peso Specifico del Terreno</td> <td>γ [kN/m³]</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>19</td> <td>19</td> <td>19</td> <td>19</td> <td>20</td> <td>20</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Densità Relativa</td> <td>γ_r [%]</td> <td>59</td> <td>70</td> <td>84</td> <td>68</td> <td>74</td> <td>61</td> <td>75</td> <td>92</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Coesione non drenata (con c=0)</td> <td>c_u [kN/m²]</td> <td>40</td> <td>65</td> <td>130</td> <td>75</td> <td>95</td> <td>60</td> <td>125</td> <td>190</td> <td>270</td> </tr> <tr> <td>Angolo di attrito interno (con c=0)</td> <td>ϕ^* [°]</td> <td>24</td> <td>27</td> <td>32</td> <td>28</td> <td>30</td> <td>27</td> <td>32</td> <td>36</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>Grado di Consolidamento</td> <td>OCR</td> <td>0.4</td> <td>0.4</td> <td>1.0</td> <td>1.8</td> <td>>4</td> <td>>4</td> <td>>4</td> <td>>4</td> <td>>4</td> </tr> <tr> <td>Modulo Edometrico</td> <td>E_s [kN/m²]</td> <td>4200</td> <td>7300</td> <td>12100</td> <td>8300</td> <td>10600</td> <td>7300</td> <td>12300</td> <td>20300</td> <td>37200</td> </tr> <tr> <td>Modulo Elastico (Young)</td> <td>E [kN/m²]</td> <td>3800</td> <td>8800</td> <td>13200</td> <td>11300</td> <td>46900</td> <td>38300</td> <td>34300</td> <td>70000</td> <td>108300</td> </tr> <tr> <td>Modulo di Reazione (Winkler)</td> <td>K_s [kN/m³]</td> <td>32000</td> <td>28000</td> <td>60000</td> <td>22000</td> <td>27000</td> <td>19800</td> <td>53000</td> <td>59600</td> <td>90000</td> </tr> </tbody> </table>	PARAMETRO GEOTECNICO	UNITA'	STRATI									1	2	3	4	5	6	7	8	9	Profondità letto dello Strato	[m]	1.8	2.4	3.6	4.2	5	5.4	8.4	9.4	9.6	Spessore dello Strato	[m]	1.8	0.6	1.2	0.6	0.8	0.4	3	1	0.2	Nspt (Standard Penetration Test)	-	7	12	20	14	18	12	21	34	62	Peso Specifico del Terreno	γ [kN/m ³]	18	19	19	19	19	19	20	20	21	Densità Relativa	γ_r [%]	59	70	84	68	74	61	75	92	100	Coesione non drenata (con c=0)	c_u [kN/m ²]	40	65	130	75	95	60	125	190	270	Angolo di attrito interno (con c=0)	ϕ^* [°]	24	27	32	28	30	27	32	36	39	Grado di Consolidamento	OCR	0.4	0.4	1.0	1.8	>4	>4	>4	>4	>4	Modulo Edometrico	E_s [kN/m ²]	4200	7300	12100	8300	10600	7300	12300	20300	37200	Modulo Elastico (Young)	E [kN/m ²]	3800	8800	13200	11300	46900	38300	34300	70000	108300	Modulo di Reazione (Winkler)	K_s [kN/m ³]	32000	28000	60000	22000	27000	19800	53000	59600	90000
PARAMETRO GEOTECNICO	UNITA'			STRATI																																																																																																																																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																																																																																																				
Profondità letto dello Strato	[m]	1.8	2.4	3.6	4.2	5	5.4	8.4	9.4	9.6																																																																																																																																				
Spessore dello Strato	[m]	1.8	0.6	1.2	0.6	0.8	0.4	3	1	0.2																																																																																																																																				
Nspt (Standard Penetration Test)	-	7	12	20	14	18	12	21	34	62																																																																																																																																				
Peso Specifico del Terreno	γ [kN/m ³]	18	19	19	19	19	19	20	20	21																																																																																																																																				
Densità Relativa	γ_r [%]	59	70	84	68	74	61	75	92	100																																																																																																																																				
Coesione non drenata (con c=0)	c_u [kN/m ²]	40	65	130	75	95	60	125	190	270																																																																																																																																				
Angolo di attrito interno (con c=0)	ϕ^* [°]	24	27	32	28	30	27	32	36	39																																																																																																																																				
Grado di Consolidamento	OCR	0.4	0.4	1.0	1.8	>4	>4	>4	>4	>4																																																																																																																																				
Modulo Edometrico	E_s [kN/m ²]	4200	7300	12100	8300	10600	7300	12300	20300	37200																																																																																																																																				
Modulo Elastico (Young)	E [kN/m ²]	3800	8800	13200	11300	46900	38300	34300	70000	108300																																																																																																																																				
Modulo di Reazione (Winkler)	K_s [kN/m ³]	32000	28000	60000	22000	27000	19800	53000	59600	90000																																																																																																																																				
Tipologia Fondazioni	Fondazioni nastriforme a trave rovescia o su plinti collegati. In funzione dei carichi applicati possibile al fondazione su pali.																																																																																																																																													
Prescrizioni ed approfondimenti successivi	Area idonea all' edificazione. In fase esecutiva, indagine mirata per la realizzazione di ogni singolo fabbricato/ampliamento. La caratteristica del terreno di fondazione richiede corretta regimazione delle acque superficiali e la raccolta canalizzazione delle acque intercettate durante gli scavi.																																																																																																																																													

Pavullo, Settembre 2015

IL GEOLOGO



ALLEGATO A

Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH

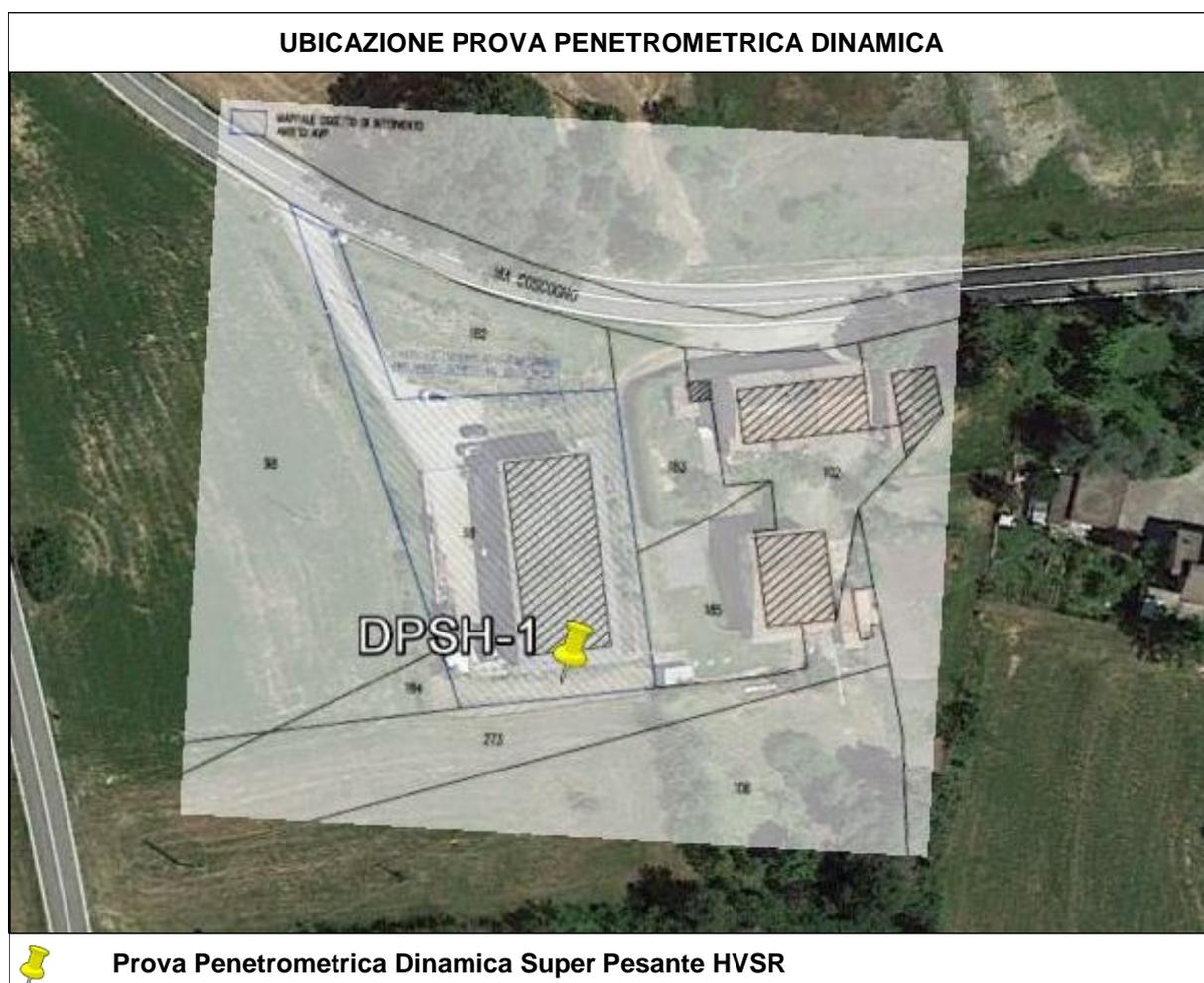




TABELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-01

COMMITTENTE: BIOLCHINI						LOCALITA': COSCOGNO						
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 19/09/2015						
NOME FILE: BIOLCHINI DPSH-01						PENETROMETRO DPSH				FALDA 3 m		
H	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			σ_v [kN/m ²]	Asta	Rpd [kN/m ²]	Qa ₃ [kN/m ²]
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa ₁ [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa ₂ [kN/m ²]				
0.20	4	8.5	26.3	6003	34	57	5073	98	1.9	1	2979	119
0.40	3	6.5	24.9	4618	41	44	3903	77	5.7	1	2235	89
0.60	2	4.5	23.2	3194	44	30	2699	55	9.5	1	1490	60
0.80	2	4.5	23.2	3194	55	30	2699	56	13.3	1	1490	60
1.00	3	6.5	24.9	4618	81	44	3903	80	17.1	2	2071	83
1.20	4	8.5	26.3	6003	111	57	5073	104	20.9	2	2762	110
1.40	4	8.5	26.3	6003	127	57	5073	105	24.7	2	2762	110
1.60	3	6.5	24.9	4618	121	44	3903	84	28.5	2	2071	83
1.80	4	8.5	26.3	6003	158	57	5073	108	32.3	2	2762	110
2.00	7	14.1	29.5	10011	256	94	8460	174	36.1	3	4504	180
2.20	5	10.4	27.5	7359	217	69	6219	132	39.9	3	3217	129
2.40	6	12.2	28.6	8694	267	82	7347	155	43.7	3	3861	154
2.60	11	21.3	32.9	15151	489	143	12804	261	47.5	3	7078	283
2.80	10	19.6	32.1	13882	473	131	11731	242	51.3	3	6434	257
3.00	10	19.6	32.1	13882	503	131	11731	243	55.1	4	6024	241
3.20	11	21.3	32.9	15151	535	143	12804	264	57.9	4	6627	265
3.40	10	19.6	32.1	13882	502	131	11731	244	59.7	4	6024	241
3.60	10	19.6	32.1	13882	516	131	11731	245	61.5	4	6024	241
3.80	7	14.1	29.5	10011	390	94	8460	183	63.3	4	4217	169
4.00	7	14.1	29.5	10011	401	94	8460	184	65.1	5	3964	159
4.20	7	14.1	29.5	10011	411	94	8460	184	66.9	5	3964	159
4.40	8	15.9	30.5	11314	469	107	9561	206	68.7	5	4531	181
4.60	8	15.9	30.5	11314	481	107	9561	206	70.5	5	4531	181
4.80	8	15.9	30.5	11314	493	107	9561	207	72.3	5	4531	181
5.00	12	23.1	33.6	16412	738	155	13869	290	74.1	6	6412	256
5.20	6	12.2	28.6	8694	414	82	7347	166	75.9	6	3206	128
5.40	6	12.2	28.6	8694	424	82	7347	166	77.7	6	3206	128
5.60	8	15.9	30.5	11314	539	107	9561	209	79.5	6	4274	171
5.80	11	21.3	32.9	15151	736	143	12804	272	81.3	6	5877	235
6.00	11	21.3	32.9	15151	752	143	12804	273	83.1	7	5563	223
6.20	18	33.6	36.9	23829	1284	225	20137	414	84.9	7	9103	364
6.40	9	17.8	31.3	12603	648	119	10651	233	86.7	7	4551	182
6.60	10	19.6	32.1	13882	727	131	11731	254	88.5	7	5057	202
6.80	9	17.8	31.3	12603	673	119	10651	234	90.3	7	4551	182
7.00	12	23.1	33.6	16412	907	155	13869	296	92.1	8	5760	230
7.20	9	17.8	31.3	12603	699	119	10651	235	93.9	8	4320	173
7.40	9	17.8	31.3	12603	712	119	10651	236	95.7	8	4320	173
7.60	11	21.3	32.9	15151	875	143	12804	277	97.5	8	5280	211
7.80	13	24.9	34.3	17664	1062	167	14927	319	99.3	8	6240	250
8.00	11	21.3	32.9	15151	906	143	12804	279	101.1	9	5025	201
8.20	9	17.8	31.3	12603	763	119	10651	238	102.9	9	4111	164
8.40	11	21.3	32.9	15151	937	143	12804	280	104.7	9	5025	201
8.60	16	30.1	36.1	21380	1416	202	18068	381	106.5	9	7309	292
8.80	19	35.3	37.4	25045	1710	236	21165	441	108.3	9	8680	347
9.00	18	33.6	36.9	23829	1641	225	20137	422	110.1	10	7844	314
9.20	19	35.3	37.4	25045	1764	236	21165	442	111.9	10	8279	331
9.40	20	37.0	37.8	26257	1894	248	22189	462	113.7	10	8715	349
9.60	35	62.0	42.9	44006	4004	415	37188	750	115.5	10	15252	610

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



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

COMMITTENTE: BIOLCHINI						LOCALITA': COSCOGNO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 19/09/2015					
NOME FILE BIOLCHINI DPSH-01						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N	Nspt	Natura granulare			Natura Coesiva			FORMULA OLANDESI		
			ϕ [°]	Mo [kN/m ²]	Qa1 [kN/m ²]	Cu [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Qa2 [kN/m ²]	σ_v [kN/m ²]	Rpd [kN/m ²]	Qa3 [kN/m ²]
1.8	3.2	6.9	25.1	4917	86	46	4155	85	17.1	2291	92
2.4	6.0	12.2	28.5	8688	247	82	7342	154	39.9	3861	154
3.6	10.3	20.1	32.4	14305	503	135	12089	250	55.5	6369	255
4.2	7.0	14.1	29.5	10011	401	94	8460	184	65.1	4049	162
5.0	9.0	17.7	31.3	12588	545	119	10638	227	71.4	5001	200
5.4	6.0	12.2	28.6	8694	419	82	7347	166	76.8	3206	128
8.4	10.7	20.8	32.6	14792	815	140	12500	270	92.1	5271	211
9.4	18.4	34.2	37.1	24311	1685	229	20545	430	110.1	8165	327
9.6	35.0	62.0	42.9	44006	4004	415	37188	750	115.5	15252	610

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 ²] (Farrent)
Qa1 = [(h · γ' · Nq) + (½ · b · γ · Nγ)] / 3	b=1 m [kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nq, Nγ Meyerhof)
Cu = 6.7 · Nspt	[kN/m ²] (Terzaghi)
Ed = 600 · Nspt [Modulo Edometrico]	[kN/m ²] (Stroud & Butler)
Qa2 = [(h · γ') + (Cu · Nc)] / 3	[kN/m ²] (Qa Terzaghi; Nc=5.14)
Rpd = M ² · H / [A · e · (M + P)]	[kN/m ²] (Formula degli Olandesi)
Qa3 = (Rdp / 15 ÷ 30); Qa = (Rpd / 25)	[kN/m ²] (Carico Ammissibile, Sanglerat)

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

COMMITTENTE: BIOLCHINI						LOCALITA': COSCOGNO					
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO						DATA: 19/09/2015					
NOME FILE BIOLCHINI DPSH-01						PENETROMETRO DPSH					
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Natura granulare			Natura Coesiva					
			Hm [media]	γ [kN/m ³]	σ_v [kN/m ²]	Dr [%]	Ks [kN/m ³]	Es [kN/m ²]	OCR -	Ks [kN/m ³]	Ed [kN/m ²]
1.8	3.2	6.9	0.9	18.0	17.1	59.2	10292	5836	0.4	10224	4155
2.4	6.0	12.2	2.1	18.7	39.9	70.1	29598	9847	0.4	18452	7342
3.6	10.3	20.1	3.0	19.4	55.5	84.1	60368	15222	1.0	29975	12089
4.2	7.0	14.1	3.9	18.9	65.1	67.8	48104	11457	1.8	22027	8460
5.0	9.0	17.7	4.6	19.3	71.4	74.4	65425	46937	>4	27279	10638
5.4	6.0	12.2	5.2	18.7	76.8	60.7	50260	38293	>4	19940	7347
8.4	10.7	20.8	6.9	19.5	92.1	75.3	97771	54480	>4	32382	12500
9.4	18.4	34.2	8.9	20.2	110.1	91.6	202225	70029	>4	51572	20545
9.6	35.0	62.0	9.5	21.0	115.5	100.0	480517	108466	>4	89999	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 ³]
σ_v = Pressione litostatica	[kN/m ²]
Dr = 21 · [(10 · Nspt) / (σv + 7)] ^{0.5}	[Densità relativa] [%] (Gibbs & Holtz)
Ks = Qa - 120 - (Qa = carico ammissibile in KPa)	[Modulo di Reazione - Winkler] [kN/m ³] (Bowles, 1988)
Es = Es = (105 · 35 · Dr) · Nspt; OCR > 4 Es = (525 · 350 · Dr) · Nspt	[Modulo Elastico secante] [kN/m ²] (Jamiolkowski, 1988)
OCR = (Cu / (σv · KK)) ^{1.25}	[Sovraconsolidamento] [-] (Ladd & Foot)
Ed = 600 · Nspt (bassa plasticità)	[Modulo Edometrico] [kN/m ²] (Stroud & Butler)



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

COMMITTENTE: BIOLCHINI				LOCALITA': COSCOGNO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 19/09/2015							
NOME FILE BIOLCHINI DPSH-01				PENETROMETRO DPSH							
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Dati Num	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (C_u)			
				ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
1.8	3.2	6.9	9	25.1	1.3	24.3	19.9	46	11.0	39	28
2.4	6.0	12.2	3	28.5	1.0	27.2	22.3	82	12.5	65	46
3.6	10.3	20.1	6	32.4	0.4	32.0	26.6	135	6.2	129	92
4.2	7.0	14.1	3	29.5	0.0	28.1	23.2	94	0.0	74	53
5.0	9.0	17.7	4	31.3	1.6	30.0	24.8	119	24.1	97	69
5.4	6.0	12.2	2	28.6	0.0	26.9	22.1	82	0.0	61	44
8.4	10.7	20.8	15	32.6	1.6	31.8	26.4	140	28.8	126	90
9.4	18.4	34.2	5	37.1	0.7	35.7	29.9	229	17.5	191	136
9.6	35.0	62.0	1	42.9		39.4	33.3	415		269	192

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

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

ϕ_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 , ϕ) - PROVA PENETROMETRICA DPSH-01
(valori caratteristici e di progetto (M1) per pali)

COMMITTENTE: BIOLCHINI				LOCALITA': COSCOGNO							
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO				DATA: 19/09/2015							
NOME FILE BIOLCHINI DPSH-01				PENETROMETRO DPSH							
H [m]	N [media]	Nspt [media]	Dati Num	Natura granulare (ϕ)				Natura Coesiva (C_u)			
				ϕ_m [°]	dev stand	ϕ_k [°]	ϕ_d [°]	C_{um} [kN/m ²]	dev stand	C_{uk} [kN/m ²]	C_{ud} [kN/m ²]
1.8	3.2	6.9	9	25.1	1.3	23.1	23.1	46	11.0	31	31
2.4	6.0	12.2	3	28.5	1.0	25.2	25.2	82	12.5	53	53
3.6	10.3	20.1	6	32.4	0.4	31.7	31.7	135	6.2	125	125
4.2	7.0	14.1	3	29.5	0.0	26.1	26.1	94	0.0	61	61
5.0	9.0	17.7	4	31.3	1.6	27.7	27.7	119	24.1	77	77
5.4	6.0	12.2	2	28.6	0.0	25.3	25.3	82	0.0	53	53
8.4	10.7	20.8	15	32.6	1.6	29.9	29.9	140	28.8	98	98
9.4	18.4	34.2	5	37.1	0.7	32.8	32.8	229	17.5	148	148
9.6	35.0	62.0	1	42.9		38.0	38.0	415		269	269

Num = Numero dei dati presi in considerazione per strato

ϕ_m = Dato medio dell'angolo di attrito interno dello strato

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

ϕ_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: BIOLCHINI	LOCALITA': COSCOGNO
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 19/09/2015
NOME FILE: BIOLCHINI DPSH-01	PENETROMETRO DPSH

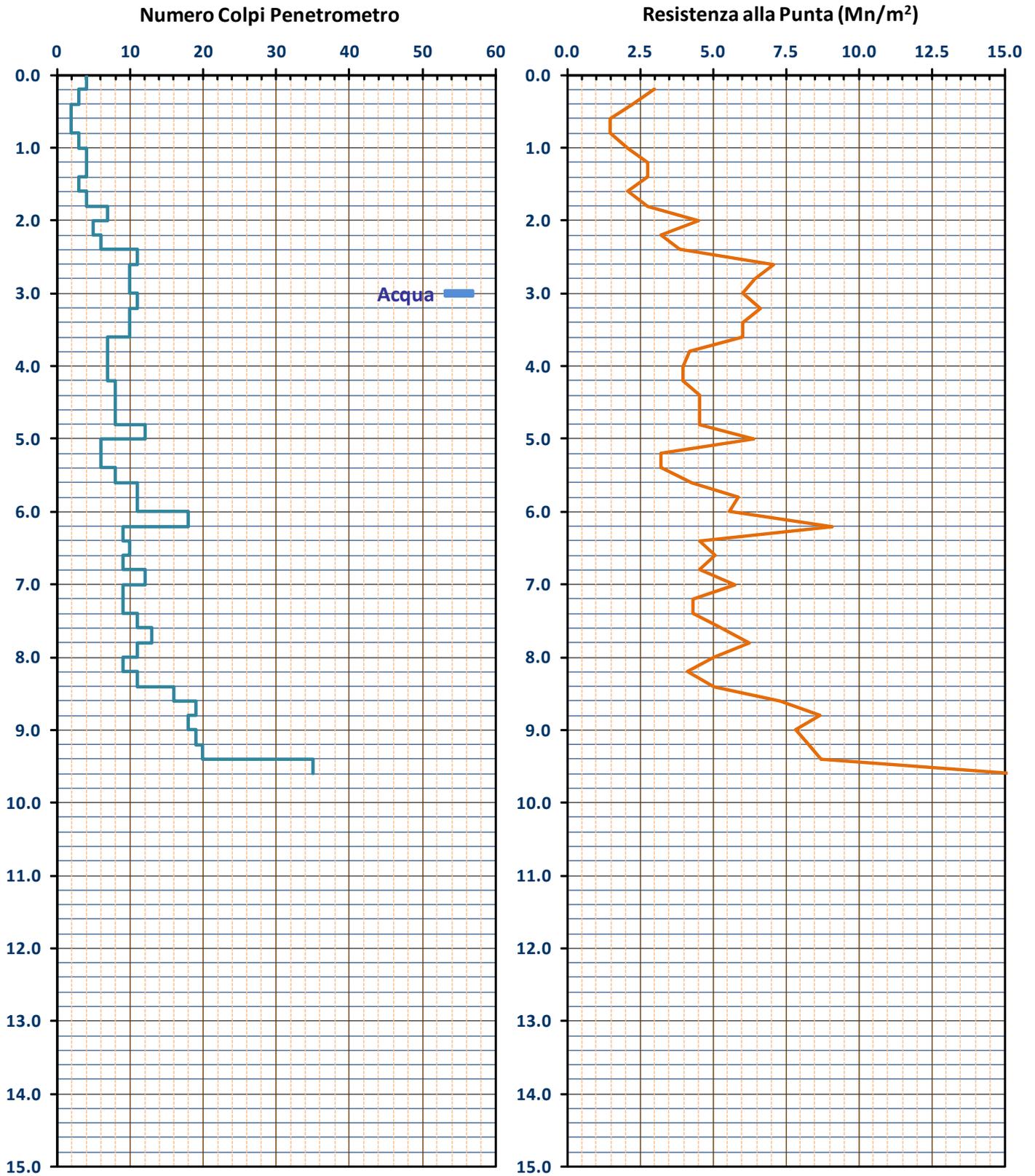
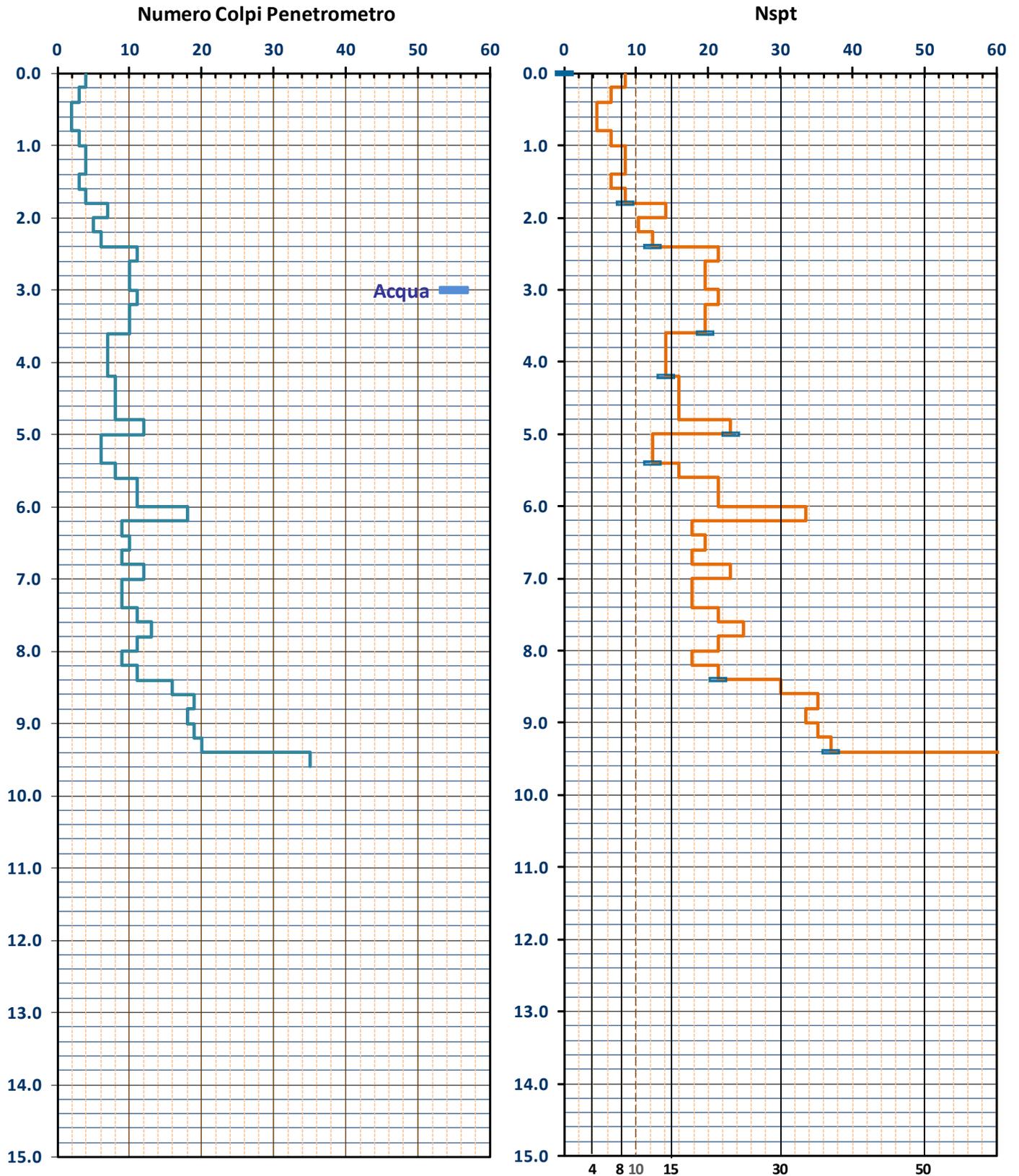




GRAFICO PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DPSH-01

COMMITTENTE: BIOLCHINI	LOCALITA' : COSCOGNO
COMUNE: PAVULLO NEL FRIGNANO	DATA: 19/09/2015
NOME FILE: BIOLCHINI DPSH-01	PENETROMETRO DPSH



ALLEGATO B

Registrazioni Sismiche - Parametri Sismici



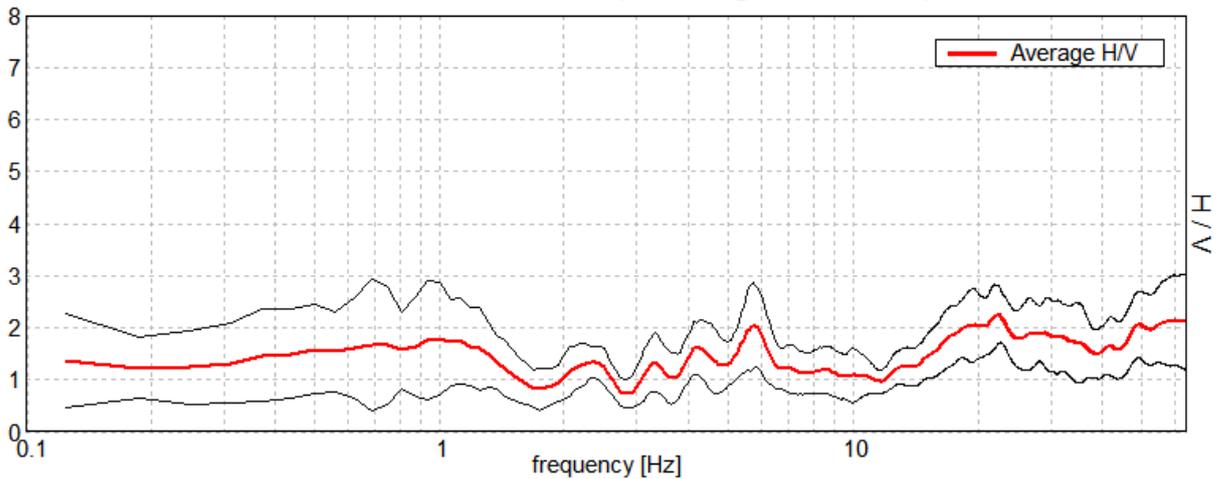


15_068

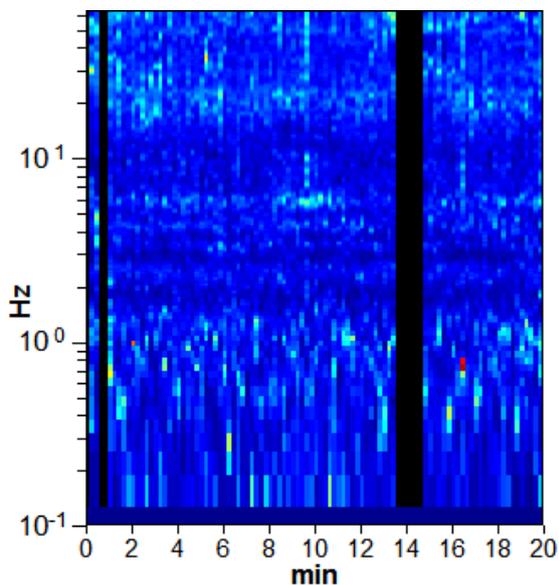
TR_01

Instrument: TRS-0016/01-06
 Start recording: 19/09/15 12:52:51 End recording: 19/09/15 13:12:52
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS location: 010°49.7987 E, 44°23.0483 N (674.7 m)
 (UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples
 Satellite no.: 04
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 91% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 12 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 6%

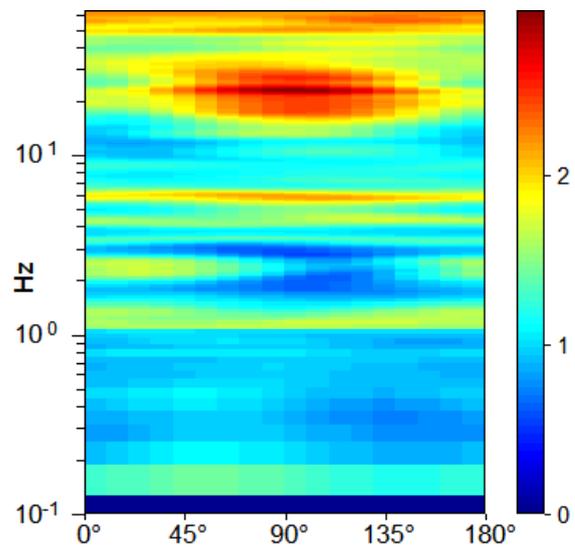
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO
 Max. H/V at 22.38 ± 1.95 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

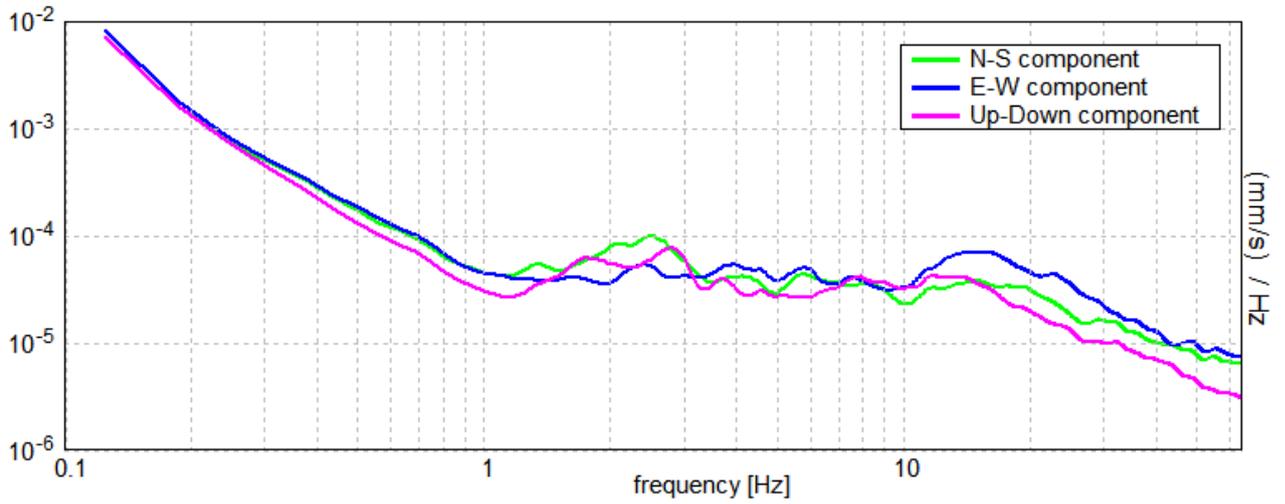


DIRECTIONAL H/V



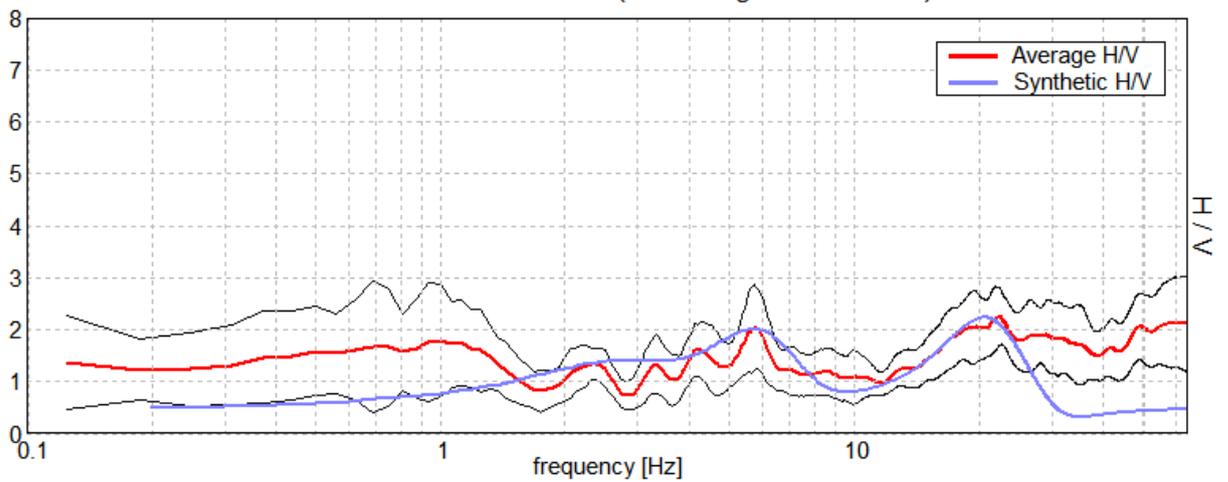


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

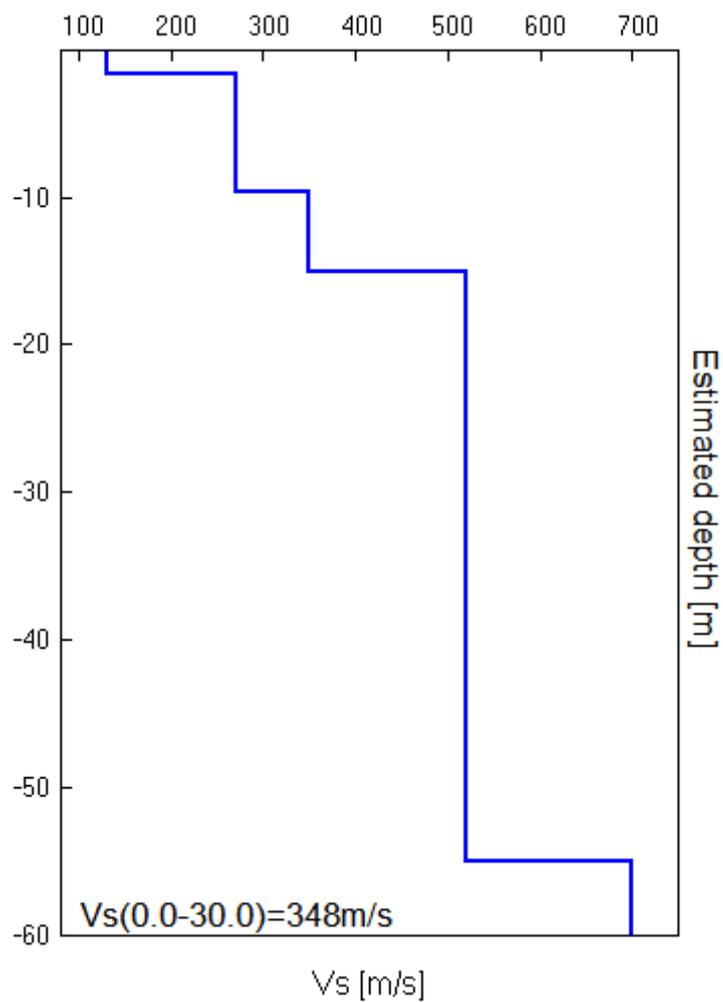
Max. H/V at 22.38 ± 1.95 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





Bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.60	1.60	130	0.40
9.60	8.00	270	0.35
15.10	5.50	350	0.35
55.10	40.00	520	0.35
inf.	inf.	700	0.35

Vs(0.0-30.0)=348m/s





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

Max. H/V at 22.38 ± 1.95 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

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

$f_0 > 10 / L_w$	22.38 > 0.83	OK	
$n_c(f_0) > 200$	24433.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 538 times	OK	

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

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	12.313 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.25 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0437 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.9777 < 1.11875	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2818 < 1.58	OK	

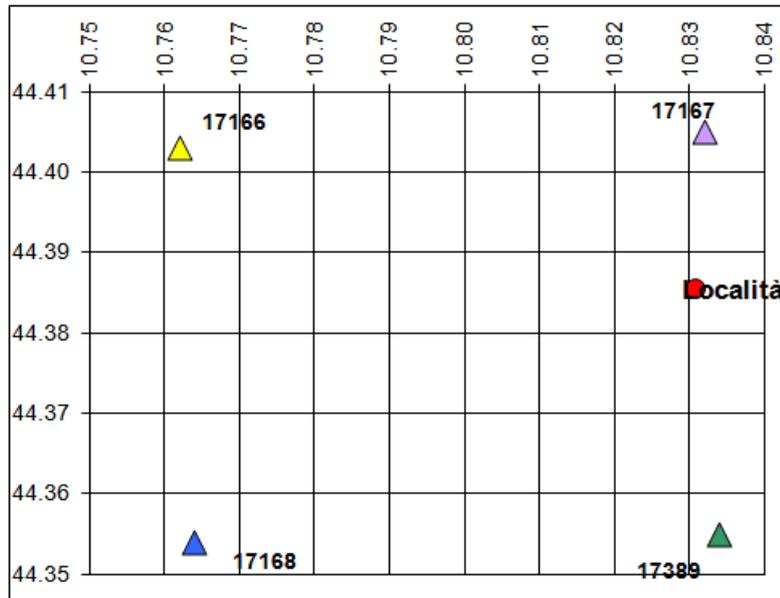
L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak 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 σ_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	10.8308	44.3856	0.0001	0.014

Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo				
ID	LON	LAT	DIST [°]	[km]
17167	10.832	44.405	0.019	2.164
17166	10.762	44.403	0.052	5.804
17389	10.834	44.355	0.031	3.413
17388	10.764	44.354	0.057	6.371



CARATTERISTICHE TERRENO

Topografia		T1
Coeff. topografico	S_T	1.0
Categoria suolo		C

VITA DELLA STRUTTURA

Vita nominale	V_N	50	[anni]
Classe d'uso	C_U	II	
Vita di riferimento	V_R	50	[anni]

PARAMETRI SISMICI

	SL	P _{VR}	T _R	a _g	F _o	T _C *	S	T _b	T _C	T _D	F _V
SLE	Operatività	81%	30	0.055	2.50	0.25	1.500	0.138	0.415	1.821	0.793
SLE	Danno	63%	50	0.069	2.50	0.26	1.500	0.142	0.426	1.874	0.883
SLU	Salv. Vita	10%	475	0.159	2.50	0.29	1.462	0.153	0.458	2.234	1.345
SLU	Collasso	5%	975	0.199	2.51	0.30	1.400	0.156	0.469	2.396	1.513



SPETTRI ELASTICI SLU

Tr = 475 anni (SLV)

Tr = 975 anni (SLC)

