

COMUNE DI SAN GIULIANO TERME

PROVINCIA DI PISA

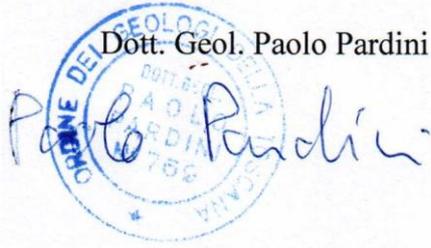
**RICHIESTA DI VARIANTE SEMPLIFICATA AL PIANO OPERATIVO
COMUNALE AI SENSI DELL'ART. 32 DELLA L.R. 65-2014, PER
L'INDIVIDUAZIONE DI UN SUB-COMPARTO IN VIA DEL CANTONE N. 46**

Id Catastale: Fg 42 – Mapp. 833 sub. 2, 82-83-286-304

Proprietà: Sig.ra Sbrana Massimo, Michele e Ciampini Marina

RELAZIONE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA

Giugno 2023

Dott. Geol. Paolo Pardini


INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	3
3. MODELLO GEOLOGICO	3
4. CATEGORIA STRATIGRAFICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	5
5. CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA	7
6. CONDIZIONI DI FATTIBILITA'	7
6.1. Fattibilità geologica	7
6.2. Fattibilità idraulica	8
6.3. Fattibilità sismica	8

ELENCO DELLE FIGURE E ALLEGATI

Fig. 1 – Corografia scala 1:25.000

Fig. 2 – Carta geologico-morfologica della zona in esame scala 1:10.000

Fig. 3 – Planimetria delle prove geognostiche scala 1:2.000

Fig. 4 – Condizioni di Pericolosità Geologica, Idraulica e Sismica del Piano Operativo Comunale (POC).

1. PREMESSA

Su incarico dei Signori Massimo e Michel Sbrana, e Marina Ciampini stata eseguita la presente relazione riguardante l'indagine geologica necessaria per la di variante semplificata al Piano Operativo Comunale ai sensi della L.R. 65/2014, per l'individuazione di un sub-compartoin Via del Cantone 46 a Gello nel Comune di San Giuliano Terme (Fig. 1).

Detta indagine ottempera a quanto prescritto dal Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 5/R/2020 e delle relative direttive di cui alla Delibera n.31 del 20/01/2020, facendo riferimento alle indagini geologiche del quadro conoscitivo a supporto del Piano Operativo Comunale (POC).

Il Comune di San Giuliano Terme non veniva classificato come sismico nei decreti fino al 1984 ma è stato classificato in Zona 3 secondo Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20/03/03 (Ordinanza n. 3274).

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

La zona di intervento si trova nella pianura alluvionale localizzata tra i corsi attuali dei Fiumi Morto e Serchio, a una quota assoluta di circa + 3 m sul livello del mare.

Dal punto di vista geologico, la zona è costituita da sedimenti alluvionali argillosi e limosi al cui interno sono più o meno frequenti intercalazioni sabbiose. Questi depositi risalenti all'Olocene, si sono formati nel corso delle ripetute esondazioni delle acque dell'Arno e del Serchio verificatesi nel passato nella pianura.

3. MODELLO GEOLOGICO

La diretta osservazione dei terreni affioranti eseguita durante il rilevamento geologico, le ricostruzioni lito-stratigrafiche derivanti dalle prove geognostiche note e i risultati di una prova

penetrometrica (CPT1) eseguita nelle vicinanze (Fig. 3) hanno permesso di ricostruire la stratigrafia di dettaglio dell'area sede dell'intervento edilizio e la determinazione dei parametri geotecnici.

La penetrometria è stata effettuata utilizzando un penetrometro statico con punta meccanica tipo Begemann dotata di manicotto laterale per la misura dell'attrito laterale.

Analizzando i dati di resistenza alla punta (q_c) e resistenza laterale (f_s) e utilizzando le relazioni di:

- Searle '72, e dell'A.G.I. per la stratigrafia,
- Searle '72 per determinare consistenza e angolo di attrito (ϕ),
- Mitchell e Gardner '75 per quanto riguarda il modulo Edometrico (E_d)
- Beer '67 per determinare la coesione (c_u)

è stata ricostruita la stratigrafia e sono stati ricavati i parametri geotecnici; i dettagli esecutivi, le specifiche di prova e i parametri determinati sono riportati in All. 1.

La ricostruzione stratigrafica ricostruita tramite la CPT1 è la seguente:

- da 0,00 m a -3,60 m dal p.c. Unità LITOTECNICA A costituita da argilla limosa;
- da -3,60 m a -5,00 m dal p.c. Unità LITOTECNICA B costituita da sabbia limosa;
- da -5,00 m a -7,00 m dal p.c. Unità LITOTECNICA C costituita da argilla;
- da -7,00 m a -8,80 m dal p.c. Unità LITOTECNICA D costituita da sabbia;
- da -8,80 m a -10,20 m dal p.c. Unità LITOTECNICA E costituita da argilla limosa.

I valori medi ponderati dei parametri geotecnici determinati nelle varie Unità Litotecniche con la prova penetrometrica CPT1 sono riportati nella tabella seguente:

Unità Litotecnica	Spessore (m)	litologia	Angolo di attrito ϕ	Coesione non drenata c_u (kg/cm ²)	Modulo di deformazione edometrico M_o (kg/cm ²)	Peso di volume γ (kg/dm ³)
A	3,60	Argilla limosa consistente		0,50	40	1,80
B	1,40	Sabbia limosa	27		60	1,90
C	2,00	Argilla		0,40	35	1,80
D	1,80	Sabbia	30		100	1,90
E	1,40	Argilla limosa		0,50	40	1,80

Il livello di falda misurato in foro è stato rilevato a circa 0,80 m da piano di campagna.

4. CATEGORIA STRATIGRAFICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 vengono definite le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II):

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grani fine molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per la determinazione sia della V_{s30} che della frequenza caratteristica di risonanza del sito (la frequenza caratteristica di risonanza del sito rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi) è stata presa in considerazione un'indagine geofisica costituita da una prospezione sismica mediante la tecnica MASW ("Multichannel Analysis of Surface Waves") e da un sondaggio di sismica passiva a stazione singola ubicati come in Fig. 3. L'integrazione dei risultati ottenuti dall'indagine di sismica attiva e passiva ha permesso di determinare il valore di V_{s30} e la frequenza di vibrazione del suolo; in All. 2 è riportata la descrizione dei metodi e i risultati dell'indagine.

La V_{s30} così determinata vale:

$$V_{s30} = 157 \text{ m/s}$$

e pertanto la categoria del suolo di fondazione è la "D"; inoltre la frequenza caratteristica del sito è uguale a 0,44 Hz.

5. CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' GEOLOGICA, SISMICA E IDRAULICA

In base alle 'Carte di Pericolosità' allegata al Piano Operativo Comunale (POC) del Comune di San Giuliano Terme (PI), la zona in esame risulta inserita nelle seguenti classi:

- Pericolosità geologica G2 (media), in cui ricadono “*aree con elementi geomorfologici, litologici e giacitureali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto*”; (in parte)
- Pericolosità geologica G3 (elevata), in cui ricadono “*terreni alluvionali soffici*”; (in parte)
- Pericolosità idraulica I2 (media), definita per le “*aree suscettibili da allagamenti per eventi con $200 < Tr < 500$ anni*”;
- Pericolosità sismica locale S3 (elevata): “*terreni potenzialmente suscettibili di liquefazione dinamica*”.

6. CONDIZIONI DI FATTIBILITA'

Dai dati emersi nel presente lavoro all'area sede del Piano Attuativo in oggetto possono essere attribuite le seguenti condizioni di fattibilità:

6.1. Fattibilità geologica

Relativamente ai criteri di fattibilità connessi alle condizioni di pericolosità geologica (G2-G3), sono definite le seguenti condizioni di fattibilità:

Fattibilità condizionata (F3). Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

Si ritiene in questo caso che sia necessaria una indagine geognostica con l'esecuzione di almeno 1 penetrometria CPT.

6.2. Fattibilità idraulica

Relativamente ai criteri di fattibilità connessi alle condizioni di pericolosità idraulica (I2) è definita la seguente condizioni di fattibilità:

Fattibilità con normali vincoli (F2). Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Per perseguire un maggiore livello di sicurezza idraulica è richiesto comunque di rialzare il piano di calpestio dei fabbricati di almeno 20 cm rispetto al piano di campagna, a meno di limitazioni derivanti da elementi di carattere tipologico e formale del patrimonio edilizio esistente. Trattandosi di interventi al di fuori delle zone a pericolosità idraulica elevata e molto elevata, non è richiesto il recupero dei volumi sottratti alla naturale esondazione.

6.3. Fattibilità sismica

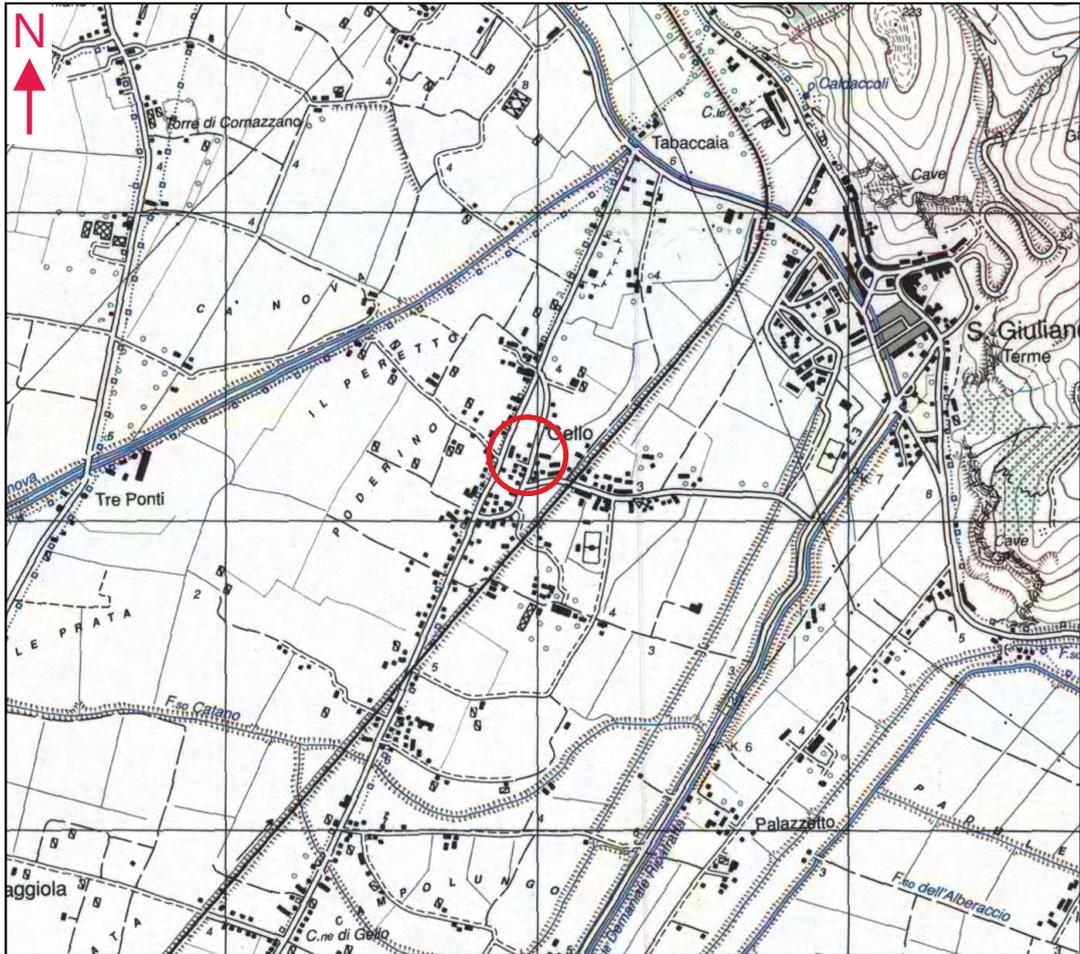
Relativamente ai criteri di fattibilità connessi alle condizioni di pericolosità sismica locale (S3) è definita la seguente condizioni di fattibilità:

Fattibilità condizionata (F3). Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

Si ritiene in questo caso che la prospezione sismica mediante la tecnica MASW e il sondaggio di sismica passiva a stazione singola illustrati in questa relazione siano sufficienti.

Arena Metato, lì 19/06/2023

Dott. Geol. Paolo Pardini

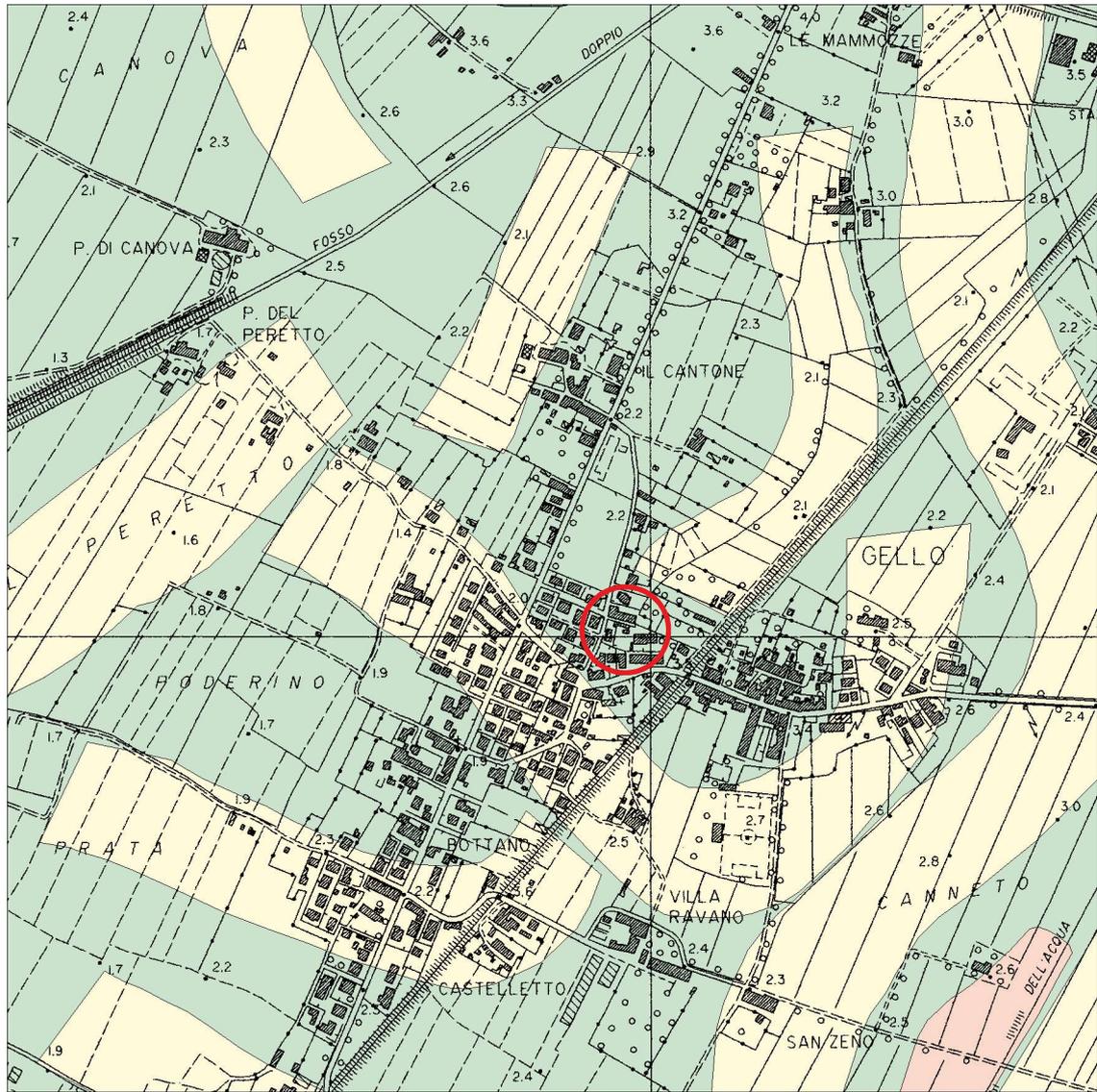


LEGENDA



Ubicazione dell'area d'intervento.

Fig. 1 - Corografia (scala 1:25.000).



Scala 1 : 10.000

LEGENDA

-  dosso fluviale
-  traccia di alveo fluviale abbandonato antico
-  Sedimenti alluvionali limo-sabbiosi
-  ubicazione dell'area d'intervento

Fig. 2 - Carta geologico-morfologica della zona in esame.

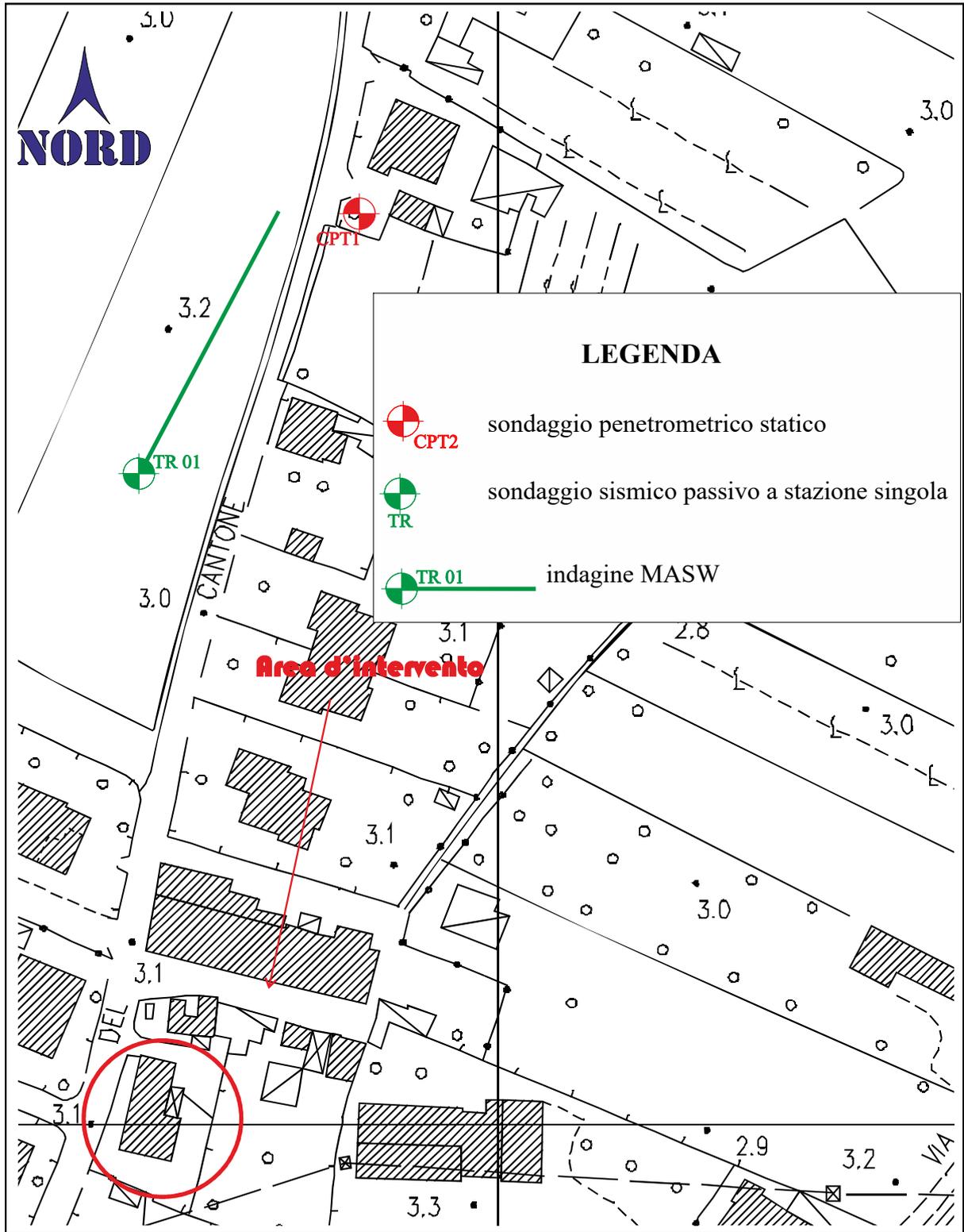
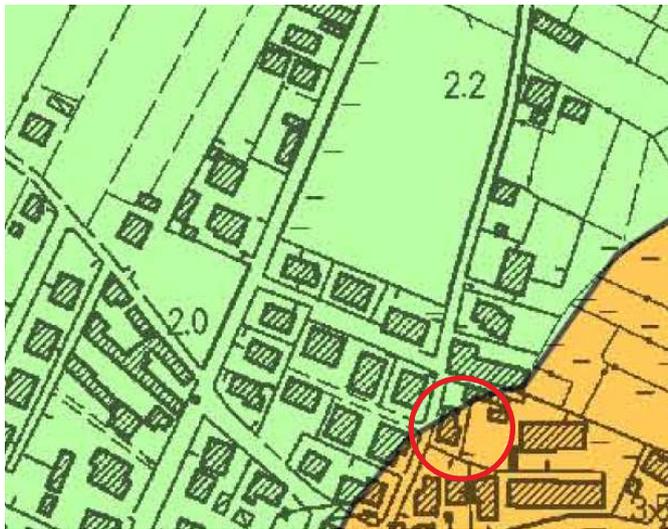


Fig. 3 - Ubicazione della prova penetrometrica alla scala 1 :1.000.



- G2 - Pericolosità geologica media
- G3 - Pericolosità geologica elevata



I.2 - Pericolosità idraulica media

Aree interessate da allagamenti con $200 < Tr \leq 500$ anni

- Da studio idraulico eseguito nella presente indagine
- Da strumenti sovraordinati (PGRA - PAI Serchio)



- S.3 - Pericolosità sismica locale elevata

Fig. 4 - Condizioni di Pericolosità Geologica, Idraulica e Sismica del Piano Operativo Comunale (POC).

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha= 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $R_p \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = \text{(L. punta) } C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $R_L \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = \text{[(L. laterale) - (L. punta)] } C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = \text{(L. totale) } C_t$

$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale R_L viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t - 1MN (megaNewton) = 1000 kN = 1000000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (MegaPascal) = 1 MN/m² = 1000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t / m² = 10 kg/cm²

kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 Mpa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (R_p / R_L)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = R_p / R_L$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di R_p e di $FR = (R_L / R_p) \% :$

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

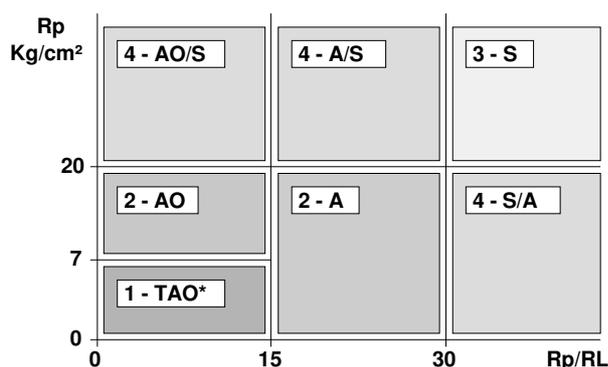
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto R_p / R_L (Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se (R_p / R_L) > 30

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se (R_p / R_L) < 30



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ - R_p - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ)
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - R_p]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - R_p - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- \emptyset = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset - Dr - R_p - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 \emptyset_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme \emptyset_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 \emptyset_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata \emptyset_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 \emptyset_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. \emptyset_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

3.010496-018

- committente: Dr. Geol. Pardini Paolo
- lavoro:
- località: Loc. Gello - PISA
- resp. cantiere:
- assist. cantiere:
- data prova : 14/04/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 0,80 m da quota inizio
- data emiss. : 18/04/2005

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	5,0	5,0	10,0	0,13	75,0	5,40	7,0	9,0	14,0	0,67	21,0
0,40	7,0	8,0	14,0	0,27	52,0	5,60	10,0	15,0	20,0	0,40	50,0
0,60	6,0	8,0	12,0	0,13	90,0	5,80	10,0	13,0	20,0	0,53	37,0
0,80	8,0	9,0	16,0	0,40	40,0	6,00	3,0	7,0	6,0	0,27	22,0
1,00	5,0	8,0	10,0	0,27	37,0	6,20	4,0	6,0	8,0	0,27	30,0
1,20	5,0	7,0	10,0	0,27	37,0	6,40	4,0	6,0	8,0	0,40	20,0
1,40	7,0	9,0	14,0	0,27	52,0	6,60	10,0	13,0	20,0	0,53	37,0
1,60	6,0	8,0	12,0	0,27	45,0	6,80	14,0	18,0	28,0	0,67	42,0
1,80	8,0	10,0	16,0	0,20	80,0	7,00	6,0	11,0	12,0	0,53	22,0
2,00	5,5	7,0	11,0	0,27	41,0	7,20	23,0	27,0	46,0	0,67	69,0
2,20	3,0	5,0	6,0	0,27	22,0	7,40	19,0	24,0	38,0	0,40	95,0
2,40	4,0	6,0	8,0	0,27	30,0	7,60	24,0	27,0	48,0	0,40	120,0
2,60	5,0	7,0	10,0	0,27	37,0	7,80	28,0	31,0	56,0	0,53	105,0
2,80	6,0	8,0	12,0	0,53	22,0	8,00	20,0	24,0	40,0	0,40	100,0
3,00	8,0	12,0	16,0	0,67	24,0	8,20	16,0	19,0	32,0	0,53	60,0
3,20	9,0	14,0	18,0	0,80	22,0	8,40	18,0	22,0	36,0	0,53	67,0
3,40	8,0	14,0	16,0	0,67	24,0	8,60	20,0	24,0	40,0	0,40	100,0
3,60	5,0	10,0	10,0	0,40	25,0	8,80	15,0	18,0	30,0	1,07	28,0
3,80	6,0	9,0	12,0	0,27	45,0	9,00	6,0	14,0	12,0	0,40	30,0
4,00	12,0	14,0	24,0	0,53	45,0	9,20	5,0	8,0	10,0	0,27	37,0
4,20	11,0	15,0	22,0	0,53	41,0	9,40	5,0	7,0	10,0	0,40	25,0
4,40	10,0	14,0	20,0	0,40	50,0	9,60	4,0	7,0	8,0	0,27	30,0
4,60	11,0	14,0	22,0	0,53	41,0	9,80	6,0	8,0	12,0	0,40	30,0
4,80	13,0	17,0	26,0	0,40	65,0	10,00	7,0	10,0	14,0	0,67	21,0
5,00	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0	10,20	7,0	12,0	14,0	-----	----
5,20	4,0	7,0	8,0	0,27	30,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

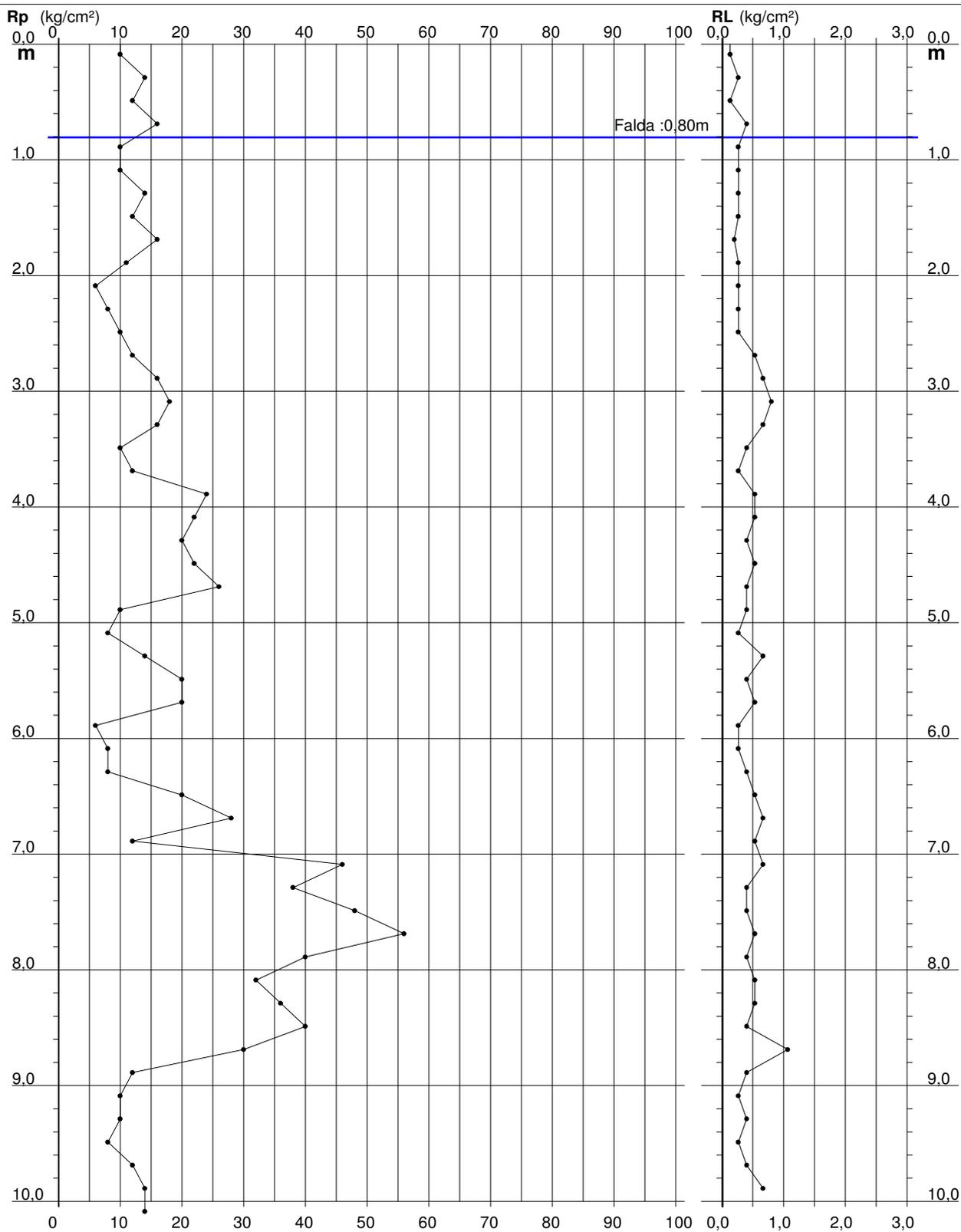
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

3.010496-018

- committente: Dr. Geol. Pardini Paolo
- lavoro:
- località: Loc. Gello - PISA
- resp. cantiere:
- assist. cantiere:

- data prova : 14/04/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 0,80 m da quota inizio
- scala vert. : 1 : 50
- data emiss. : 18/04/2005



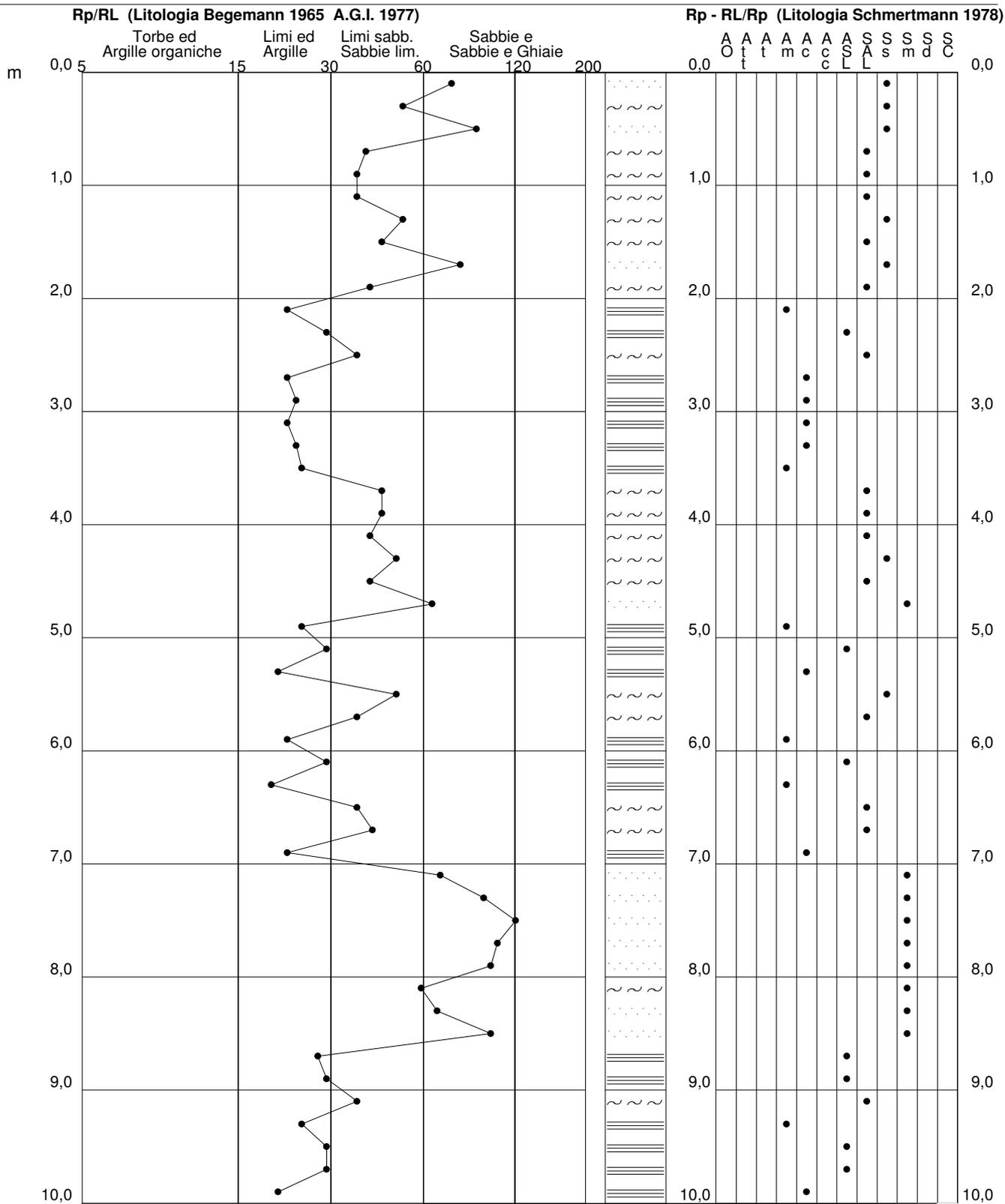
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

CPT 1

3.010496-018

- committente: Dr. Geol. Pardini Paolo
 - lavoro:
 - località: Loc. Gello - PISA
 - resp. cantiere:
 - assist. cantiere:

- data prova : 14/04/2005
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 0,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 50
 - data emiss. : 18/04/2005



**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 1

3.010496-018

- committente: Dr. Geol. Pardini Paolo
- lavoro:
- località: Loc. Gello - PISA
- resp. cantiere:
- assist. cantiere:

- data prova : 14/04/2005
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 0,80 m da quota inizio

- data emiss. : 18/04/2005

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/RI (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	10	75	4:/:	1,85	0,04	0,50	99,9	85	128	40	73	38	40	42	44	41	26	0,169	17	25	30
0,40	14	52	4:/:	1,85	0,07	0,64	92,5	108	162	48	68	38	39	41	43	40	26	0,153	23	35	42
0,60	12	90	4:/:	1,85	0,11	0,57	48,7	97	146	45	53	35	38	40	42	37	26	0,111	20	30	36
0,80	16	40	4:/:	0,90	0,13	0,70	51,6	118	177	52	59	36	38	40	43	38	27	0,128	27	40	48
1,00	10	37	4:/:	0,86	0,15	0,50	29,2	85	128	40	40	34	36	39	41	35	26	0,079	17	25	30
1,20	10	37	4:/:	0,86	0,16	0,50	25,4	85	128	40	37	33	36	38	41	34	26	0,073	17	25	30
1,40	14	52	4:/:	0,89	0,18	0,64	30,2	108	162	48	46	34	37	39	42	36	26	0,094	23	35	42
1,60	12	45	4:/:	0,88	0,20	0,57	23,5	97	146	45	39	33	36	38	41	34	26	0,076	20	30	36
1,80	16	80	4:/:	0,90	0,22	0,70	27,0	118	177	52	46	34	37	39	42	35	27	0,095	27	40	48
2,00	11	41	4:/:	0,87	0,23	0,54	17,7	91	137	42	32	32	35	38	41	33	26	0,061	18	28	33
2,20	6	22	2:///	0,82	0,25	0,30	7,9	60	91	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	8	30	4:/:	0,84	0,27	0,40	10,4	68	102	35	17	30	33	36	39	30	26	0,033	13	20	24
2,60	10	37	4:/:	0,86	0,28	0,50	12,7	85	128	40	24	31	34	37	40	31	26	0,045	17	25	30
2,80	12	22	2:///	0,92	0,30	0,57	13,9	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	16	24	2:///	0,96	0,32	0,70	16,4	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	18	22	2:///	0,98	0,34	0,75	16,8	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	16	24	2:///	0,96	0,36	0,70	14,3	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	10	25	2:///	0,90	0,38	0,50	8,9	90	135	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	12	45	4:/:	0,88	0,40	0,57	9,9	97	146	45	22	31	34	37	40	30	26	0,041	20	30	36
4,00	24	45	3:...	0,86	0,41	--	--	--	--	--	44	34	37	39	42	34	28	0,090	40	60	72
4,20	22	41	3:...	0,86	0,43	--	--	--	--	--	41	34	36	39	41	33	28	0,081	37	55	66
4,40	20	50	4:/:	0,93	0,45	0,80	12,9	136	204	60	36	33	36	38	41	32	27	0,071	33	50	60
4,60	22	41	3:...	0,86	0,47	--	--	--	--	--	39	33	36	38	41	33	28	0,076	37	55	66
4,80	26	65	3:...	0,87	0,48	--	--	--	--	--	43	34	36	39	41	34	28	0,088	43	65	78
5,00	10	25	2:///	0,90	0,50	0,50	6,3	131	197	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	8	30	4:/:	0,84	0,52	0,40	4,5	145	217	35	1	28	31	35	38	27	26	0,003	13	20	24
5,40	14	21	2:///	0,94	0,54	0,64	7,8	130	195	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	20	50	4:/:	0,93	0,56	0,80	9,9	136	204	60	31	32	35	38	40	31	27	0,060	33	50	60
5,80	20	37	4:/:	0,93	0,57	0,80	9,5	138	207	60	30	32	35	38	40	31	27	0,058	33	50	60
6,00	6	22	2:///	0,82	0,59	0,30	2,7	155	233	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	8	30	4:/:	0,84	0,61	0,40	3,7	171	257	35	--	28	31	35	38	26	26	--	13	20	24
6,40	8	20	2:///	0,86	0,62	0,40	3,6	176	265	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	20	37	4:/:	0,93	0,64	0,80	8,2	153	230	60	27	32	35	37	40	30	27	0,053	33	50	60
6,80	28	42	3:...	0,87	0,66	--	--	--	--	--	38	33	36	38	41	32	28	0,076	47	70	84
7,00	12	22	2:///	0,92	0,68	0,57	5,1	187	281	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	46	69	3:...	0,91	0,70	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	35	31	0,115	77	115	138
7,40	38	95	3:...	0,90	0,72	--	--	--	--	--	47	35	37	39	42	33	30	0,096	63	95	114
7,60	48	120	3:...	0,91	0,73	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	35	31	0,115	80	120	144
7,80	56	105	3:...	0,93	0,75	--	--	--	--	--	59	36	38	40	43	35	31	0,128	93	140	168
8,00	40	100	3:...	0,90	0,77	--	--	--	--	--	47	35	37	39	42	33	30	0,096	67	100	120
8,20	32	60	3:...	0,88	0,79	--	--	--	--	--	39	33	36	38	41	32	29	0,077	53	80	96
8,40	36	67	3:...	0,89	0,81	--	--	--	--	--	42	34	36	39	41	32	30	0,085	60	90	108
8,60	40	100	3:...	0,90	0,82	--	--	--	--	--	45	34	37	39	42	33	30	0,092	67	100	120
8,80	30	28	4:/:	0,96	0,84	1,00	7,8	204	306	90	35	33	35	38	41	31	29	0,068	50	75	90
9,00	12	30	4:/:	0,88	0,86	0,57	3,8	242	364	45	3	28	32	35	38	26	26	0,007	20	30	36
9,20	10	37	4:/:	0,86	0,88	0,50	3,1	242	363	40	--	28	31	35	38	25	26	--	17	25	30
9,40	10	25	2:///	0,90	0,90	0,50	3,0	245	368	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,60	8	30	4:/:	0,84	0,91	0,40	2,2	219	328	35	--	28	31	35	38	25	26	--	13	20	24
9,80	12	30	4:/:	0,88	0,93	0,57	3,4	261	392	45	1	28	31	35	38	26	26	0,002	20	30	36
10,00	14	21	2:///	0,94	0,95	0,64	3,8	267	400	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	14	--	2:///	0,94	0,97	0,64	3,7	273	409	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ALL. 2 - INDAGINE SISMICA

1. PREMESSA

La seguente indagine geofisica è stata eseguita nel Comune di San Giuliano Terme (PI), in località Gello ed è stata finalizzata alla determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Onde S), al calcolo del parametro Vs30 e al calcolo della frequenza di risonanza caratteristica del sito.

L'indagine, svolta in data 17 Agosto 2011, è stata condotta conformemente alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e s.m.i., al D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e alla Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, contenente le Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

2. TIPO D'INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la ricostruzione del profilo verticale di velocità delle onde S e per il calcolo del parametro V_{s30} si è deciso di eseguire n. 1 prospezione sismica superficiale mediante la tecnica MASW ("Multichannel Analysis of Surface Waves").

Per il calcolo della frequenza di risonanza caratteristica di sito e per verificare i risultati ottenuti dal MASW è stato eseguito un sondaggio in sismica passiva a stazione singola elaborati attraverso la metodologia basata sul rapporto spettrale H/V (HVSR).

3. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata per l'indagine MASW sono costituite da:

- **un sistema di energizzazione ad impatto verticale per le onde di Rayleigh** costituito dalla caduta di un grave direttamente sul piano di campagna per la generazione di onde Rayleigh;
- **un sistema di ricezione e di acquisizione dati** digitali della Micromed;
- **un sistema di trigger** consistente in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

La strumentazione utilizzata per la misura dei microtremori ambientali, elaborati attraverso la tecnica HVSR, è costituita da un tromografo digitale (Tromino della Micromed) dotato di tre terne di sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e UP-DOWN.

4. INDAGINE MASW: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente allineata all'array geofonico) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10 Hz e 70-100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

I fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°, sia della topografia sia delle diverse discontinuità elastiche.

La metodologia utilizzata consiste in quattro fasi:

- acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese;
- determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- calcolo della curva di dispersione attraverso il picking o la modellazione diretta;

- inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs e il parametro Vs30.

L'elaborazione è stata eseguita tramite il software GRILLA (della Micromed).

Le acquisizioni sono state eseguite secondo le seguenti configurazioni spaziali e temporali:

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE SISMICA MASW	
Coordinate WGS84 centro stesa	43,759994– 10,428528
Orientazione	NE - SO
Dislivello altimetrico tra gli end-shots	0 m
Lunghezza stendimento	37 m

L'omogeneità laterale del sottosuolo al disotto dello stendimento della MASW è stata ulteriormente verificata attraverso l'esecuzione di un sondaggi in sismica passiva a stazione singola effettuati in corrispondenza degli estremi dello stendimento stesso.

Durante il processo di elaborazione, al fine di minimizzare le possibili soluzioni e cercare la più sensata coerenza tra lo spettro di velocità sperimentale e le curve di dispersione teoriche che possono generare tale spettro, ci si è avvalsi dei dati acquisiti con i sondaggi in sismica passiva.

I risultati dell'indagine condotta sono riportati nelle figure allegate fuori testo.

5. INDAGINE HVSR: METODOLOGIA E ACQUISIZIONE

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.

I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume, P o S, ma un ruolo fondamentale nella produzione dei microtremori è rivestito dalle onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S.

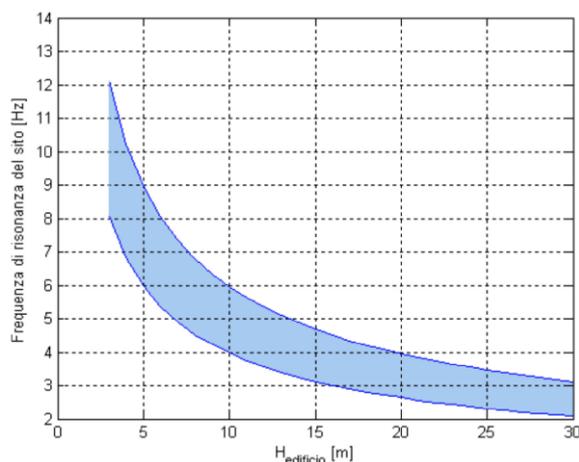
Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- **la frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- **la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- **la velocità media delle onde di taglio Vs;**
- **la stratigrafia sismica del sottosuolo** con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri.

Per quanto concerne il fenomeno della "doppia risonanza" (cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico, così come trasmesso in superficie, e quelle dei manufatti ivi edificati) è noto che, dal punto di vista empirico, la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza.

Nella figura seguente (tratta da Masi et al., 2007) si riporta, a titolo esemplificativo, una possibile relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza di sito. La fascia azzurra indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.



La quantificazione della frequenza caratteristica di sito attraverso misure dirette di microtremore sismico può quindi essere di estremo aiuto nella fase di progettazione.

Durante questa campagna geofisica è stata eseguita 1 misura di microtremore ambientale (sondaggi in sismica passiva a stazione singola) secondo la seguente configurazione spaziale e temporale:

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE HVSR				
Denominazione	Coordinate WGS84		Durata acquisizione	Frequenza di campionamento
TR1	10,428528	43,759994	14 min	128 Hz

Le misure di microtremore ambientale, orientate secondo il Nord e della durata di 14 minuti, sono state effettuate con il tromografo digitale Tromino.

I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

6. ANALISI DEI RISULTATI

Nel complesso la prospezione geofisica eseguita, sia per mezzo delle analisi della prova di sismica attiva MASW che dell'indagine di sismica passiva con il metodo HVSR, ha permesso di ricavare sia il modello medio di distribuzione della velocità delle onde S e il relativo il parametro V_{s30} ¹ che relativi la frequenza di vibrazione del sottosuolo del sito indagato.

L'elaborazione dei dati ottenuti della MASW integrato e confrontato con i dati ottenuti dalla sismica passiva² ha dato il seguente profilo di velocità sismica, riferito al piano di campagna:

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
0.10	0.10	50
0.30	0.20	110
2.30	2.00	120
8.30	6.00	130
11.30	3.00	150
17.30	6.00	160
20.30	3.00	170
23.30	3.00	180
28.30	5.00	200
inf.	inf.	240

¹ La velocità media di propagazione delle Onde di taglio entro i 30 metri di profondità (V_{s30}) è calcolata con l'espressione $V_{s30} = 30 / (\sum h_i / V_i)$

² Tale indagine contribuisce in particolar modo a migliorare la determinazione della V_s in profondità e all'individuazione di eventuali inversioni di velocità.

Il profilo di velocità sismica indica una V_{s30} , riferita a 1 m da p.c., pari a 157 m/s

Dalle misure dei microtremori ambientali effettuate attraverso il sondaggi a stazione singola risulta che il segnale sismico, così come trasmesso in superficie, viene amplificato alla frequenze di **0.44 Hz**.

Tali frequenze possono essere considerate come frequenze fondamentali di sito.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le nuove "Norme Tecniche per le Costruzioni" (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008) i risultati dell'indagine geofisica, dal punto di vista prettamente numerico, concorrono ad ascrivere il sito come appartenente alla **Categoria D** di sottosuolo.

INDAGINE MASW

11-08 PARDINI GELLO, MASW 1

Inizio registrazione: 17/08/11 15:40:06 Fine registrazione: 17/08/11 15:54:07

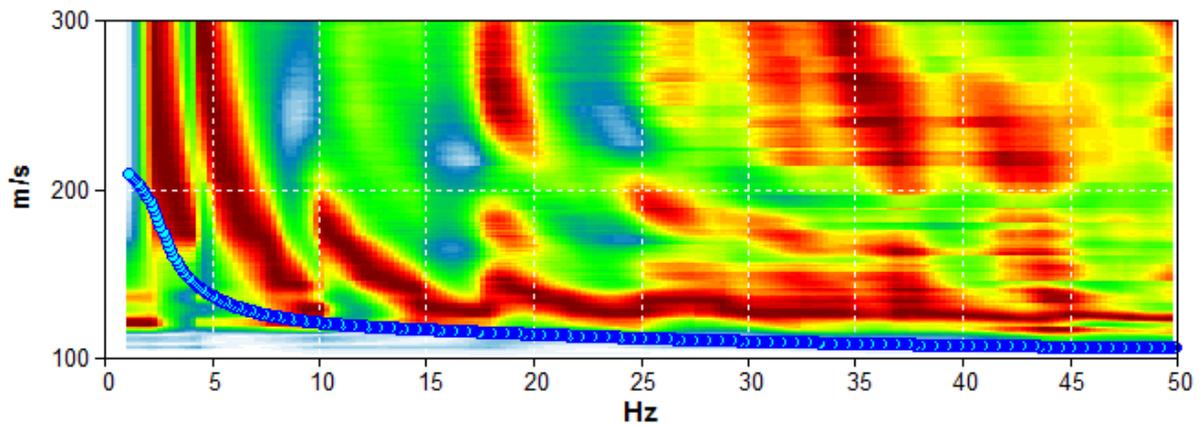
Durata registrazione: 0h04'40". Analizzato 93% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 512 Hz

Nomi canali: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8 ;
B9 ; B10 ; B11 ; B12

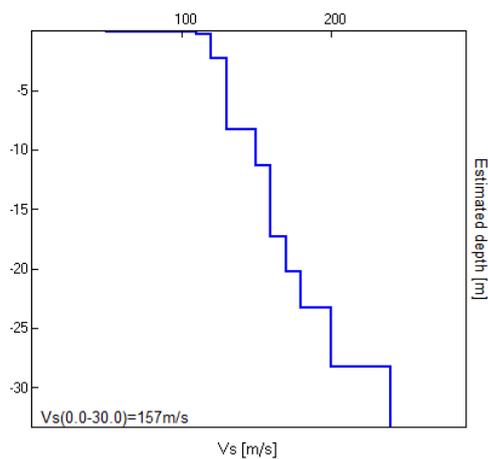
Array geometry (x): 0.0 1.0 3.0 5.0 9.0 11.0 15.0 17.0 21.0 27.0 29.0 35.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.10	0.10	50	0.35
0.30	0.20	110	0.35
2.30	2.00	120	0.35
8.30	6.00	130	0.35
11.30	3.00	150	0.35
17.30	6.00	160	0.35
20.30	3.00	170	0.35
23.30	3.00	180	0.35
28.30	5.00	200	0.35
inf.	inf.	240	0.35

Vs(0.0-30.0)=157m/s



INDAGINE H/V

11-08 PARDINI GELLO, TR1

Strumento: TEP-0085/01-10

Inizio registrazione: 17/08/11 15:56:50 Fine registrazione: 17/08/11 16:10:51

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h14'00". Analizzato 93% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

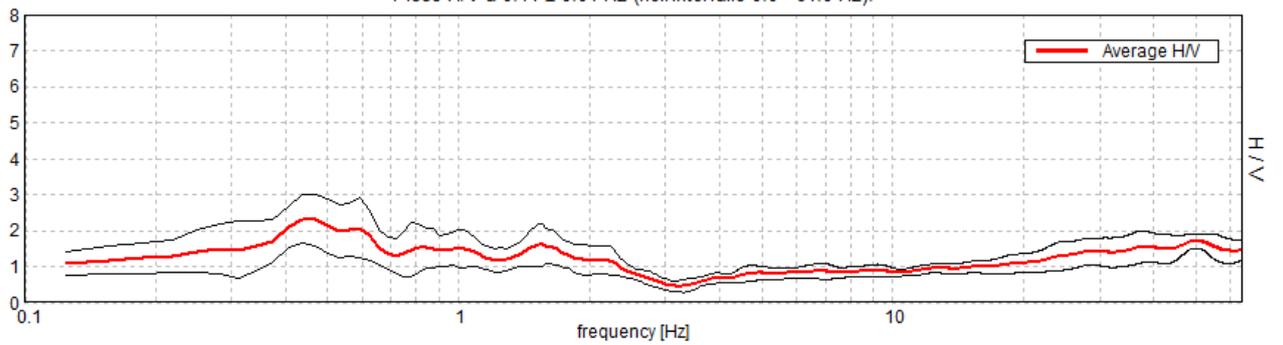
Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

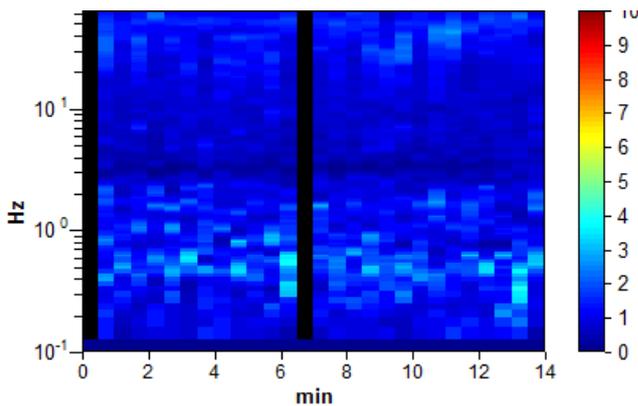
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

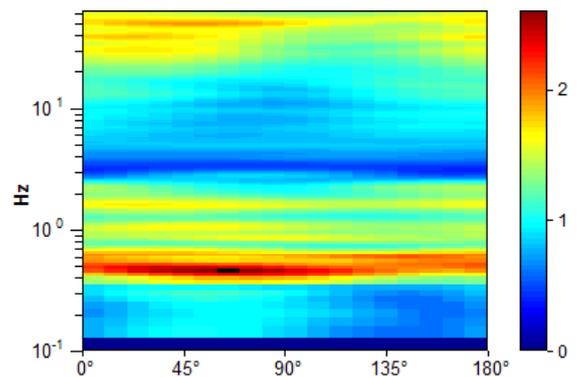
Picco H/V a 0.44 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



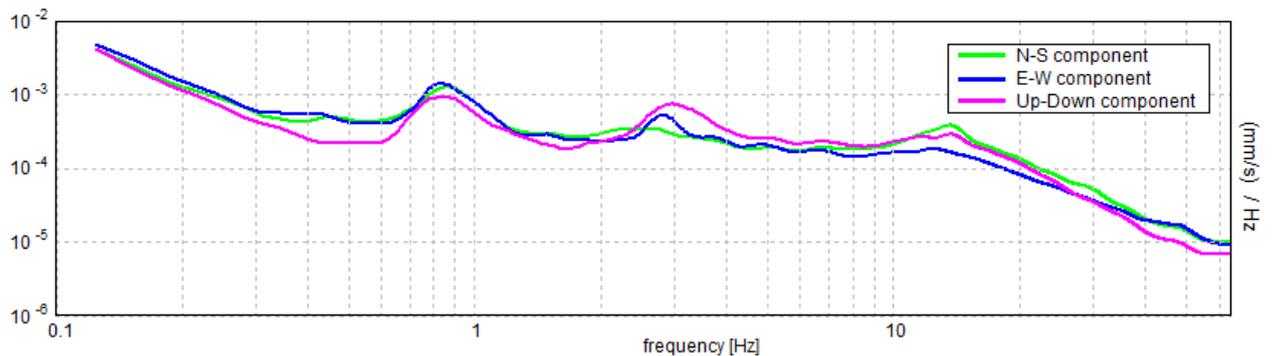
SERIE TEMPORALE H/V



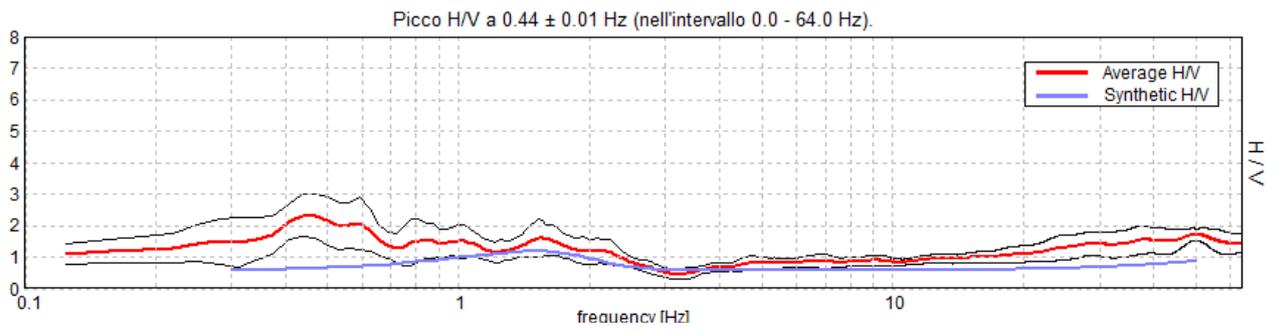
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

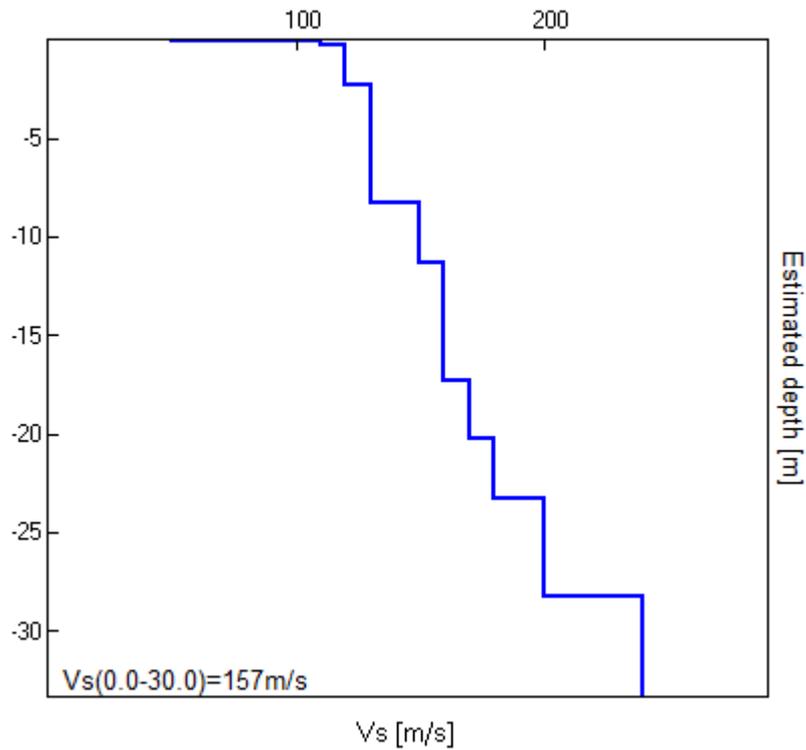


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.10	0.10	50	0.35
0.30	0.20	110	0.35
2.30	2.00	120	0.35
8.30	6.00	130	0.35
11.30	3.00	150	0.35
17.30	6.00	160	0.35
20.30	3.00	170	0.35
23.30	3.00	180	0.35
28.30	5.00	200	0.35
inf.	inf.	240	0.35

Vs(0.0-30.0)=157m/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 0.44 ± 0.01 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.44 > 0.33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$341.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 22	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.125 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.32 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00777 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0034 < 0.0875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3241 < 2.5$	OK	

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
σ_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 σ_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