

**COMMITTENTE**

Comune di Guiglia - PIVA 00641440367 - Piazza Gramsci n.1 41052 Guiglia (MO)  
Responsabile Unico Procedimento Geom. Lucio Amidei

**GUIGLIA (MO)****DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE  
DELLA SCUOLA PRIMARIA DI  
ROCCAMALATINA****PROGETTISTA**

*mandataria RTP*  
STUDIO TECNICO GRUPPO MARCHE  
Contrada Potenza, 11 62100 Macerata  
P.Iva 00141310433  
Tel. +39 0733 492522  
azienda certificata  
ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015

*mandante RTP*  
Professionista ISO IEC 17024  
Studio Associato  
GRAZIANI SPARAPANI  
via I Maggio 1/5, 62100 Macerata  
P.Iva 01755520432  
Tel. +39 0733 283116

**Progetto Esecutivo****Elaborati generali****RELAZIONE GEOLOGICA****Repertorio/Posizione** 2813/01**Data** Giugno 2020**Verificato da** AC**E-GG-1****Scala**

N.	Descrizione	Data
0	Prima emissione	Giu 2020
1		
2		
3		
4		



RELAZIONE GEOLOGICA



Comune di Guiglia

Piazza Gramsci n.1, 41052 Guiglia (MO) - PIVA 00641440367

DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELLA SCUOLA PRIMARIA DI ROCCAMALATINA

**Progetto Esecutivo**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

## INTRODUZIONE

La seguente relazione riguarda l'area relativa alla scuola primaria di Roccamalatina sita nel Comune di Guiglia in Provincia di Modena.

La relazione è stata redatta dal Dott. Geologo Marco Roli, sotto incarico della committenza, nel Settembre del 2017. Tale relazione è stata integrata in fase di Progetto Definitivo in quanto non conforme con le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

# Comune di Guiglia

## Provincia di Modena

### ***Relazione Geologica Preliminare a supporto del progetto di demolizione e ricostruzione della scuola primaria Di Roccamalatina***

T.U. Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14/01/2008  
LR 19 -Norme per la riduzione del rischio sismico". 30/10/2008,

RELAZIONE GEOLOGICA inerente le indagini geognostiche eseguite, la definizione delle unità litotecniche, gli eventuali processi geomorfici al fine della modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08)  
"RISPOSTA SISMICA DEL SITO" (ai sensi del D. M. 14/01/2008 NNTC) e la Verifica agli Stati Limiti Ultimi (SLU) (par. 6.4 del D.M. 14/01/08)

Studi di microzonazione sismica variante PRG approvazione C.C n°61 del 25/11/2014

***Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia***

determina n°107 del 28 agosto 2017 Cig.n°ZB9200FADD



Dott. Geol Marco Roli

via G. Gozzano n° 74 Vignola (MO); Tel. 059773706; cell 3288689554  
Studio Tecnico di Scienze Geologiche

8 SETTEMBRE 2017



# RELAZIONE TECNICA PRELIMINARE

comprendente:

**RELAZIONE GEOLOGICA** inerente le indagini geognostiche eseguite, la definizione delle unità litotecniche, gli eventuali processi geomorfologici al fine della modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08)

**RELAZIONE GEOTECNICA** basata sulle indagini eseguite, fornisce tutti i dati geotecnici necessari per il progetto, la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (6.2.2. DM 14/01/08)

Primi elementi per la definizione della “**RISPOSTA SISMICA DEL SITO**” (ai sensi del D. M. 14/01/2008 NNTC)

---

## OGGETTO

**Caratterizzazione geologica, di parametrizzazione geotecnica e sismica preliminare finalizzata al progetto di demolizione e ricostruzione della scuola primaria di Roccamalatina**

---

## LOCALITÀ

Frazione di Roccamalatina via Fosse Ardeatine

---

## PROPRIETÀ

Amministrazione Comunale di Guiglia

Incarico: determina n°107 del 28 agosto 2017 Cig.n°ZB9200FADD
---

## INDICE DEL CONTENUTO

1. PREMESSE .....	3
1.1 Inquadramento geografico .....	3
2. INQUADRAMENTO GENERALE.....	4
2.1 Aspetti geologici – geomorfologici generali .....	4
2.2 Storicità sismica.....	6
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	7
3.1 Campagna geognostica e analisi di laboratorio geotecnico .....	7
3.2 Metodologie di indagine .....	8
3.2.1 Prove penetrometriche Dinamiche DPSH .....	8
3.2.2 Sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati .....	9
3.2.2 Indagine sismica secondo metodologia MASW.....	11
3.2.3 Indagine sismica a stazione singola secondo metodologia a microtremori HVSR .....	13
4. MODELLO GEOLOGICO/STRATIGRAFICO.....	16
4.1 Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo .....	16
5. MODELLO GEOTECNICO .....	18
5.1 Modello geotecnico di riferimento .....	18
6. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	19
6.1 Risultati delle indagini geofisiche e identificazione della categoria di sottosuolo secondo (D.M. 14/01/2008).....	19
6.2 Azione sismica di riferimento approccio III livello studio di risposta sismica locale RSL .....	22
7. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ DEL SITO AL FENOMENO DI LIQUEFAZIONE.....	22
8. CONCLUSIONI .....	23

## TAVOLE

1. Inquadramento Corografico
2. Inquadramento Topografico
3. Carta Geologica
4. Ubicazione Indagini
5. Tavola fotografie indagini e stato di fatto

## ALLEGATI

- All.1 Indagini Sondaggio a Carotaggio
- All.2 Indagini di Laboratorio
- All.3 Prove Penetrometriche
- All.4 Indagini Geofisiche
- All.5 Fotografie indagini

## 1. PREMESSE

Nel mese di settembre 2017, su incarico del Comune di Guiglia, è stata eseguita la caratterizzazione geologica e geotecnica del volume significativo di sottosuolo interagente con la scuola primaria ITC Montecuccoli di Roccamalatina situata in via Fosse Ardeatine. Il presente studio preliminare viene redatto a supporto del progetto di demolizione e ricostruzione della struttura più datata, descrivendo i principali aspetti geologici e geotecnici del terreno investigato. Lo scrivente ha redatto nel maggio 2011 la Perizia geologica per il nuovo refettorio che verrà preservato ed accorpato al nuovo progetto. Il presente elaborato è preliminare e volto ad identificare i primi aspetti di interazione con il sottosuolo, in quanto il sedime del futuro intervento, il disegno architettonico e strutturale è ancora da definire.



Fig. n. 1 – Scansione fotografica satellitare del complesso oggetto di studi

In accordo con la normativa tecnica nazionale D.M. 14/01/2008 (NTC) il presente studio verrà suddiviso nelle seguenti sezioni:

- *RELAZIONE GEOLOGICA riguardante le indagini geognostiche eseguite, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. DM 14/01/08);*
- *RELAZIONE GEOTECNICA basata sulle indagini eseguite, fornisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato (6.2.2. DM 14/01/08)*
- *Relazione concernente la "RISPOSTA SISMICA DEL SITO" (ai sensi del D. M. 14/01/2008 NNTC)*

### 1.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto di studio è ubicata nel Comune di Guiglia (Mo), a sud del capoluogo, nella frazione di Roccamalatina a 550 m s.l.m. Essa è rappresentata sulla Carta Topografica Regionale alla scala 1:25.000 nella tavola 236 NE e sulla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 nell'elemento n. 236040 (TAV.1 – TAV.2). L'area oggetto di indagine è prospiciente a via Fosse Ardeatine tra via Carlo Marx e via Ronzone. Le coordinate geografiche di riferimento sono le seguenti:

Dott. Geol. MARCO ROLI Indagini Geologiche e Geotecniche – Idrogeologia  
Via Guido Gozzano 74 - 41058 Vignola (MO) Tel. 059773706 cell. 3288689554 e-mail [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it)

SITO IN ESAME	
COORDINATE GEOGRAFICHE ED 50	
LATITUDINE	LONGITUDINE
44,389658	10,965226

## 2. INQUADRAMENTO GENERALE

### 2.1 Aspetti geologici – geomorfologici generali

Nell'intorno del sito investigatosi rinvencono depositi di superficie prevalentemente detritici fini in parte di origine antropica ed in parte di disaggregazione esogena delle formazioni circostanti. Sotto a tale "copertura" detritica è presente una formazione variabilmente addensata siltoso-sabbioso ed arenacea. Dalla consultazione della cartografia geologica redatta dalla Regione Emilia Romagna (Progetto CARG) presso l'area di interesse affiorano coperture detritiche superficiali e sottostanti formazioni geologiche, come evidenziato nella carta geologica allegata (Fig.2 e Tav. 3):

#### a4 - Deposito eluvio-colluviale

Coltre di materiale detritico, generalmente fine (sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.

#### PAT - FORMAZIONE DI PANTANO

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

#### Geomorfologia

La ricostruzione morfologica dell'area dell'abitato di Roccamalatina, lungo la strada provinciale, è esemplificabile come un'ampia vallecola colmata dai detriti di disaggregazione delle formazioni arenacee (a4 ?). Il fabbricato scolastico è situato alla sommità del versante ovest dell'abitato di Roccamalatina, lungo una pseudo dorsale ad andamento nord-sud. In questo contesto morfologico, si ha una variabilità dello spessore della copertura detritica da 1,00 m sino a 8,00 m lungo il versante a valle del fabbricato scolastico.

#### Idrogeologia

L'area è situata all'apice di una dorsale di versante, a valle di essa si incanalano le acque meteoriche sino ad infiltrarsi e drenare verso valle nel copro detritico summenzionato. L'idrogeologia dell'area è condizionata dalla permeabilità dei litotipi e nello specifico dalla coltre detritica superficiale mediamente permeabile e dal substrato formazionale siltoso, contraddistinto da sostanziale bassa permeabilità alternata a discreta conducibilità per fratturazione del litotipo. I fattori antropici condizionano anche il deflusso naturale delle acque, nella parte a monte del lotto insistono strade, fabbricati e muri di contenimento che ne ostacolano il lineare deflusso. Al fine di compatibilizzare l'inserimento del fabbricato in tale contesto è importante intervenire con anelli dreni perimetrali alle strutture interrare, scoline bordo strada, vespai drenanti a tergo dei muri di contenimento laterale e di valle, il tutto per facilitare il deflusso delle acque verso valle.



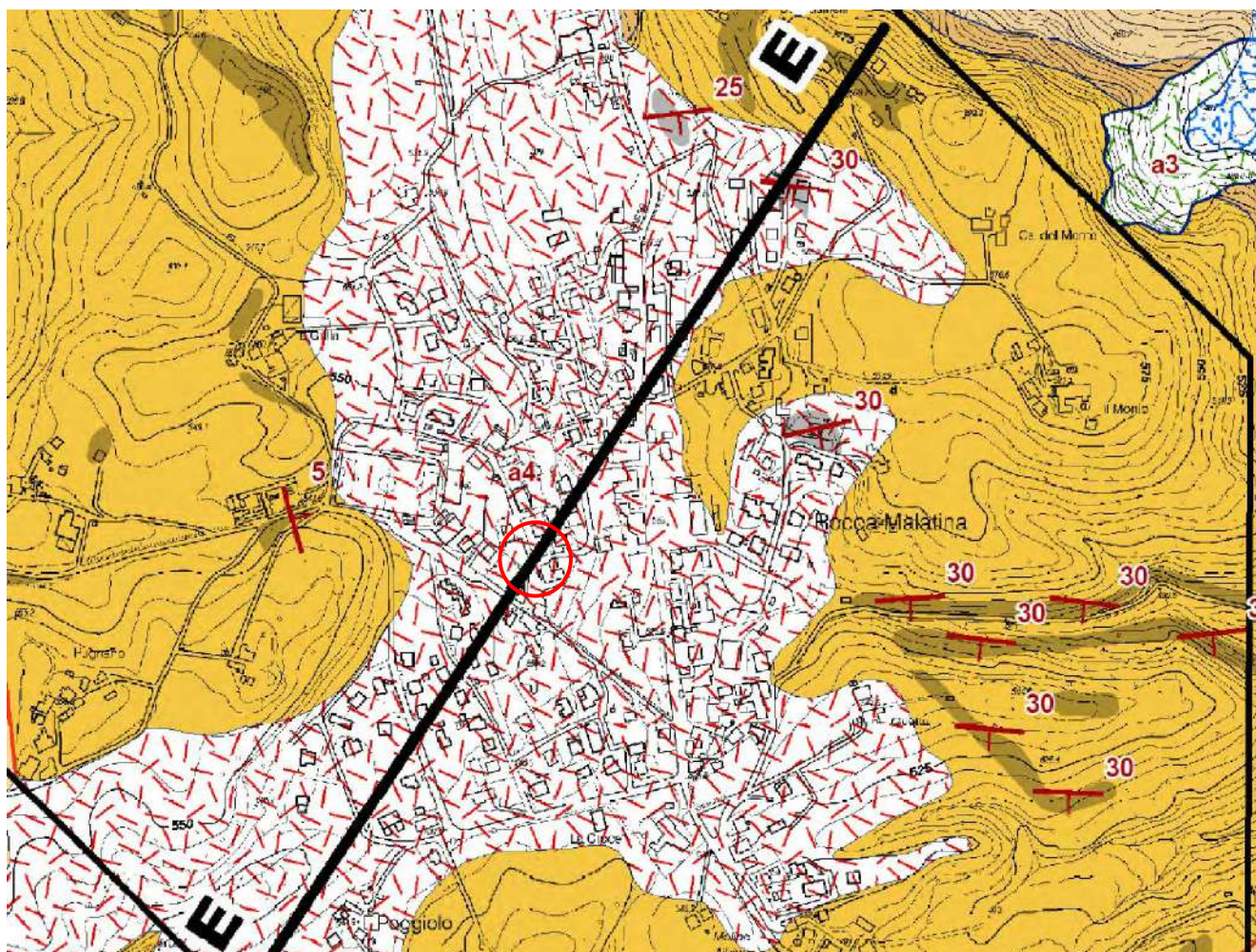


Fig. n. 2 – Stralcio della carta Geologica Emilia Romagna progetto CARG

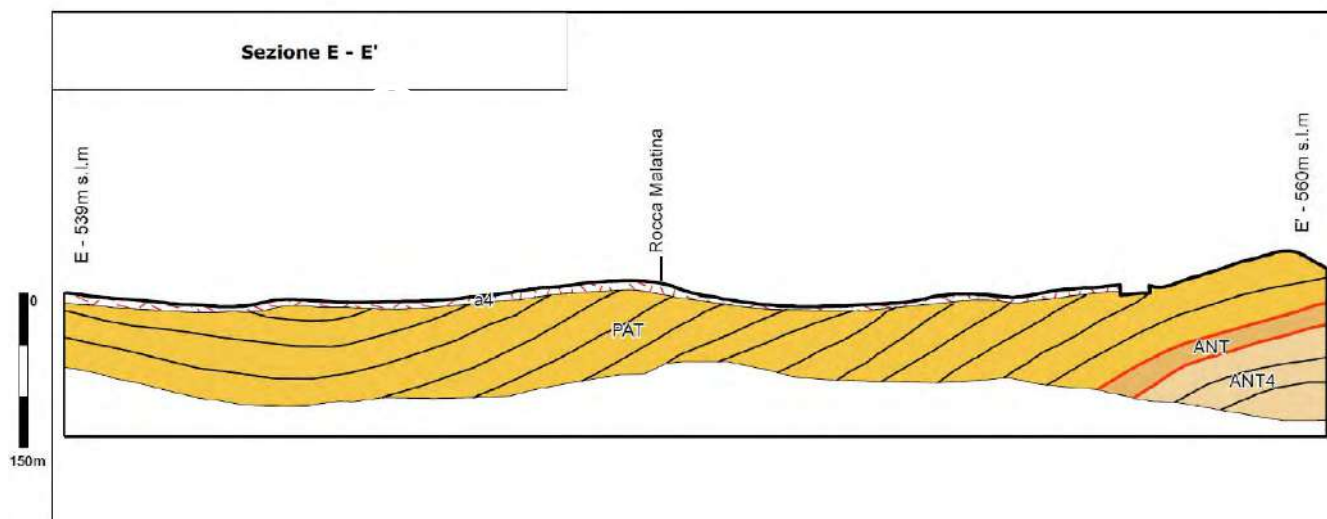


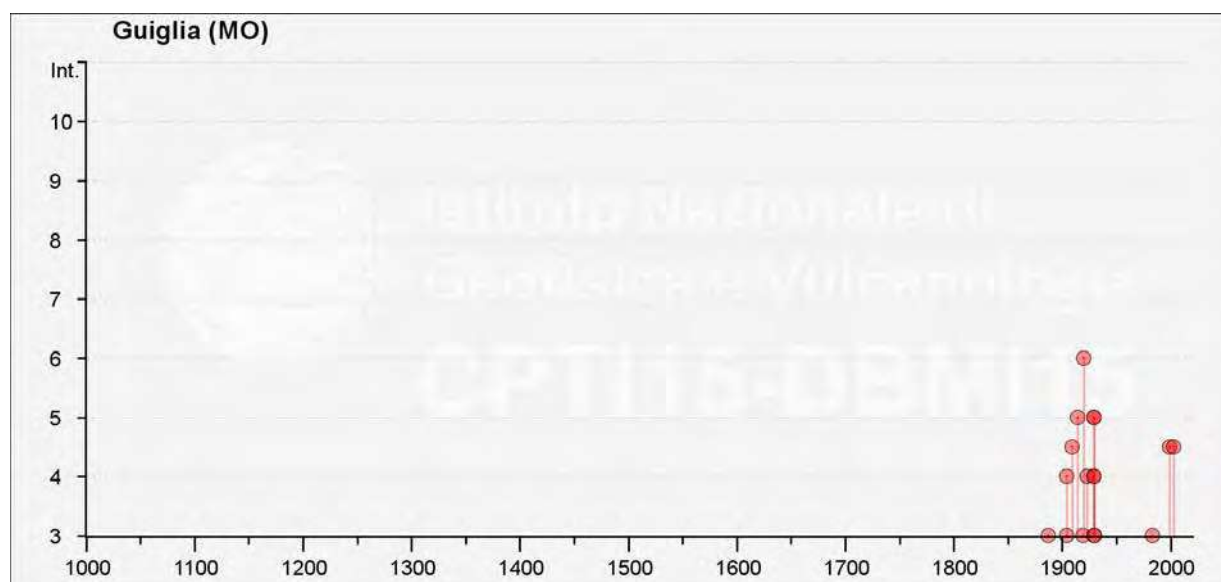
Fig. n. 3 – Sezione Geologica – tratta dalle carte di Quadro Conoscitivo della Microzonazione Sismica del Comune di Guiglia



## 2.2 Storicità sismica

Attraverso la consultazione del Database Macrosismico ITALIANO DBMI15 (INGV) si illustrano i principali eventi sismici con intensità macrosismica (MCS) grado da 1 – 7, registrati in riferimento al sito di interesse (fig.4).

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
3	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
NF	1897 09 06 03 10 44.00	Valdarno inferiore	104	5-6	4,59
NF	1902 03 05 07 06	Garfagnana	83	7	4,98
3	1904 02 25 18 47 50.00	Reggiano	62	6	4,81
4	1904 06 10 11 15 28.00	Frignano	101	6	4,82
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5,1
4-5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63
3	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6,38
6	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6,53
4	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5,04
3	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5,05
4	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5,13
5	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5,36
4	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5,2
5	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5,29
3	1930 05 24 22 02	Appennino tosco-emiliano	43	5	4,91
2	1931 06 10 17 02	Modenese	14	4	4,59
3	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4,43
NF	1992 04 17 11 59 07.29	Appennino bolognese	56	4-5	4,11
NF	1995 10 10 06 54 21.72	Lunigiana	341	7	4,82
4-5	1999 07 07 17 16 12.59	Frignano	32	5	4,67
NF	2000 06 18 07 42 07.68	Pianura emiliana	304	5-6	4,4
2	2000 10 03 01 12 36.56	Frignano	62	5	4,22
NF	2002 06 08 20 13 07.10	Frignano	115	4	4,23
NF	2002 06 18 22 23 38.10	Frignano	186	4	4,3
NF	2002 11 13 10 48 03.19	Franciacorta	768	5	4,21
4-5	2003 09 14 21 42 53.18	Appennino bolognese	133	6	5,24



**Fig. n. 4** – Storia sismica relativa al sito di interesse (Database Macrosismico DBMI15- INGV)

Le più alte intensità macrosismiche registrate che possono interagire con la zona di Guiglia sono riferibili ai sismi dell'anno 1929 (Mw 5.36) e dell'anno 1919-1920 dell'Appennino Tosco-Emiliano (Mw 6.23-6.53).

### 3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

#### 3.1 Campagna geognostica e analisi di laboratorio geotecnico

Con la finalità di indagare e definire il modello stratigrafico, geotecnico e sismico dei terreni che compongono il volume significativo di sottosuolo coinvolto dai futuri interventi in progetto, nel mese di Agosto 2017 è stata eseguita la seguente campagna geognostica che integra quella effettuata nel 2011 per l'ampliamento del nuovo Refettorio:

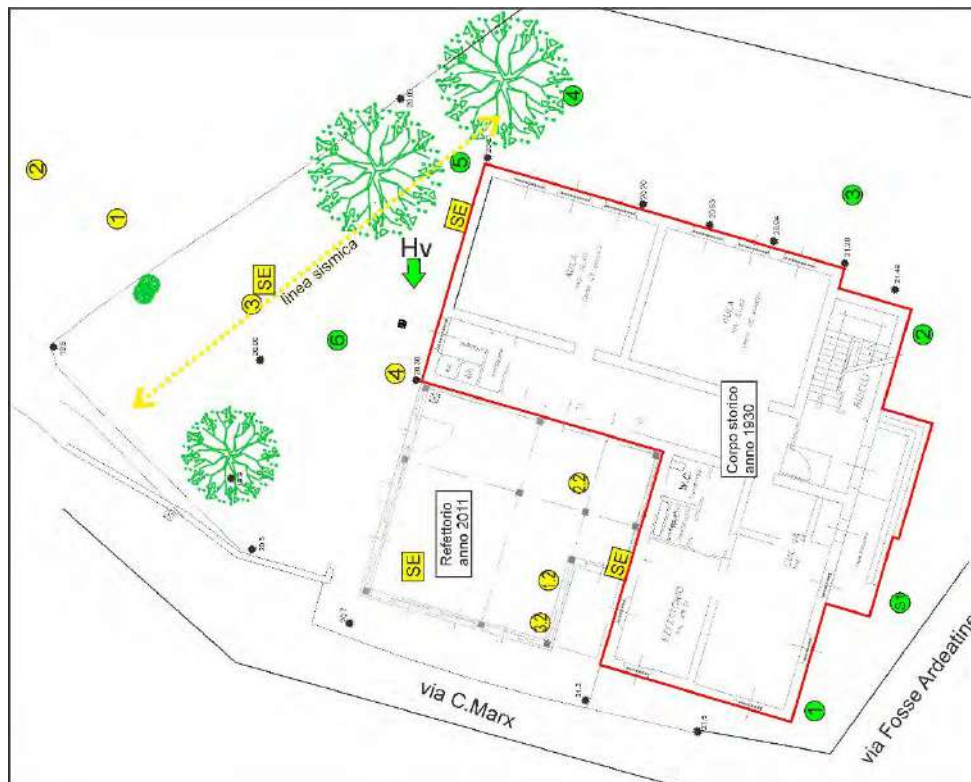
##### **INDAGINI 2017 – Studio Preliminare per la demolizione e ricostruzione di fabbricato scolastico**

- n° 6 prove penetrometriche dinamiche DPSH spinte sino a rifiuto strumentale variabile da -2,00 m a -7,80 m;
- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo con prelievo di campioni disturbati e indisturbati spinto alla profondità di -15.00 m all'interno della formazione geologica in posto non alterata;
- n° 1 indagine sismica a rifrazione di microtremori a stazione singola HV metodo di Nakamura;

##### **INDAGINI 2011 – Studio Geologico per la realizzazione del nuovo Refettorio in ampliamento al fabbricato**

- n° 7 prove penetrometriche dinamiche DPSH
- n° 4 sondaggi esplorativi mediante escavatore meccanico
- n° 1 indagine sismica a rifrazione in array lineare tipologia MASW

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata nella **Tavola n. 4** e successivamente illustrata in **Fig. n. 5**. Le elaborazioni e relativi risultati di ciascuna indagine sono illustrati nei corrispettivi allegati contenuti al termine del presente elaborato.



**Fig. n. 5– Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite (cfr.Tav.4 scala 1:200)**

Nella tabella 3.1, vengono illustrati i campioni indisturbati di terreno prelevati nel corso del carotaggio eseguito, le relative prove geotecniche di laboratorio svolte per ciascun campione ed i risultati ottenuti:

CAMPIONI	QUOTA DA P.C.	ANALISI GRANULOMETRICA	LIMITI DI ATTERBERG	TxCID	TxUU	ELL	Taglio CD
<b>C1</b>	4.60	X					X
		Sabbia 12,8 %					Ø' 26,5°
		Limo 58,4 %					C' 4,4 Kpa
		Argilla 28,8 %					

**Tab. n. 3.1** – Schema del campionamento eseguito e relative prove geotecniche di laboratorio espletate

Si procede, nel capitolo successivo, a descrivere le metodologie di indagine e analisi adottate a supporto della redazione del presente documento. Per quanto riguarda le metodologie di prova adottate per le analisi di laboratorio geotecnico si faccia riferimento agli standard indicati nei certificati di prova.

## 3.2 Metodologie di indagine

### 3.2.1 Prove penetrometriche Dinamiche DPSH

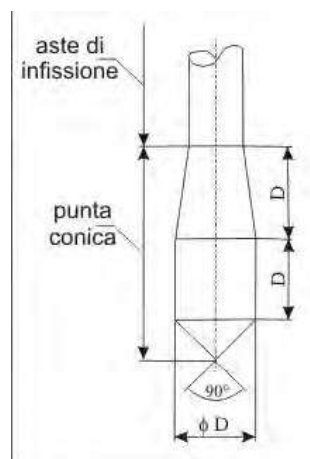
La prova dinamica consiste nell'infiggere una punta di acciaio posta all'estremità di una batteria di aste, mediante la caduta di un maglio da un'altezza costante e nel misurare il numero di colpi necessari a produrre avanzamenti delle aste e della punta stessa di una lunghezza prefissata nel terreno. Tale prova penetrometrica dinamica misura in continuo la resistenza alla penetrazione della punta conica, in particolare, fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati. Esistono numerosi penetrometri in commercio, si differenziano principalmente sulla base del diverso peso del maglio, dell'altezza di caduta, il diametro e la forma della punta, lo step di approfondimento. Lo strumento impiegato nel caso in studio è un penetrometro PAGANI TG63-100, montato su cingoli della Pagani Equipment di Piacenza e risponde alle norme **ISSMFE-DPSH (1988)**. Le principali caratteristiche tecniche sono riassunte nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE:	PENETROMETRO DINAMICO SUPER-PESANTE DPSH
Massa del maglio (kg):	63.5 ± 0.5
Altezza di caduta (cm):	75 ± 0.2
Diametro della punta (cm):	50.5 ± 0.05
Area della punta nominale (cm <sup>2</sup> ):	20
Apertura del cono:	90°
Diametro delle aste (cm) D:	3.2 ± 0.03
Peso del sistema di infissione, escluso il maglio (kg):	30
Penetrazione standard (cm):	20 (N <sub>10</sub> )

All'estremità inferiore della batteria di aste è collocata la punta conica, questa può essere di due tipi: *fissa* e quindi recuperabile al termine dell'indagine, oppure *“a perdere”* che quindi, alla estrazione delle aste, rimane nel terreno. Nella successiva figura n°6 è rappresentato lo schema della punta conica fissa: Ulteriori specifiche tecniche dell'attrezzatura di prova sono illustrate in allegato. Per le prove dinamiche eseguite è stato realizzato un modello grafico in cui sono riportati: il numero dei colpi, la profondità in metri (misure ricavate ogni cm. 20 di avanzamento del sondaggio) e la resistenza dinamica alla punta Rpd in Kg/cm<sup>2</sup> calcolata attraverso la “Formula olandese”:

$Rpd = M^2 * H / [A * e (M+P)] = M^2 * H * N / [A * \delta (M+P)]$  Dove: **Rpd** = Resistenza dinamica punta (Kg/cm<sup>2</sup>); **A** = area della punta (cm); **M** = massa battente (kg); **H** = altezza di caduta; **P** = massa totale aste e sistema di battuta; **e** = infissione per colpo =  $\delta/N$ .

Sempre in allegato compaiono i grafici e le relative tabelle riportanti i dati rilevati in sito e la loro interpretazione geotecnica, desunta da correlazioni tra **Ndpsh** e **Nspt** (standard penetration test).



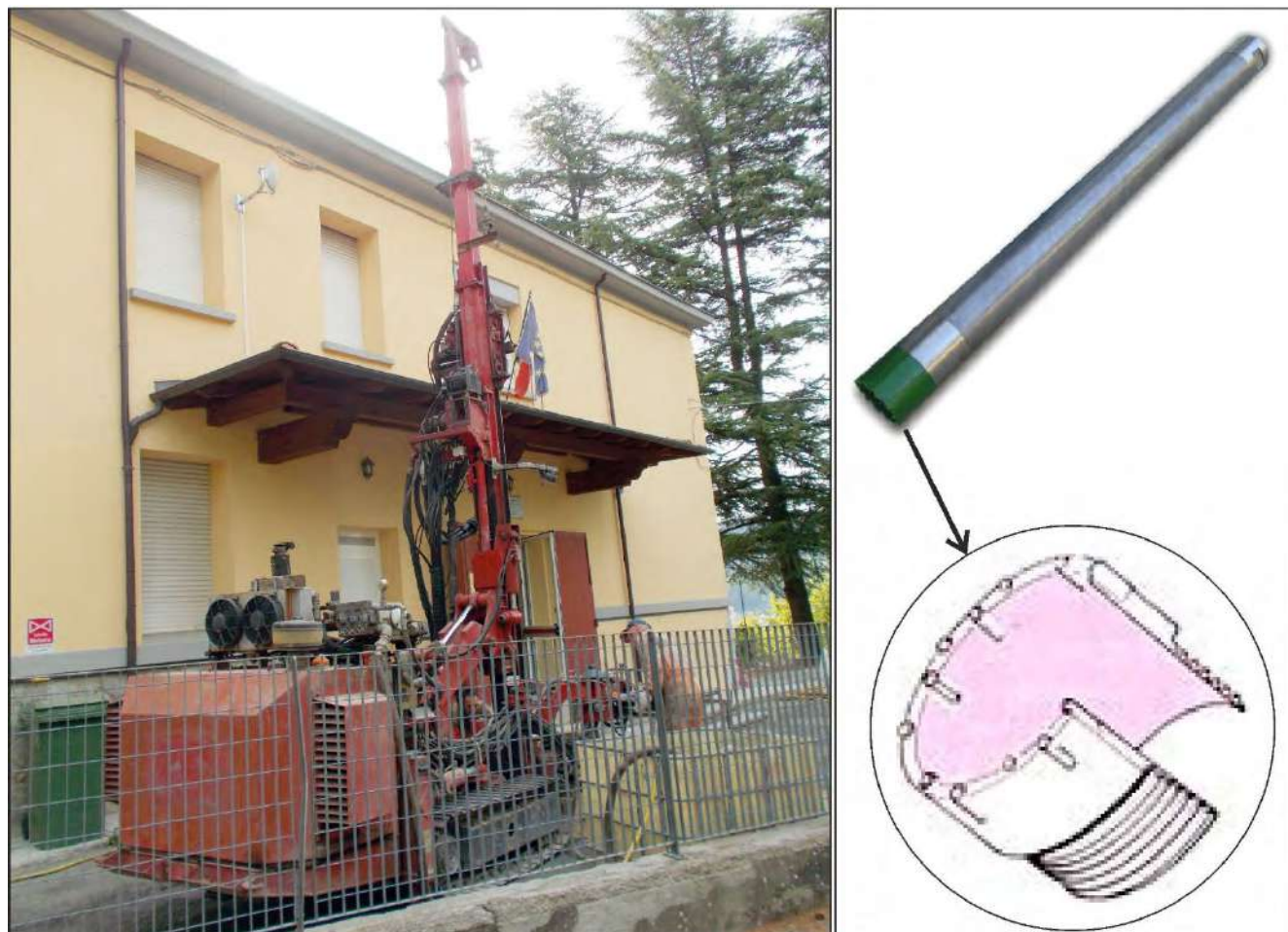
**Fig. 6** – Caratteristiche della punta utilizzata

I dati acquisiti sono stati elaborati con software Fondazio modulo dinamiche– del Dott. Diego Merlin.

### 3.2.2 Sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati

Con la finalità di indagare direttamente il sottosuolo in corrispondenza dell'area di intervento, è stato eseguito n. 1 carotaggio continuo con prelievo di campioni di terreno indisturbati. Il sondaggio è stato eseguito utilizzando una sonda idraulica cingolata MORI M40 (fig.7) dotata di coppia di rotazione di 900 kg/m. Per il prelievo dei campioni (carote di terreno) è stato utilizzato un carotiere semplice T1, con diametro esterno pari a 101 mm e corona munita di denti al widiam. Le “carote” di terreno, prelevate nel corso del sondaggi sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC, a 5 scomparti, per una lunghezza totale di 5.00 m cadauna. Il sondaggio a carotaggio è stato spinto fino alla profondità di -15.00 m rispetto al piano di quota cortilivo di accesso attuale su via Fosse Ardeatine.

Il sondaggio è stato eseguito “a rotazione”: tale tecnica consiste nel fare avanzare un utensile “carotiere” per mezzo di una batteria di aste, alla quale viene applicata una spinta assiale ed una coppia di rotazione. La perforazione è inoltre stata eseguita nella modalità a “carotaggio continuo”. Questa tecnica consiste nell'utilizzo di aste cave che prevedono l'utilizzo di un carotiere a pareti sottili per il campionamento del terreno. I campioni sono stati fotografati e catalogati, come visibile nelle foto allegate, la litologia, desunta dalle carote prelevate in continuo, è riassunta nella colonna litostratigrafica presente nei certificati in allegato n°1. Nel corso dei sondaggi sulle carote estratte é stata valutata la resistenza alla penetrazione in condizioni non drenate RP, misurata mediante Pocket Penetrometer (**PP**) e la resistenza al taglio, sempre in condizioni non drenate, mediante Vane Test (**VT**). Tali dati sono riportati nella colonna litostratigrafica presente nell'allegato certificato di indagine.



**Fig. n. 7** – Sonda Idraulica Mori M40 e Carotiere semplice T1 (sulla destra) e particolare della corona munita di denti al widiam

### **Prove Penetrometriche in Foro di Sondaggio S.P.T (Standard Penetration Test.)**

La prova SPT consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio. Essa consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63.5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standard (fig. 8)

Il numero dei colpi (N) necessario per una penetrazione del campionatore pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione (NSPT).

Le prove sono state effettuate in corrispondenza dei livelli stratigrafici significativi o variazioni litologiche secondo la Tab. 1 riepilogativa sottostante:

<b>SONDAGGIO</b>	<b>N. S.P.T.</b>	<b>VALORI NSPT</b>	<b>Intervallo di Test dal p.c. (m)</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	50 con rifiuto a 10 cm	5.50 m

**Tab.3.2** elenco delle prove SPT



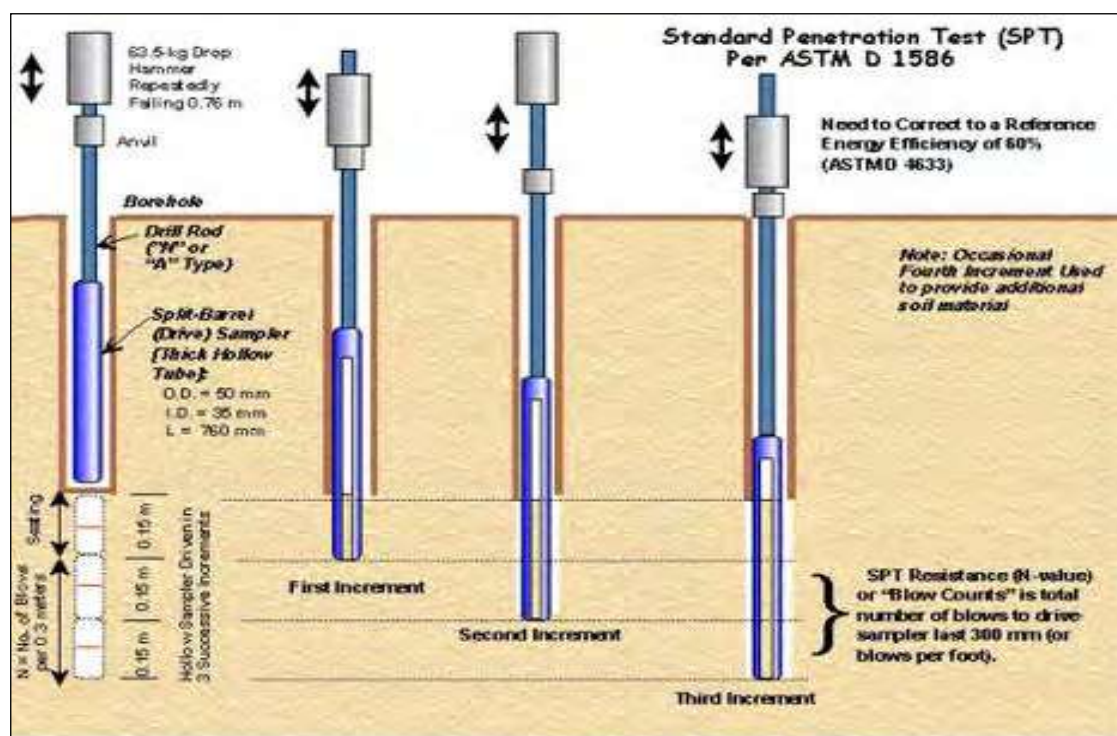


Fig n.8 – Schema di esecuzione della prova penetrometrica in foro SPT

### 3.2.2 Indagine sismica secondo metodologia MASW

Per poter caratterizzare il sottosuolo nei confronti della risposta sismica locale è stata svolta nel 2011, un'acquisizione in dispersione sismica attiva in occasione del precedente studio per la realizzazione del refettorio. Tale tipo di indagine geofisica sfrutta le onde superficiali tipo Rayleigh (MASW-Multichannel analysis of surface waves - *Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999*), registrate mediante *array* lineari. Sulla scorta di tali indagini è stato possibile definire le velocità di trasmissione delle onde di taglio S nel sottosuolo. La tecnica in oggetto permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde di superficie (tipo Rayleigh). Partendo dal sismogramma registrato, generato mediante perturbazione indotta da una sorgente energizzante in asse con lo stendimento, è possibile condurre un'analisi spettrale in termini energetici. Successivamente, attraverso la trasformata di Fourier, si individua la distribuzione dell'energia (spettro) relativa alle velocità di fase e in funzione delle varie frequenze alle quali sono registrate. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità si ottiene la curva di dispersione. Attraverso una fase d'inversione del segnale è infine possibile calcolare il modello sismo-stratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). Tale fase si basa sul principio che le velocità delle onde di Rayleigh sono generalmente 1/9 delle velocità delle onde di taglio (*Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999*). La suddetta analisi è stata realizzata mediante *array* lineare costituito da n. 24 geofoni verticali, aventi frequenza propria di risonanza pari a 4.5 Hz, spaziali di *offset* pari a 2.00 m. Il segnale analogico derivante dalle apparecchiature geofoni che è stato convertito in segnale digitale mediante sismografo digitale a 24 bit. I parametri di acquisizione utilizzati hanno previsto una velocità di campionamento (sample rate) di 0.2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Le energizzazioni, eseguite attraverso massa battente da 8.00 Kg, sono state eseguite a 15.00 m, in direzione opposta al geofono corrispondente al primo canale di acquisizione della strumentazione.

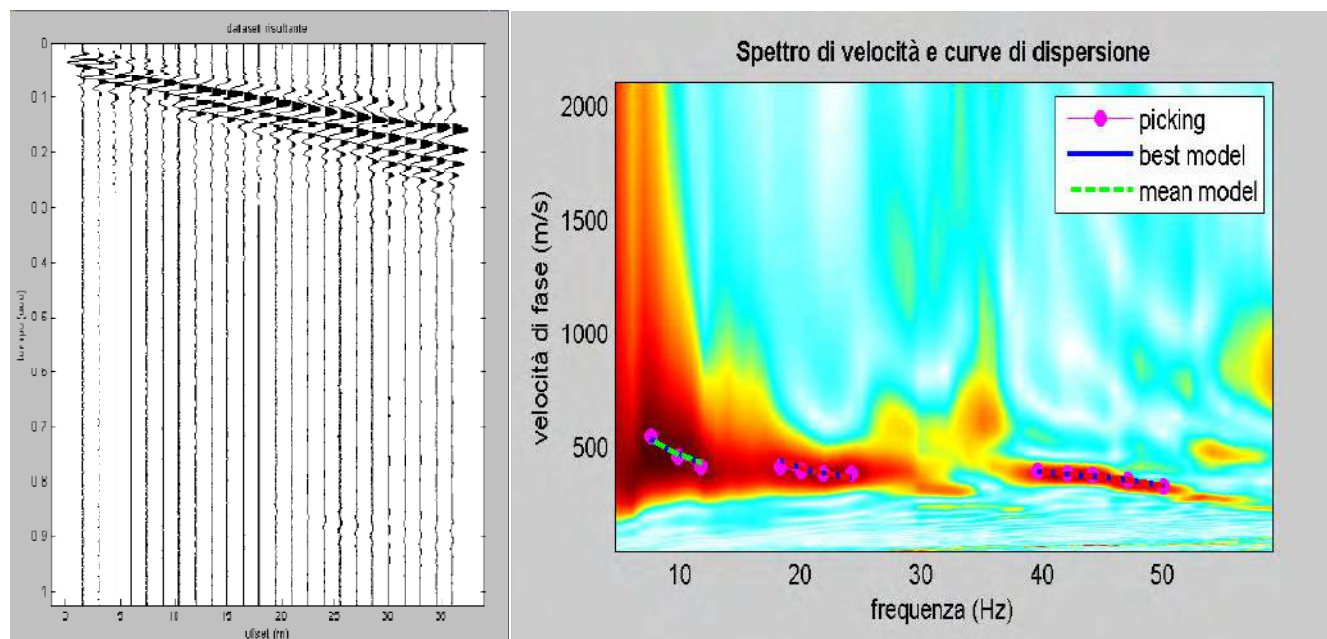


Fig n.9 – a sinistra sismogramma delle onde rifratte, a destra spettro di velocità

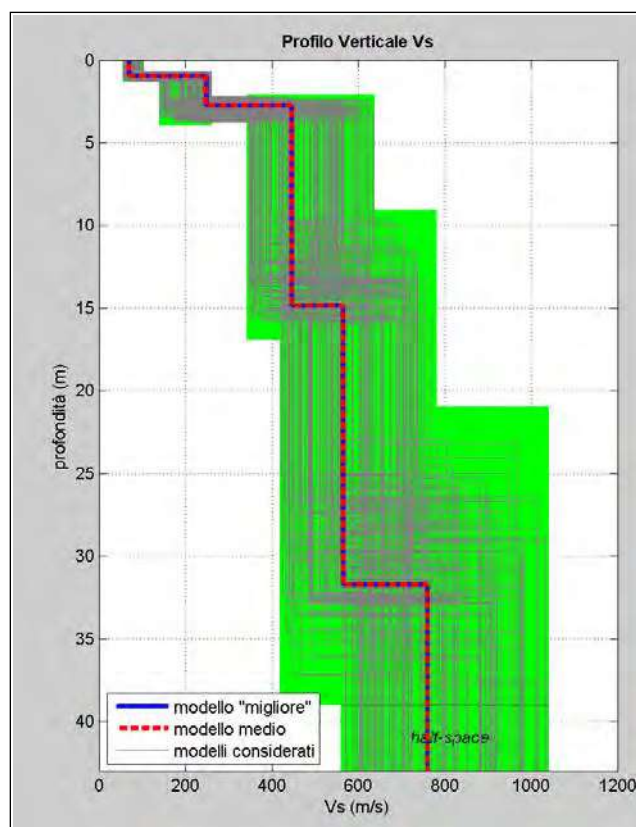


Fig n.10 – log. Vs30 -velocità

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Tale valore, nell'area indagata, per la sismica dei terreni di fondazione seguendo le indicazioni dell'O.P.C.M. 3274, è risultata di **401 m/s**

### 3.2.3 Indagine sismica a stazione singola secondo metodologia a microtremori HVSR

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando un sistema di terna geofonica da 0,1 a 2,5 Hz ed acquisendo passivamente i segnali di vibrazione prodotti da rumore ambientale. E' stata eseguita la caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva "Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura" (HVSR), al fine di individuare le frequenze caratteristiche di risonanza di sito e la categoria sismica del suolo. Si riporta in allegato una sintesi esplicativa di tale metodo e le caratteristiche della strumentazione utilizzata.

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica delle spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite l'elaborazione di modi superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai modi superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato. La tecnica dei rapporti spettrali (HVSR) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta **progettazione di edifici antisismici**. Negli ultimi anni si è affermata anche per la sua **versatilità** poiché si è dimostrato come lo spettro sismico può rappresentare un modello sismo – stratigrafico del sottosuolo (vedi esempio sotto).

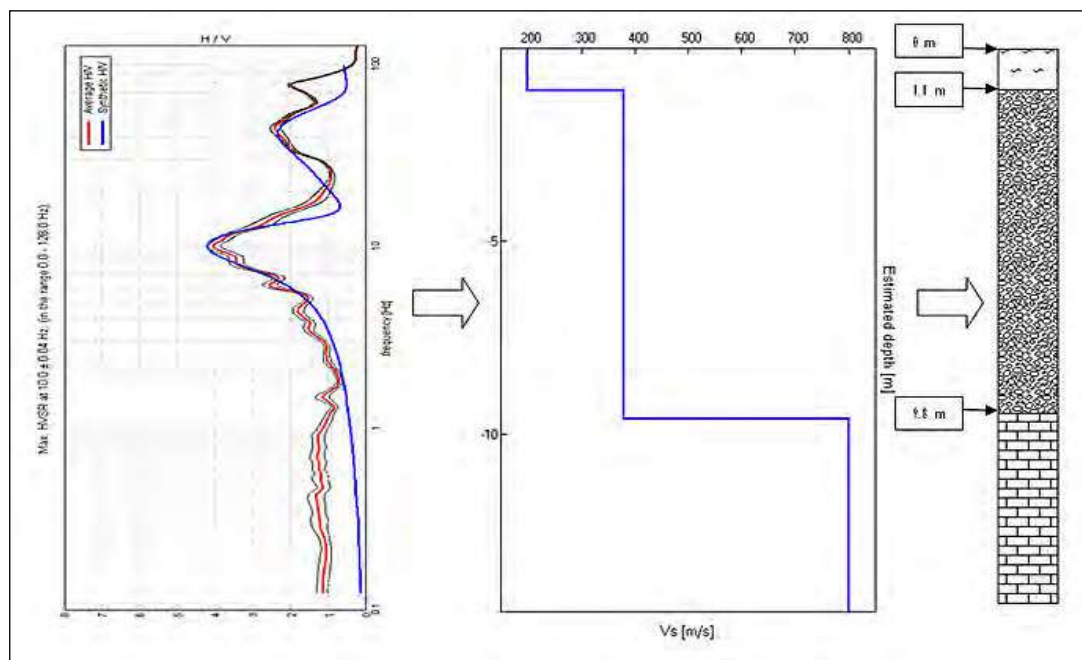


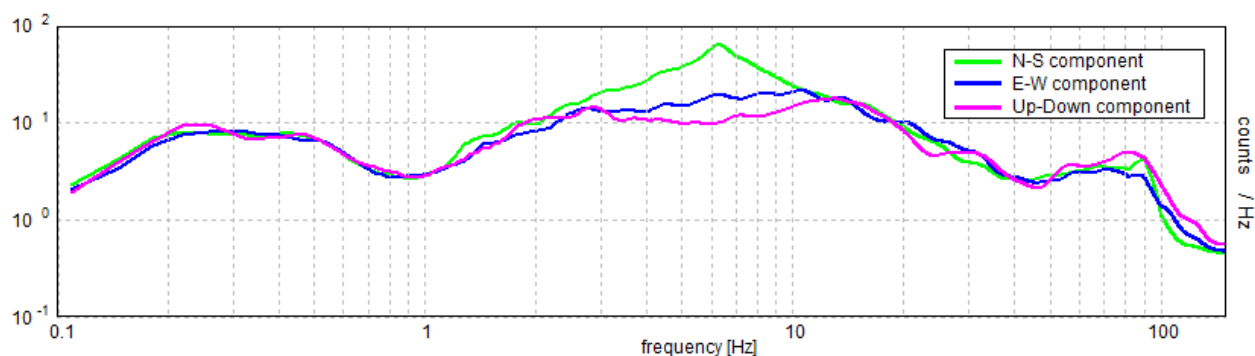
Fig. 11 modellazione sintetica curva HV

**I risultati che si possono ottenere da indagini sismiche HVSR sono:**

- La frequenza caratteristica di risonanza del sito, che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici antisismici. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "doppia risonanza", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.
- 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 costruzione potrà essere o meno a rischio.
- La velocità media delle onde di taglio  $V_s$  calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, etc.) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la  $V_{s30}$  e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008.
- La stratigrafia del sottosuolo con un range di indagine compreso nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la tecnica HVSR, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

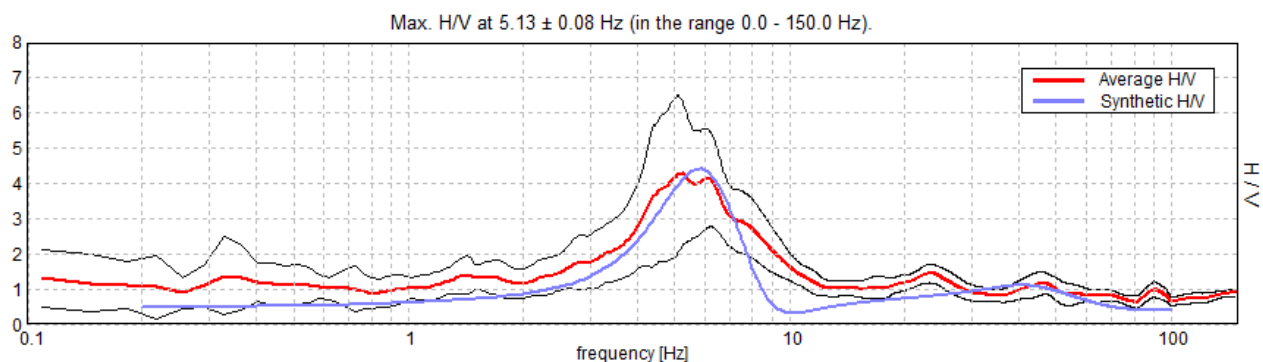
### **Risultati ottenuti in sito dall' indagine sismica HVSR**

La curva HVSR ottenuta dall'indagine e riportata in figura 13, ha evidenziato un picco a 3,52 HZ, evidenziato anche dalla curva della componente verticale (up-down); tale dato indica il contrasto di impedenza tra la copertura superficiale e le sottostanti arenite addensate;. L'inversione del flesso della curva evidenzia un cambio litologico corrispondente alla formazione coerente limo - argillosa e la formazione arenaceo siltosa.



**Fig. 12** spettri singole componenti

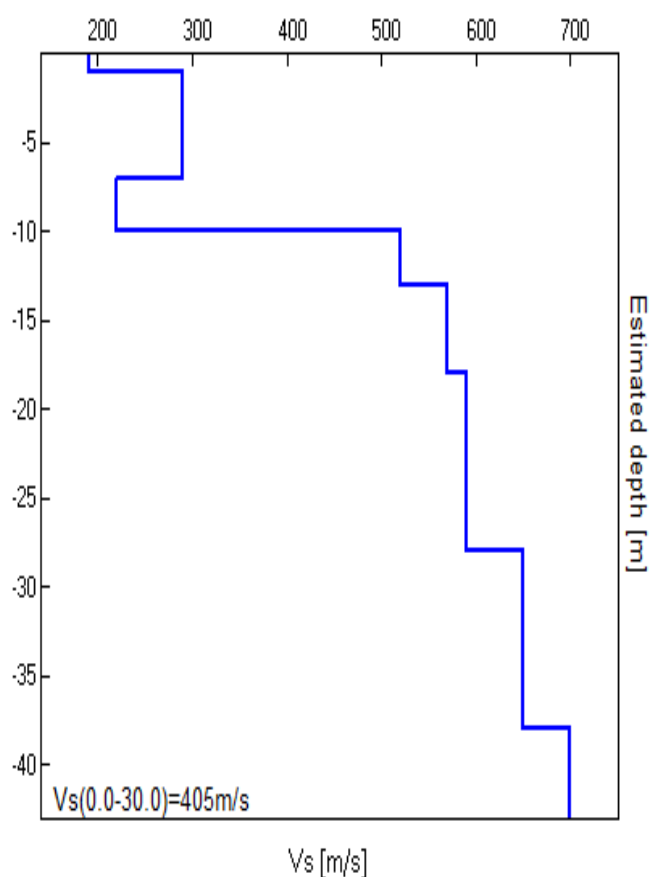
### **H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**



**fig. 13** HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	190	0.45
7.00	6.00	290	0.45
10.00	3.00	220	0.40
13.00	3.00	520	0.35
18.00	5.00	570	0.35
28.00	10.00	590	0.35
38.00	10.00	650	0.35
inf.	inf.	700	0.35

$V_s(0.0-30.0)=405$  m/s



**fig. 14**, log sismostratigrafico Vs30



#### 4. MODELLO GEOLOGICO/STRATIGRAFICO

##### 4.1 Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo

Nelle figure schematiche illustrate successivamente si riassumono le caratteristiche litologiche e il relativo assetto delle unità litostratigrafiche individuate nel corso delle indagini eseguite. Il modello stratigrafico è stato definito sulla scorta delle indagini eseguite, integrato dai dati diretti provenienti dal carotaggio continuo eseguito. Per quanto riguarda la soggiacenza della falda freatica, durante l'esecuzione del foro di sondaggio si è rilevato un livello idrico a -10,80 m da p.c.. Il dato è sicuramente dipeso dal prolungato periodo di siccità, trattasi di infiltrazioni che circolano all'interno dei primi 7,0 m di materiale detritico semi-permeabile e che lentamente defluiscono verso valle. Sulla scorta delle risultanze delle indagini eseguite è possibile definire un'eterogeneità stratigrafica sia verticale che areale del sottosuolo. **PROFILO 1**, zona Ovest-Monte e Sud: le prove 1-2-3-4-S1 (2017), 2.2 (2011) evidenziano un corpo detritico a spessore e resistenza variabile limoso-argilloso-sabbioso con inclusi e livelli arenitici alterati e fratturati, di potenza massima rilevata di 8,0 m, caratterizzati da Resistenze alla Penetrazione Dinamica QCd da 1,5 a 25,0 Mpa. **PROFILO 2**, zona Est-Valle e Nord Centrale: le prove 5-6 (2017), 1-3-4-1.2-3.2 (2011) evidenziano un corpo detritico fine limoso – argilloso superficiale dello spessore di circa 1,0 m / 2,2 m (colpi 1-8, Resistenza alla Penetrazione Dinamica QCd da 1,0 a 6,0 Mpa), successivamente si riscontrano livelli arenitici di spessore variabile, probabilmente alterati e/o fratturati e strati più litoidi poco fratturati che hanno impedito l'approfondirsi delle prove (colpi >50, Resistenza alla Penetrazione Dinamica QCd >30,0 Mpa).

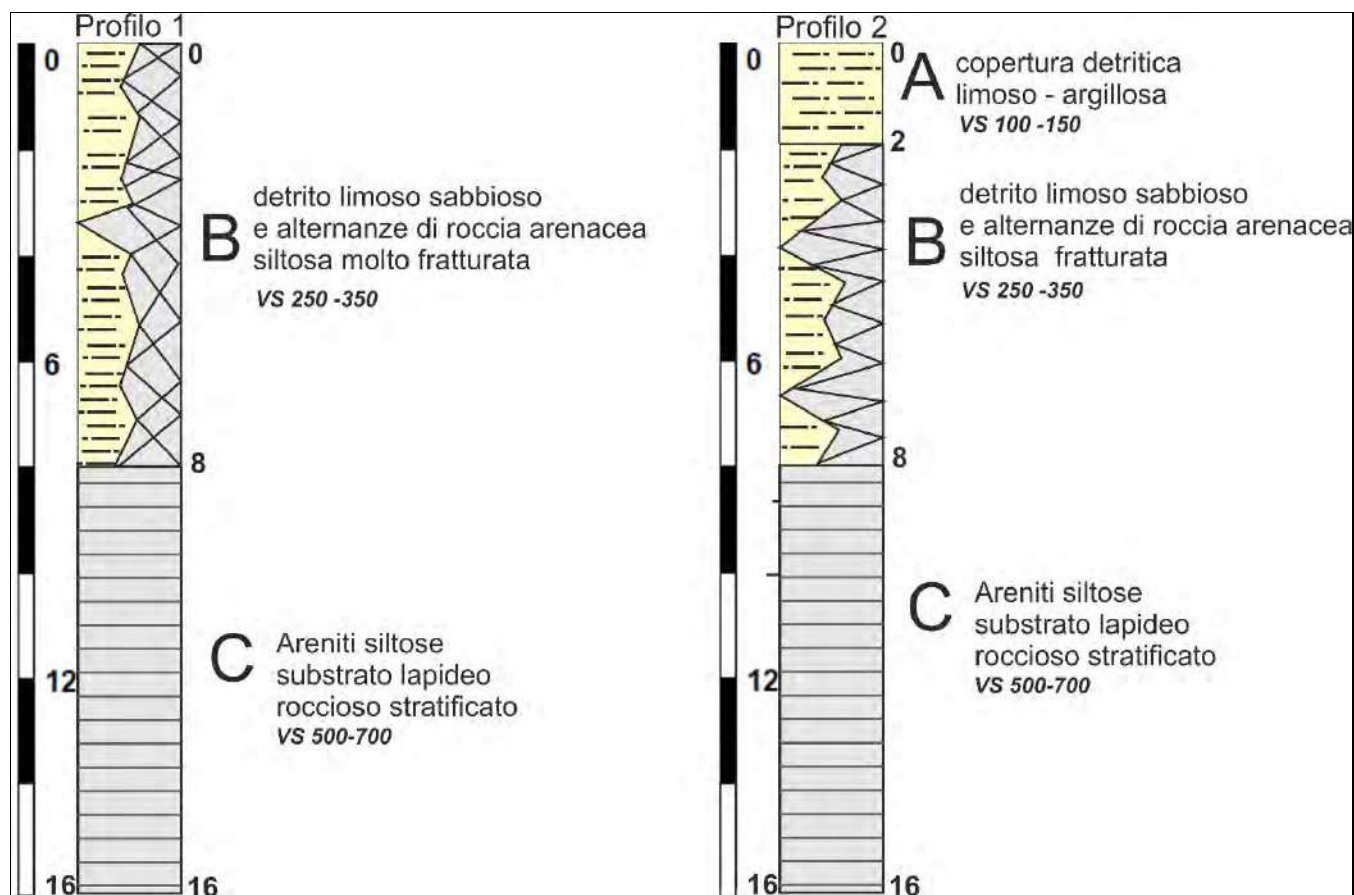


fig. 15, profili e modelli litostratigrafici

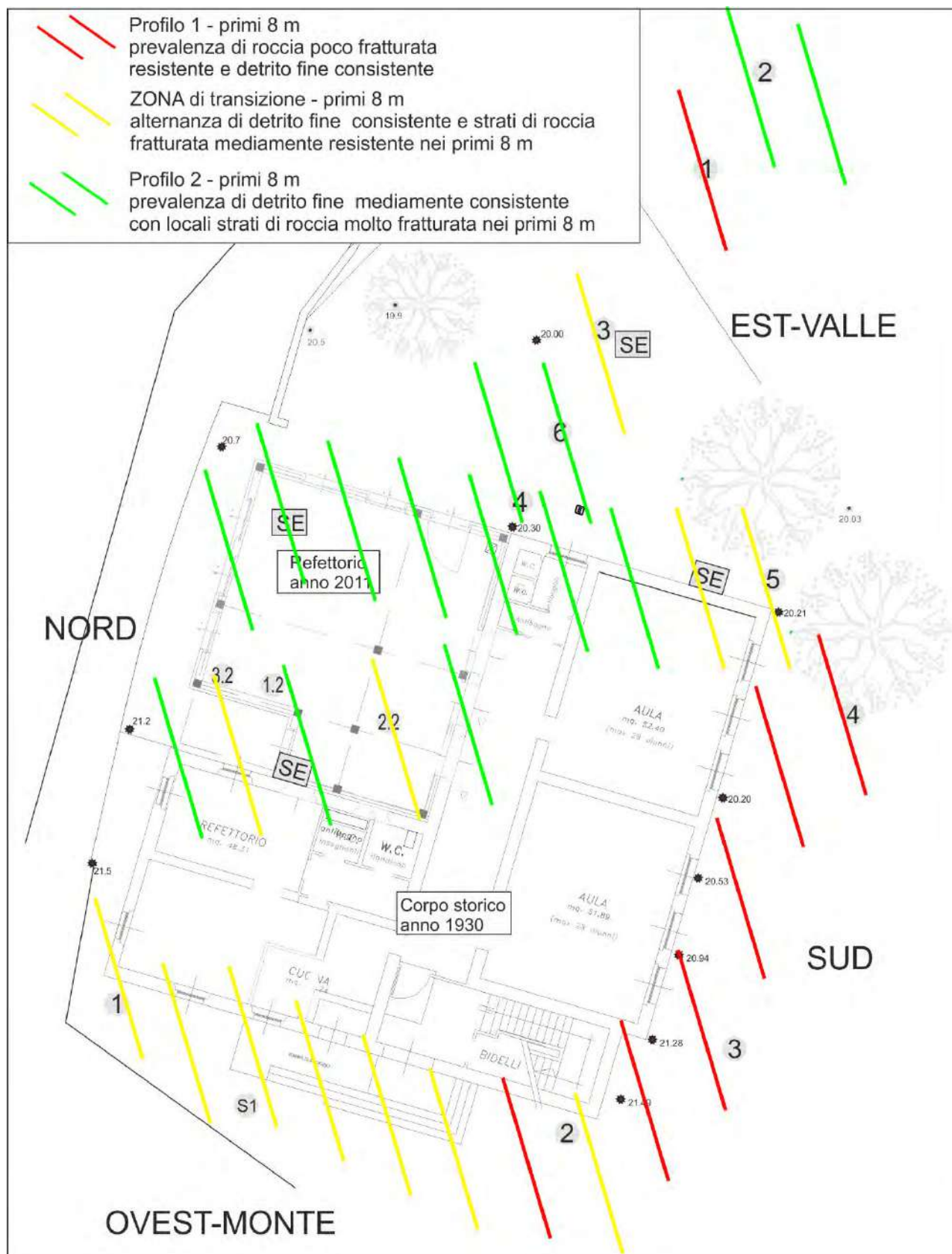


fig. 16, disposizione in planimetria dei profili litostratigrafici (ipotesi di massima), zona con detrito fine meno resistente (verde) e zone con detrito e roccia più resistente (rosso), zona gialla di transizione tra le due

## 5. MODELLO GEOTECNICO

Sulla base delle indagini effettuate, e delle prove di laboratorio eseguite sulle carote di terreno estratte è stato possibile elaborare il seguente modello geologico e di parametrizzazione ai fini della valutazione preliminare delle resistenze geotecniche dei terreni indagati.

### 5.1 Modello geotecnico di riferimento SCHEMA GEOMECCANICO

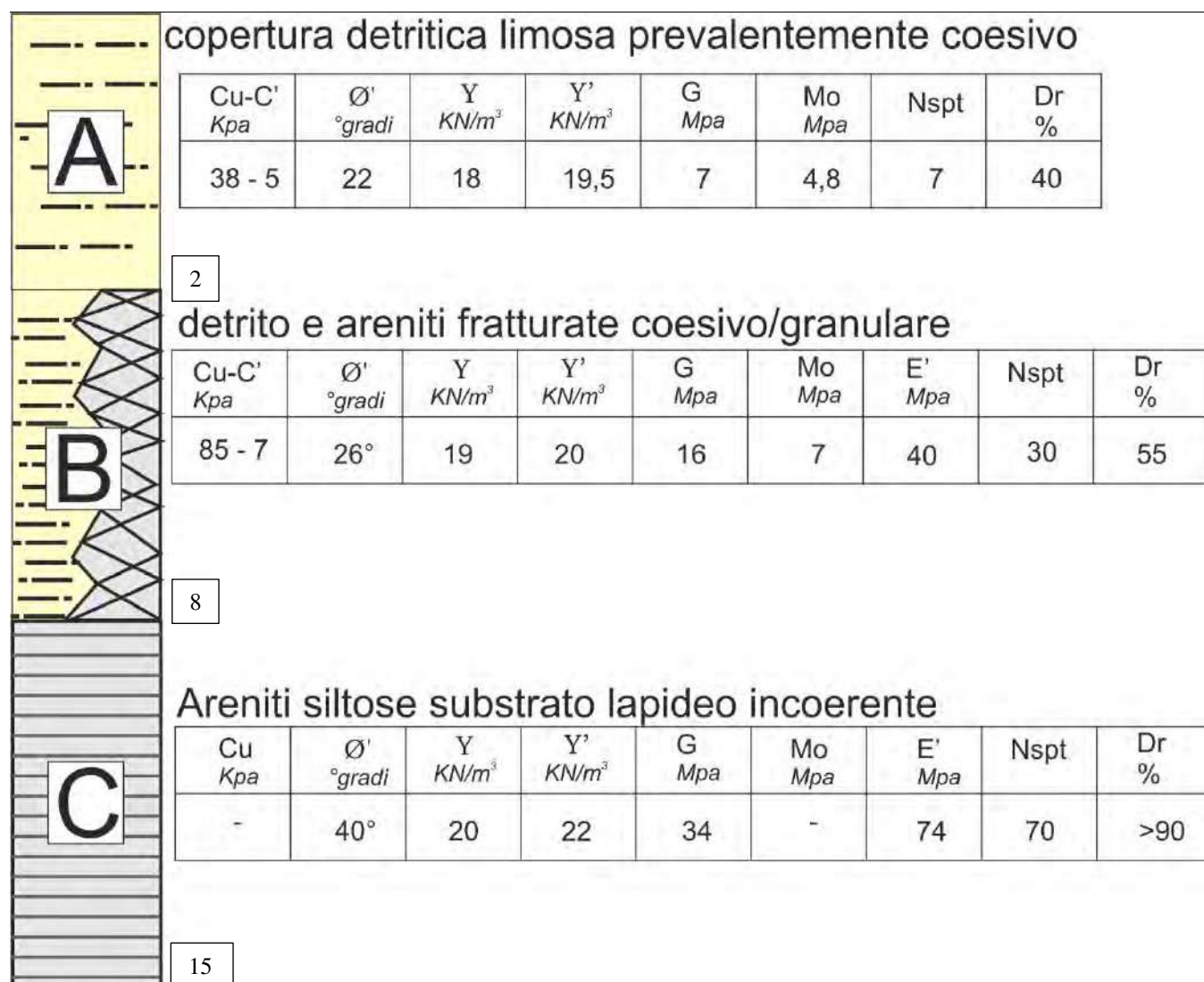


fig. 17, modello geotecnico

Cu=Coazione non drenata,  $\phi$ =angolo di attrito interno, Y=peso di Volume, Y'= peso di volume saturo, G=modulo di Taglio dinamico, Mo=modulo di deformazione edometrico, E'= modulo di deformazione drenato, Nspt= numeri di colpi infissione Standard Penetration Test, Dr=densità relativa



## 6. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

### 6.1 Risultati delle indagini geofisiche e identificazione della categoria di sottosuolo secondo (D.M. 14/01/2008)

Ai fini della caratterizzazione geofisica del sito, sono state eseguite indagini sismiche MASW (2011) e HVSR (2017). Si sono prese anche a riferimento le indagini geofisiche effettuate in zona durante gli studi di microzonazione sismica della frazione di Rocca Malatina. In allegato al presente elaborato viene illustrata l'elaborazione delle suddette indagini, con identificazione del profilo delle onde di taglio S.

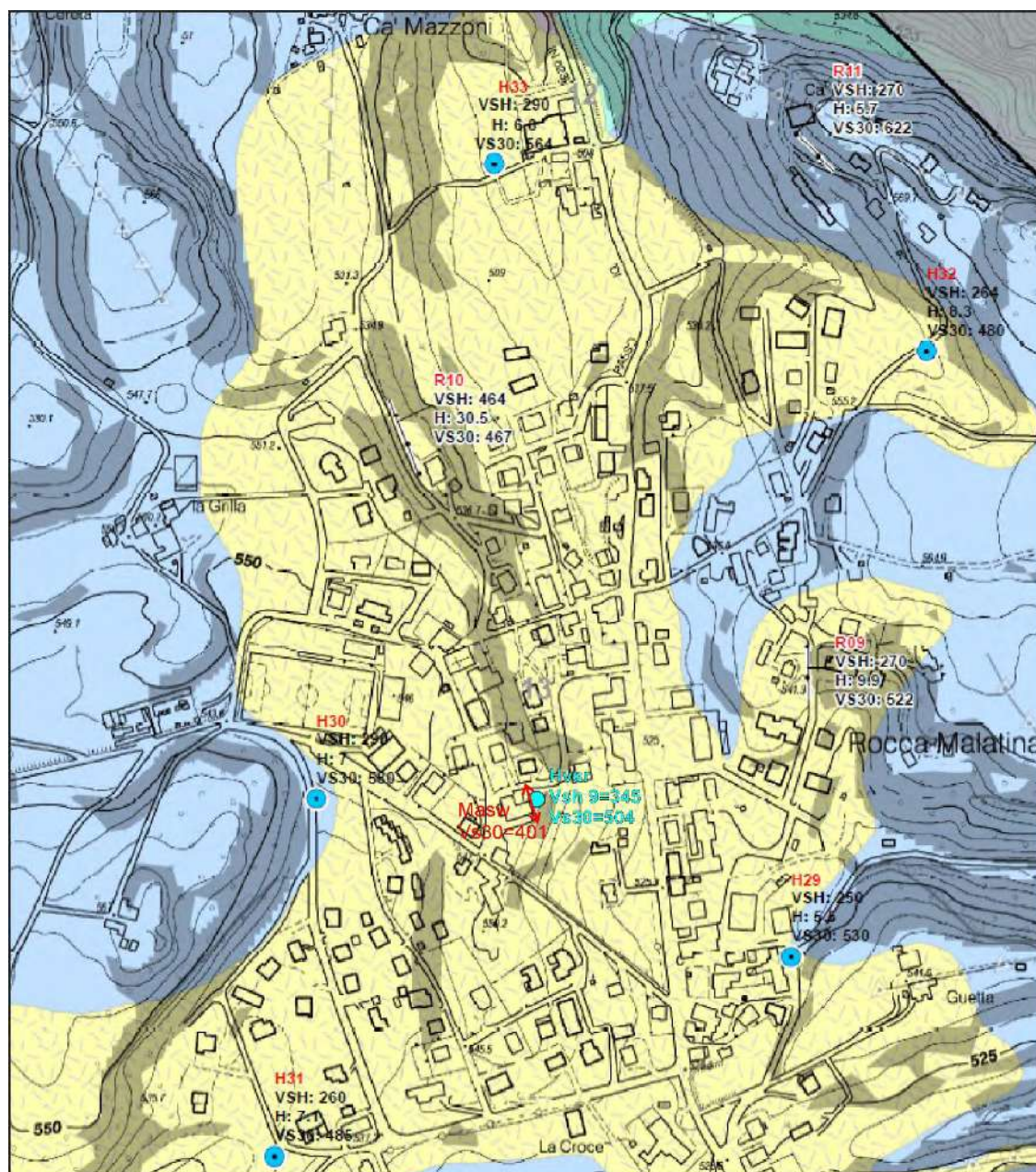


fig. 17, carta delle indagini geofisiche e delle velocità Roccamalatina

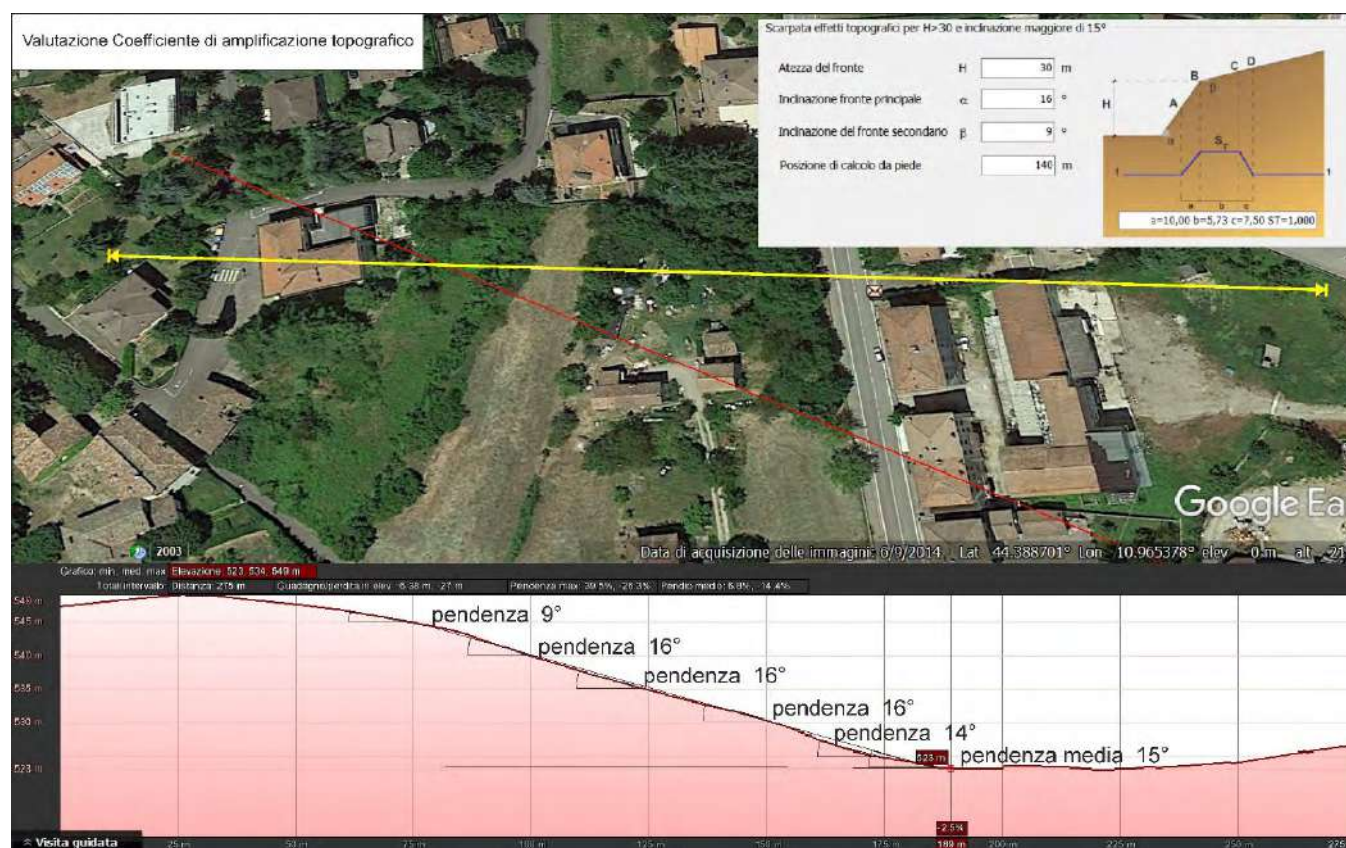


### Determinazione del parametro $V_{s30}$ ai sensi del D.M. 14/01/2008

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO				
MASW	$V_{s30} = 401$ m/s	$V_{sh3m}=210$ m/s		Categoria B
Remi09	$V_{s30} = 522$ m/s	$V_{sh9m}=270$ m/s		Categoria B
Remi10	$V_{s30} = 467$ m/s			Categoria B
Hvsr	$V_{s30} = 405$ m/s	$V_{sh9m}=330$ m/s	5,13 HZ	Categoria B
Hvsr29	$V_{s30} = 530$ m/s	$V_{sh5m}=250$ m/s	11,7 HZ	Categoria B
Hvsr30	$V_{s30} = 560$ m/s	$V_{sh7m}=290$ m/s	10,5 HZ	Categoria B
Hvsr31	$V_{s30} = 485$ m/s	$V_{sh7m}=260$ m/s	7,5 HZ	Categoria B
Hvsr32	$V_{s30} = 480$ m/s	$V_{sh8m}=264$ m/s	8,5 HZ	Categoria B
Hvsr33	$V_{s30} = 564$ m/s	$V_{sh6m}=290$ m/s	11,0 HZ	Categoria B

I profili di velocità individuati permettono di classificare il sottosuolo analizzato secondo la CATEGORIA **B** secondo normativa tecnica nazionale NTC 2008.

### VALUTAZIONE COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

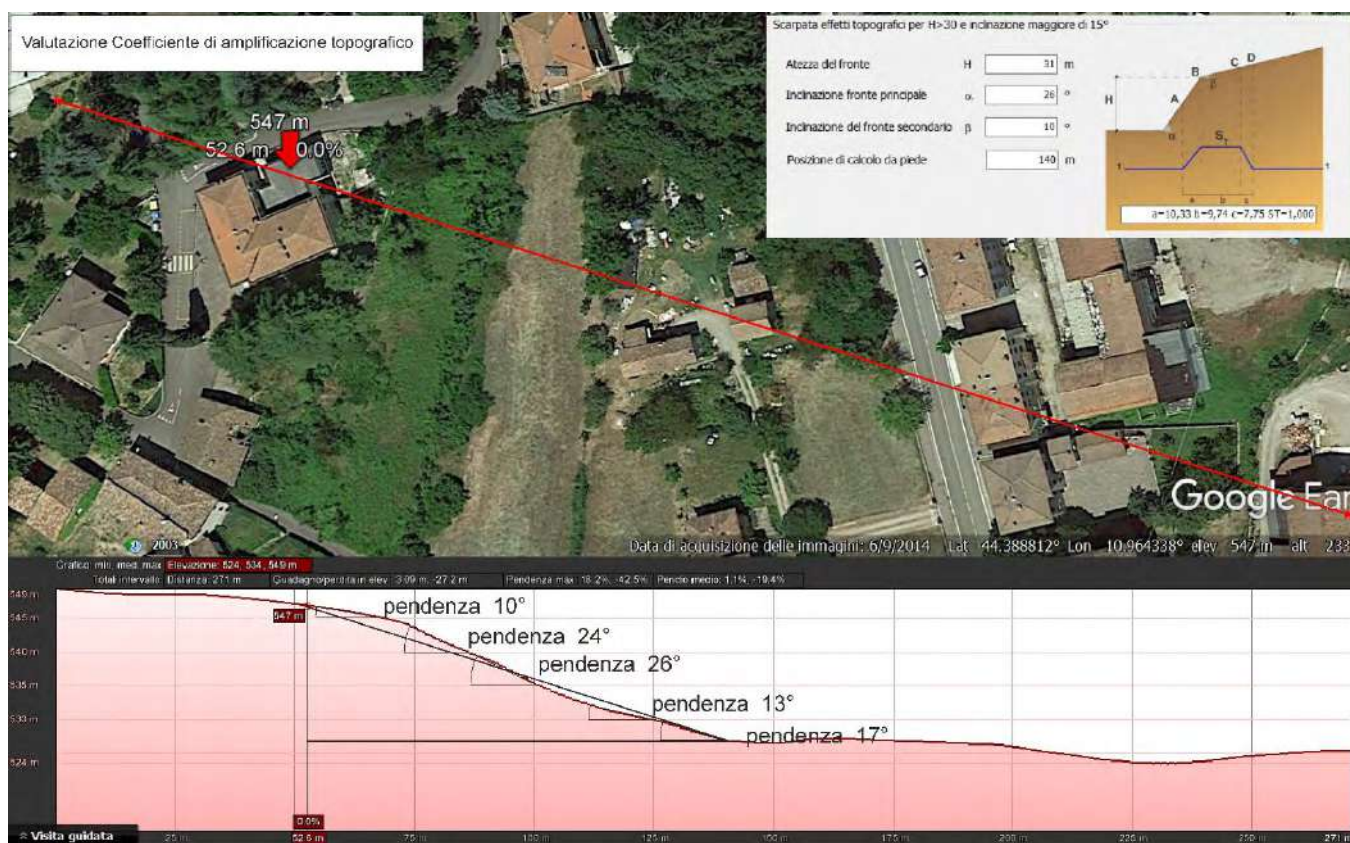


**fig. 18, profilo elevazione 1 pendenza media 15° coefficiente di amplificazione topografica  $ST=1$**

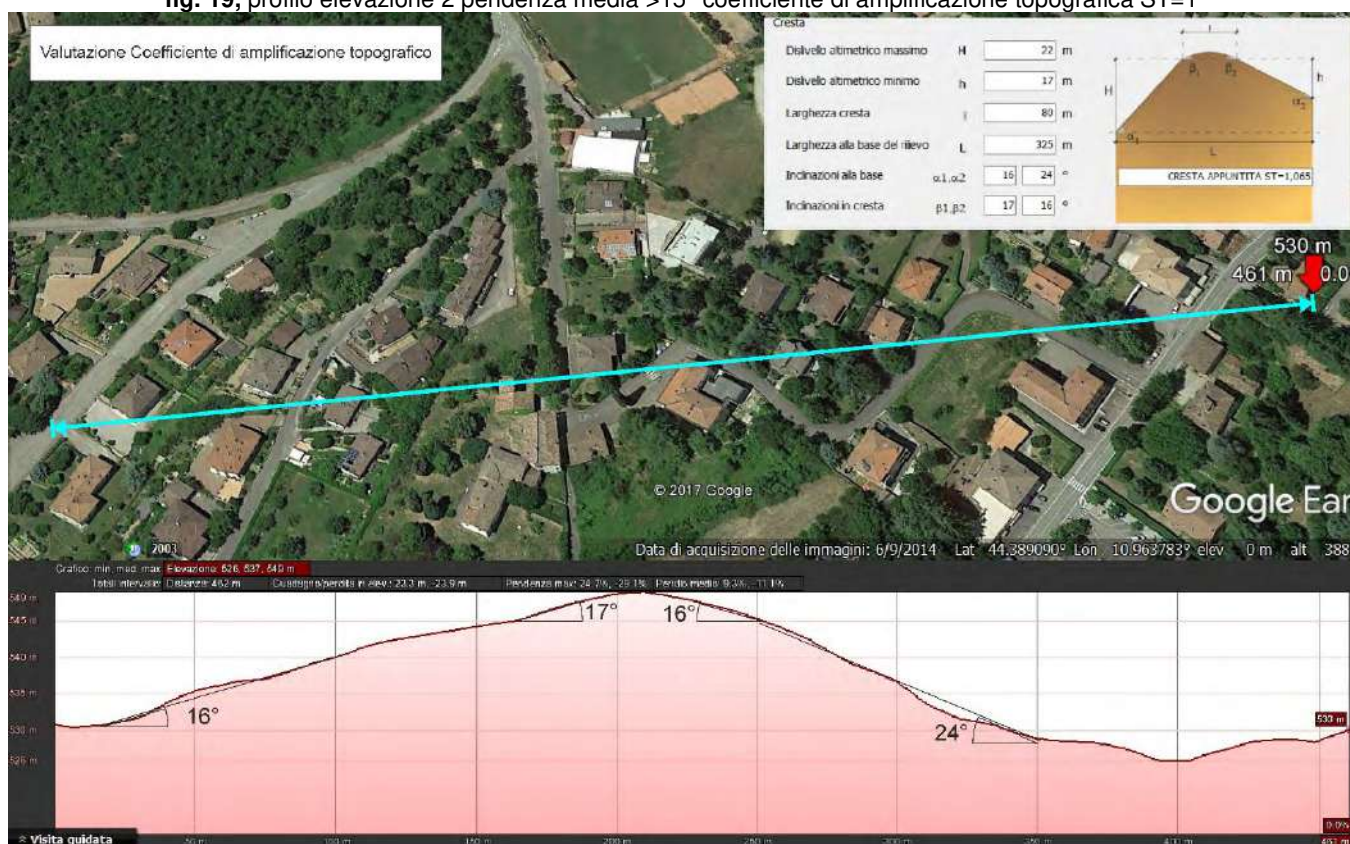
Sulla base delle tracce di sezione evidenziate in figura 18-19-20 sono stati calcolati i potenziali fattori di amplificazione per particolari configurazioni topografiche di versante e di cresta. Ne risulta che il fattore topografico di amplificazione massimo calcolato è di  **$ST=1,065$**  per la configurazione topografica di cresta (fig.20).



**Amministrazione Comunale di Guiglia – Demolizione e Ricostruzione scuola Primaria Roccamalatina – via Fosse Ardeatine – RELAZIONE DI FATTIBILITA' PRELIMINARE – determina n°107 del 28 agosto 2017 Cig.n°ZB9200FADD**



**fig. 19, profilo elevazione 2 pendenza media  $> 15^\circ$  coefficiente di amplificazione topografica  $ST=1$**



**fig. 20, profilo 3 configurazione topografica di cresta coefficiente di amplificazione topografica  $ST=1,065$**

Dott. Geol. MARCO ROLI Indagini Geologiche e Geotecniche – Idrogeologia  
Via Guido Gozzano 74 - 41058 Vignola (MO) Tel. 059773706 cell. 3288689554 e-mail [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it)

## **6.2 Azione sismica di riferimento approccio III livello studio di risposta sismica locale RSL**

Poiché l'opera in questione risulta essere di rilevante interesse pubblico, alla luce di quanto esposto nel § 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 e in accordo con quanto esposto nella DGR 2193/15 della Regione Emilia Romagna, deve essere definita l'azione sismica di progetto secondo uno studio di risposta sismica locale, di III livello di approfondimento. Per ottemperare ai riferimenti normativi citati l'analisi deve essere svolta secondo quanto indicato al § 7.11.3 del D.M. 14/01/2008, attraverso analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente. Ai fini della restituzione dello spettro di risposta elastico, relativi allo stato limite considerato, deve essere svolta la verifica dell'amplificazione del sito mediante l'utilizzo di un modello simulato in campo lineare equivalente per verificare i parametri di rigidezza e smorzamento che sono dipendenti dallo stato di deformazione del terreno.

Poiché il presente studio è preliminare ed è finalizzato a valutare la fattibilità dell'intervento, non è ancora stato definito il sedime effettivo del nuovo corpo scolastico per cui non si hanno a disposizione i progetti preliminari architettonici e strutturali e non è definita la classe dell'edificio, il coefficiente d'uso CU, la vita Nominale Vn ed il Periodo di riferimento VR dell'azione sismica al fine di computare lo spettro di risposta elastica sito dipendente amplificato alla superficie.

## **7. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ DEL SITO AL FENOMENO DI LIQUEFAZIONE**

Il fenomeno della liquefazione interessa prevalentemente i terreni sabbiosi e sabbioso limosi scarsamente addensati, saturi e sottofalda che, in concomitanza con sollecitazioni cicliche ripetute, sono soggetti ad un rapido decadimento delle caratteristiche geotecniche di resistenza e di densità. I terreni indagati dei primi 2,0 m sono prevalentemente dei limi argilloso sabbiosi da poco consistenti a mediamente consistenti, caratterizzati da una densità relativa  $>40\%$  e drenati. I sottostanti terreni sino a 8,0 m sono delle alternanze di arenarie siltose addensate e limi argilloso sabbiosi consistenti anch'essi drenati. La granulometria effettuata su questo orizzonte riporta le seguenti percentuali: LIMO 58,4% - ARGILLA 28,8% e SABBIA 12,8%,  $D_{50} = 0,01352$ . Le caratteristiche sopra evidenziate rendono i terreni indagati non suscettibili al fenomeno della liquefazione.

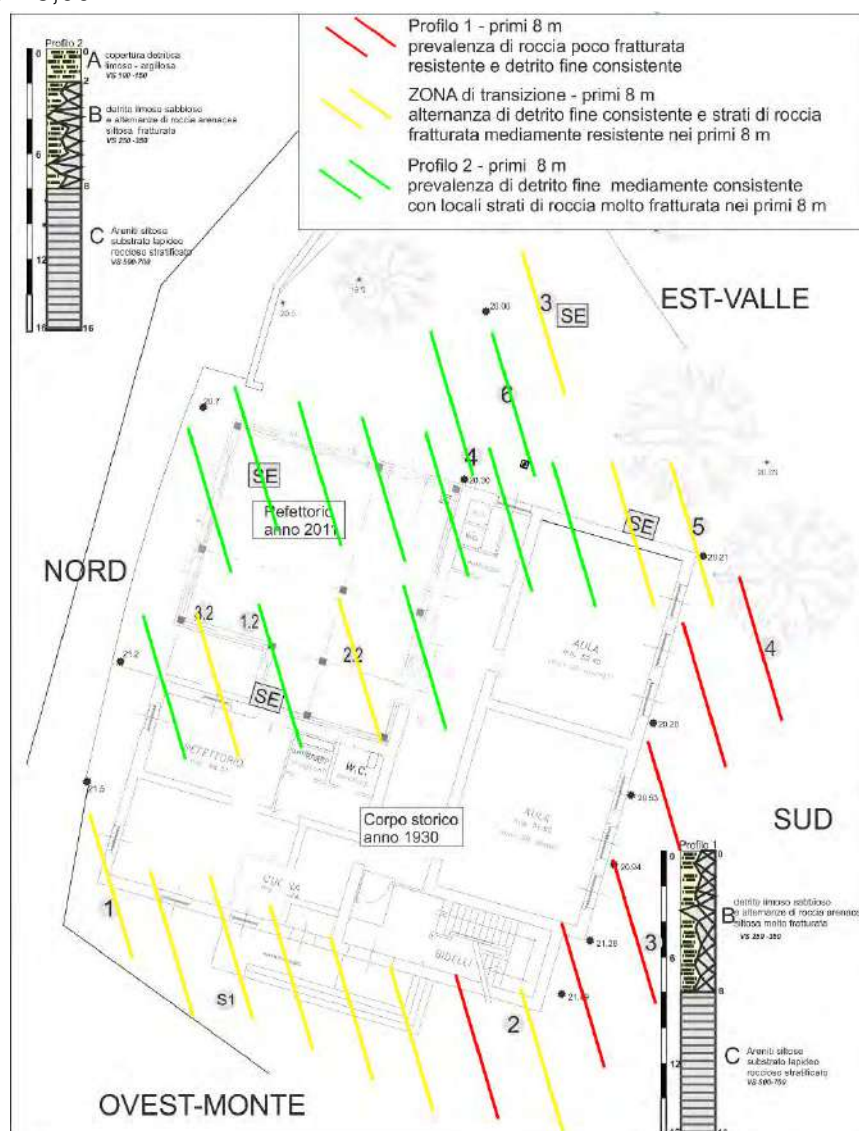


## 8. CONCLUSIONI

Il presente elaborato è stato commissionato dall'Amministrazione Comunale di Guiglia ed ha per oggetto lo studio preliminare geologico-stratigrafico e di parametrizzazione geotecnica dell'area su cui sarà demolito il corpo principale delle scuole primarie di Roccamalatina in via Fosse Ardeatine.

Lo studio è finalizzato alla parametrizzazione geotecnica e di individuazione delle problematiche geologico-geomorfologiche di possibile interazione con la nuova struttura. A tal fine è stata eseguita un'apposita campagna di indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio geotecnico che hanno evidenziato i seguenti aspetti:

**Stratigrafia:** il terreno presenta una copertura detritica superficiale alquanto eterogenea, con litotipi coesivi limo-argillosi debolmente sabbiosi da p.c. sino a -2,00 m a consolidazione media, presenti soprattutto nella parte centrale-nord e a valle-est dell'edificio. Successivamente sino a -8,00 m si riscontrano alternanze di limi sabbiosi e arenarie siltose fratturate ed alterate variamente addensate, più resistenti e tenaci nella zona sud del fabbricato. Il bedrock roccioso della formazione arenacea è stato rilevato da -8,00 a -15,00 m.



**Sismica:** Secondo le N.T.C. 2008 il terreno può essere classificato come di categoria "B". Il coefficiente di amplificazione topografico per conformazioni di cresta è stato calcolato in  $St=1,065$ . Tuttavia trattandosi di opera in interesse pubblico, alla luce di quanto esposto nel § 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 e in accordo con quanto esposto nella DGR 2193/15 della Regione Emilia, deve essere definita l'azione sismica di progetto secondo uno studio di risposta sismica locale di III livello di approfondimento, svolta secondo quanto indicato al § 7.11.3 del D.M. 14/01/2008. Poiché il presente studio è preliminare ed è finalizzato a valutare la fattibilità dell'intervento, non è ancora stata definita la classe dell'edificio, il coefficiente d'uso CU, la vita Nominale Vn ed il Periodo di riferimento VR al fine di computare lo spettro di risposta elastica sito dipendente amplificato alla superficie.

**Parametrizzazione Geotecnica:** A supporto della progettazione delle opere si è elaborato e fornito il modello geotecnico di riferimento. Tale modello riporta per strati omogenei i parametri di resistenza del materiale in condizioni caratteristiche, da utilizzare nelle verifiche geotecniche di progettazione.

## copertura detritica limosa prevalentemente coesivo

Cu-C' Kpa	$\phi'$ °gradi	Y KN/m <sup>3</sup>	Y' KN/m <sup>3</sup>	G Mpa	Mo Mpa	Nspt	Dr %
38 - 5	22	18	19,5	7	4,8	7	40

## detrito e areniti fratturate coesivo/granulare

Cu-C' Kpa	$\phi'$ °gradi	Y KN/m <sup>3</sup>	Y' KN/m <sup>3</sup>	G Mpa	Mo Mpa	E' Mpa	Nspt	Dr %
85 - 7	26°	19	20	16	7	40	30	55

## Areniti siltose substrato lapideo incoerente

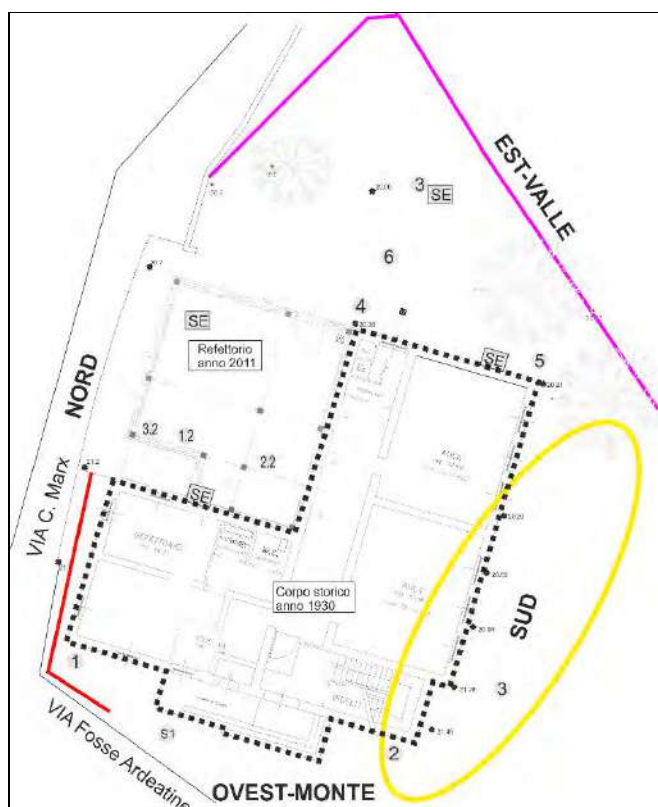
Cu Kpa	$\phi'$ °gradi	Y KN/m <sup>3</sup>	Y' KN/m <sup>3</sup>	G Mpa	Mo Mpa	E' Mpa	Nspt	Dr %
-	40°	20	22	34	-	74	70	>90

**Studio Preliminare:** Il presente elaborato è preliminare e volto ad identificare i primi aspetti di interazione con il sottosuolo, in quanto il sedime del futuro intervento, il progetto architettonico e strutturale è ancora da definire. Sulla base dei primi elementi di progetto architettonico definitivo dovranno implementarsi le indagini in caso di sedime ampliato e non indagato nel presente studio, effettuate le necessarie verifiche geotecniche di stabilità globale e di interazione terreno struttura, implementati i calcoli con approfondimenti di III livello e definiti gli spettri di risposta dell'azione sismica in base allo stato limite di riferimento.

### Prime Considerazioni e Criticità:

Considerato quanto sopra esposto è possibile evidenziare le seguenti considerazioni preliminari:

- 1) Sarebbe opportuno prevedere un vano tecnico o interrato che asportasse lo strato geologico "A" a caratteristiche geotecniche più scadenti, lo spessore di questo strato è di circa 2,0 m.
- 2) La realizzazione di un vano interrato interagisce con i seguenti aspetti:
  - a) Scavo in vicinanza con la via Carlo Marx (foto 10), angolo via Fosse Ardeatine (linea rossa foto sottostante): dovrebbe essere prevista un'opera di contenimento finalizzata ad eseguire lo scavo in sicurezza e preservare la sede stradale. L'esecuzione di micropali affiancati /berlinese potrebbe risultare difficoltosa per via del detrito roccioso rilevato in profondità
  - b) E' opportuno prevedere un dreno perimetrale in tutto il vano interrato, al fine di regimare le acque che si dovessero infiltrare e scorrere in profondità
  - c) La zona a sud (cerchiata in giallo) ha evidenziato la percentuale maggiore di strati arenacei resistenti, per cui lo scavo in tali zone, in funzione di un possibile spostamento del sedime, potrebbe risultare difficoltoso.
- 3) La zona Est-Valle presenta un muro di contenimento dell'area cortiliva (linea viola), datato e con fondazioni incerte che sarebbe bene verificare dal punto di vista della stabilità globale in funzione del nuovo intervento (foto 11).



Vignola, 8 Settembre 2017

Dott. Geol. Marco Roli





**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it)

## ALLEGATO CARTOGRAFICO



Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

Tavola CTR n. 236\_NE



Tav. n. 1 "Carta Corografica"

Scala 1: 25000



Legenda



Area di interesse





Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

Sezione CTR n. 236040



Tav. n. 2 “Carta topografica”

Scala 1: 10000



Legenda



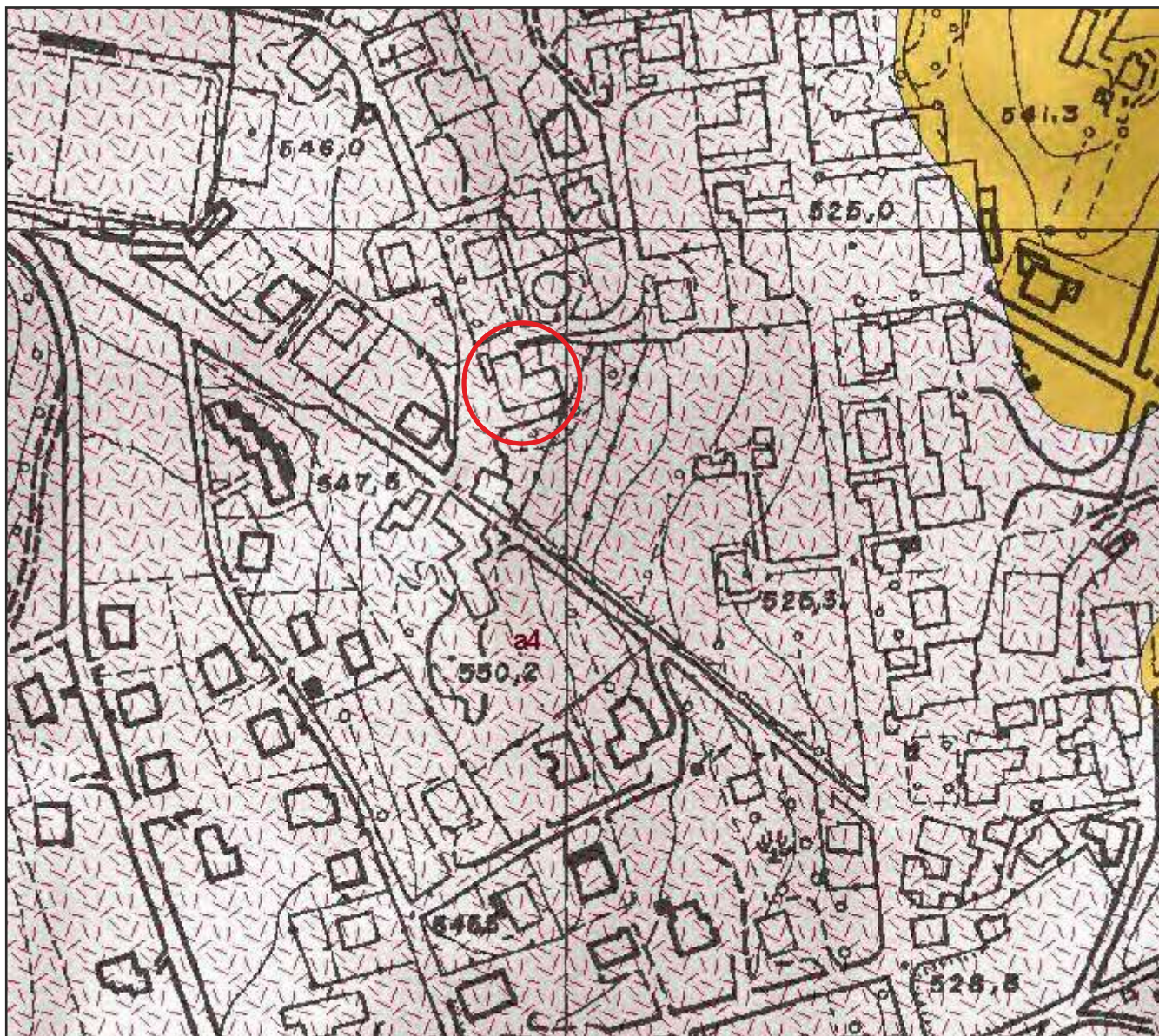
Area di interesse





Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it



### Tav. n. 3 "Carta della litologia di superficie" Scala 1: 2.500



Area di interesse



Coltre di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati



Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare



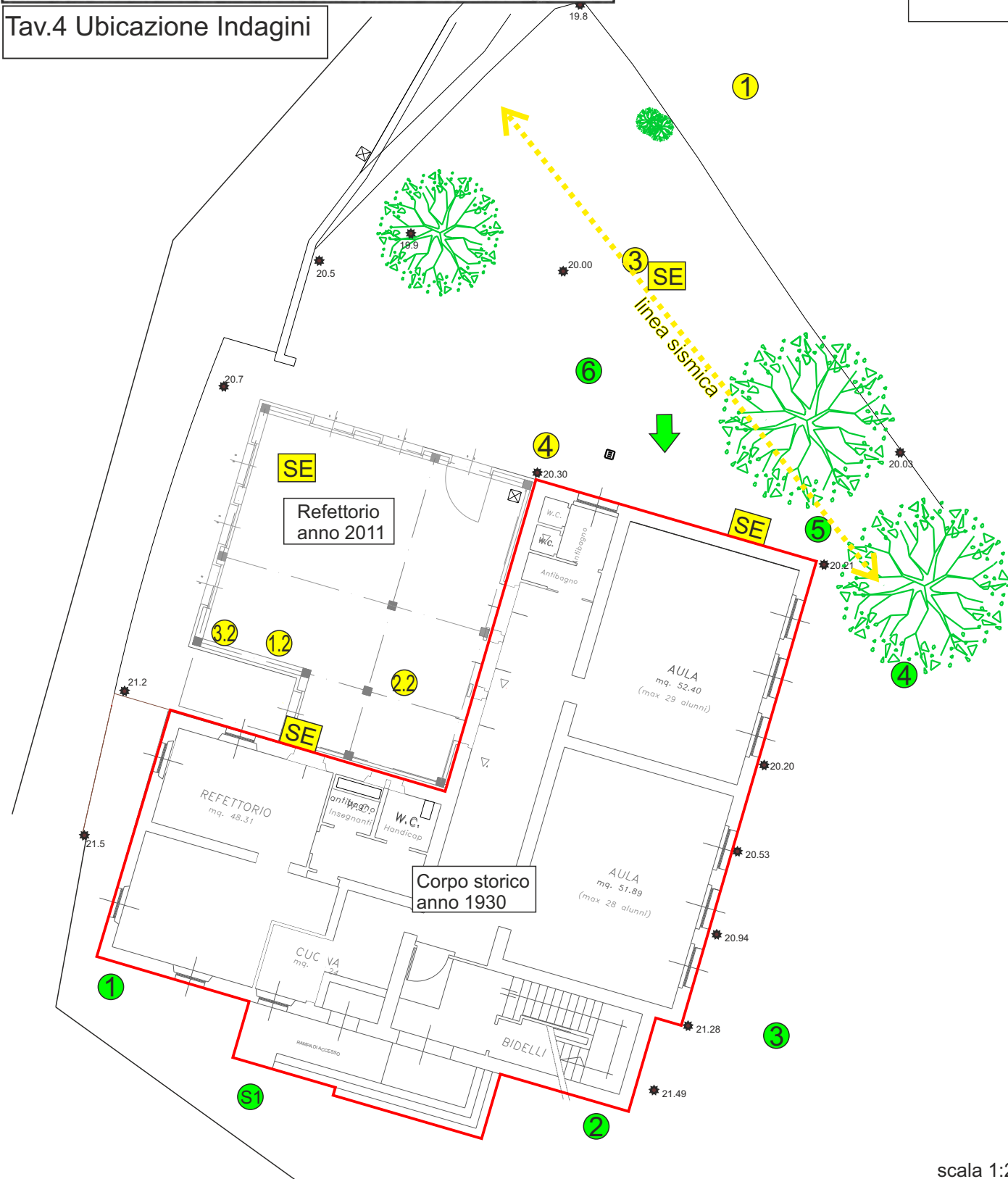


Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it



## Tav.4 Ubicazione Indagini



## TAV. 5 FOTOGRAFIE DELLE INDAGINI E DELL'AREA



**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it)



fig. 1 Sondaggio a Carotaggio



fig. 2 Sondaggio a Carotaggio





**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it)



fig. 3 Prova Penetrometrica P4



fig. 4 Prova Penetrometrica P6





**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it



fig. 5 saggio con escavatore



fig. 6a trincea esplorativa



fig. 6b fondazione ala nord





**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it



fig. 7 prova HVSR



fig. 8 angolo nord-est





**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it



fig. 8 angolo sud-est



fig. 9 angolo nord-ovest





Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

fig. 10 lato nord in adiacenza via C. Marx



fig. 11 muro di contenimento area cortiliva  
lato est






**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it)

# INDAGINE GEOGNOSTICA

ALLEGATO 1  
SONDAGGIO A CAROTAGGIO

	<p align="center"><b>PROVE PENETROMETRICHE SRL</b>  Via per Modena, 8 – 41051 Castelnuevo R. (MO)  Tel. 059/535046 – Fax 059/539166  e-mail: info@provepenetrometriche.com  www.provepenetrometriche.com</p>	<p align="center"><b>36.00</b></p>
<p align="center">Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito</p>		
<p align="center"><b><u>SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1</u></b></p>		<p align="center">Pagina 2/6</p>
<p align="center"><b>RAPPORTO DI PROVA N. <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R07004</span></b></p> <p>Committente: <b>Amministrazione Comunale di Guiglia</b></p> <p>Località: <b>Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35</b></p> <p>Cantiere: <b>Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli</b></p> <p>Data prova: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">31/08/17</span>                      Data emissione rapporto di prova: <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">04/09/17</span></p>		
<p><b>Procedure di campionamento</b></p> <p>Le carote prelevate nel corso del sondaggio (campioni tipo Q1) sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC a 5 scomparti, quindi fotografate (vedi pagg. 5/6 e 6/6) e consegnate alla Committenza.</p> <p>Durante il sondaggio è stato prelevato n. 1 campione indisturbato mediante campionatore a pareti sottili (Shelby), alla profondità di 4.60-4.95 m. Il campione prelevato è stato conferito presso il laboratorio geotecnico Autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti di Prove Penetrometriche srl per le indagini richieste dalla Committenza.</p>		
<p><b>Eventuali variazioni, aggiunte, esclusioni</b></p> <p>Le procedure di esecuzione del sondaggio, delle prove e del prelievo dei campioni sono state concordate con i tecnici incaricati dalla Committenza direttamente in cantiere.</p>		
<p><b>Norme di riferimento ed eventuali metodi e/o procedure non normalizzate</b></p> <p>Tutte le prove ed i campionamenti effettuati sono stati eseguiti conformemente alle norme di riferimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- AGI (1977): "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".</li> </ul>		
<p><b>Annotazioni, anomalie ed incertezze riscontrate nelle misure</b></p> <p>Non si sono riscontrate anomalie nelle misure e nella perforazione.</p> <p>Incertezza associata alle prove <b>SPT</b>: <b>20%</b>. Tale valore di incertezza di misura è espresso come due volte lo scarto tipo (<math>k=2</math>) corrispondente, nel caso di distribuzione normale, a un livello di confidenza di circa il 95%.</p> <p>Software di elaborazione: "<i>Stratigrafie</i>" ver. 10.1.9 realizzato dalla società SGeo di Roma.</p>		

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
*Il Tecnico*





**PROVE PENETROMETRICHE SRL**  
Via per Modena, 8 – 41051 Castelnovo R. (MO)  
Tel. 059/535046 – Fax 059/539166  
e-mail: info@provepenetrometriche.com  
www.provepenetrometriche.com

**36.00**

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 – Settore C – Prove in Sito

**SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N. 1**

Pagina 1/6

**RAPPORTO DI PROVA N. R07004**

Committente: **Amministrazione Comunale di Guiglia**

Località: **Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35**

Cantiere: **Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli**

Data prova: **31/08/17**

Data emissione rapporto di prova: **04/09/17**

**Attrezzatura utilizzata, prove in foro effettuate, strumentazione foro**

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una Sonda Idraulica MORI M-40 (anno di fabbrica: 2002 - matr. n. 026) montata su sottocarro cingolato semovente con pattini in acciaio, carreggiata pari a 1400 mm e velocità di spostamento 0-1,5 km/h. La sonda è dotata di motore diesel Cummings M2 C, potenza 81 HP. L'antenna, di lunghezza massima 6.450 mm, è caratterizzata da un tiro di 4.000 kg, spinta 4.000 kg, corsa 3.050 mm, mentre la testa idraulica di rotazione, avente n. 3 rapporti, presenta una coppia massima di 750 kgm e una velocità massima di 250 g/min. La sonda è infine dotata di n. 2 pompe idrauliche: una pompa fanghi CMO PS 60 370/26 ed una pompa scarotatrice Idromeccanica Imovilli P83.

Nel corso delle operazioni di sondaggio la sonda è stata attrezzata con un carotiere semplice T1 avente diametro  $\phi$  101 mm e non si è reso necessario l'utilizzo di tubi di rivestimento.

Nel corso del sondaggio è stata eseguita n. 1 prova Standard Penetration Test (S.P.T.) alla profondità di -5.50 m utilizzando un dispositivo di guida e sganciamento automatico tipo "Martino Nenzi" (massa sistema di battuta: 4,20 kg), attrezzato con un maglio avente massa pari a 63,50 Kg; a tale attrezzatura è avvitata una batteria di aste aventi diametro  $\phi$  50,46 mm e massa lineare 7 kg/m, alla quale è avvitata sul fondo una punta conica (punta chiusa), dello stesso diametro, per la penetrazione nel terreno, avente area di base pari a 20 cm<sup>2</sup> ed angolo di 60°. La profondità di giunzione della prima asta è pari a 0,80 m. I risultati della prova, per avanzamenti di 15 cm, sono riportati a pagina 3 del presente certificato. Dove possibile sono stati effettuati alcuni Pocket Penetrometer Test e Vane Test sulle carote prelevate; i risultati, in kPa, sono riportati a pagina 3/6.

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico

Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia	Sondaggio: 1
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35	Data: 31/08/2017
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

SCALA 1:100

## STRATIGRAFIA - 1

Pagina 3/6

Ø mm	metri batt	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	Standard Penetration Test			DATI TECNICI
									m	S.P.T.	Pt	
			0,1	0,1	Asfalto.							<b>RAPPORTO DI PROVA N. R07004 DEL 04/09/17</b>  Sondaggio a carotaggio continuo eseguito con Sonda Idraulica Mori M40 attrezzata con carotiere semplice T1 da 101 mm.  Non è stato inserito il rivestimento.  Operatori in sito: Sig. Francesco Tuosto Sig. Emanuele Benassi
			0,4	0,3	Massetto di ghiaia e sabbia stabilizzata, grigio.							
1					Arenarie limoso sabbiose, molto fini, beige chiaro, poco cementate, asciutte, al tatto farinose.							
2					Da -2.70 m: locali interstrati di arenaria centimetrica, al tatto rocciosa, nocciola scuro, con riconoscibile stratificazione e rottura piano-parallela.	196	35					
3					A -4.00 m: coltre di materiale detritico costituito da frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti.	196	29					
4						343	59					
			4,6	4,2		343	49					
5			5,0	0,3	Campione shelby n. 1	392	55	1) She < 4,60 4,95				
6					Arenarie limoso sabbiose, molto fini, beige chiaro, poco cementate, asciutte, al tatto farinose.				5,5	50/11cm	C	
7			6,8	1,9	Da -2.70 m: locali interstrati di arenaria centimetrica, al tatto rocciosa, nocciola scuro, con riconoscibile stratificazione e rottura piano-parallela.							
8					Areniti siltose litoidi, fini, beige, fratturate. Formazione tipica: PAT.							
9			8,2	1,4								
10					Areniti siltose litoidi, fini, grigie. Formazione tipica: PAT.							
11												
12												
13												
14												
101	15		15,0	6,8								

Decreto di Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 54953 del 29/05/2006 - Settore C - Prove in Sito

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	31/08/17										
Ora	12.30										
Livello dell'acqua (m)	10,80										
Prof. perforazione(m)	15,00										
Prof. rivestimento(m)	1,50										

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico



Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia	Sondaggio: 1
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35	Data: 31/08/2017
Coordinate:	Quota:
Perforazione: a carotaggio continuo	

## LEGENDA STRATIGRAFIA

Pagina 4/6

o mm	metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	RP	VT	Campioni	Standard Penetration Test			DATI TECNICI
									m	S.P.T.	Pt	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 3) Simbolo litologico
- 4) Profondità della base dello strato (m)
- 5) Spessore dello strato (m)
- 6) Descrizione della litologia dello strato
- 7) Resistenza alla punta (kPa)
- 8) Vane test (kPa)
- 9) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 10) Profondità di inizio della prova S.P.T.
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
- 13) Dati tecnici

*She* = Shelby  
*Den* = Denison  
*Ost* = Osterberg  
*Maz* = Mazier  
*Crp* = Craps  
*nk3* = NK3  
*Ind* = Indisturbato  
*Dis* = Disturbato  
*SDi* = Semi disturbato  
*SPT* = SPT

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico



Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia	Sondaggio: 1
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35	Data: 31/08/2017
Fotografie - Pagina 1/2	Pagina 5/6



Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00



Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00



Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia	Sondaggio: 1
Riferimento: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35	Data: 31/08/2017
Fotografie - Pagina 2/2	Pagina 6/6



Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
*Il Tecnico*

ALLEGATO 2  
LABORATORIO GEOTECNICO



**DESCRIZIONE PRELIMINARE DEL CAMPIONE**

Pagina 1/1

**CERTIFICATO N. 01345/L**

Committente: **Amministrazione Comunale di Guiglia**

Località: **Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35**

Cantiere: **Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli**

Data apertura e descrizione: **04/09/17**

Data emissione rapporto: **05/09/17**


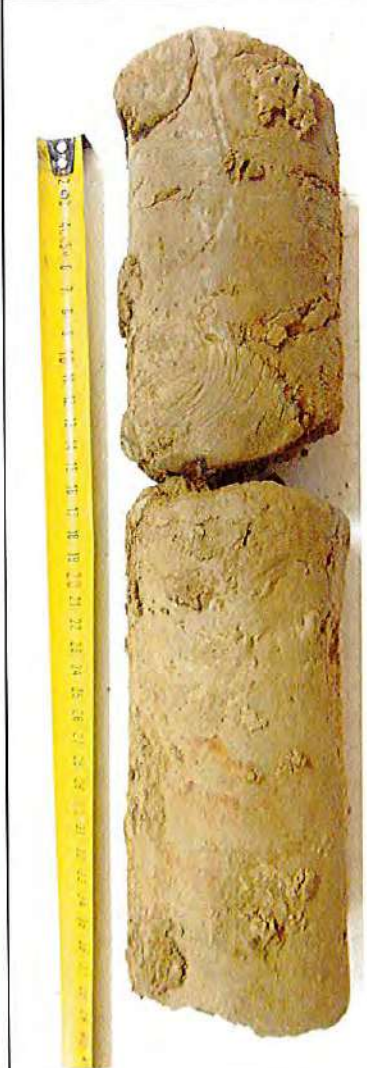
Sondaggio n. **1** Campione: **1**

Profondità di prelievo: **4.60 – 4.95 m**

Stato campione: **indisturbato tipo shelby**

N. Verbale accettazione: **058/2017**

Data verbale accettazione: **04/09/17**

Alto: 4.60 m		P.P. (Kg/cm <sup>2</sup> )	T.V. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Descrizione Litologica
		5.10	1.2	Limo argilloso sabbioso, nocciola, molto consistente, umido.
				Lunghezza campione: 0.45 Qualità campione: Q5
				Note:
Basso: 4.95 m		3.60	1.4	
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO		LA SPERIMENTATRICE		
Dott. Geol. Pier Luigi Dallari		Dott.ssa Silvia Baraldi		

## SCHEDA METODOLOGIA DI LABORATORIO ANALISI GRANULOMETRICA

Norme AGI (1994), ASTM D 421 – 02, ASTM D 422 – 02, ASTM D 1140 – 00, ASTM D 2217 – 98

L'analisi granulometrica ha l'obiettivo di raggruppare, in diverse classi di grandezza, le particelle costituenti il terreno e di determinare successivamente le percentuali in peso di ciascuna classe, riferendole al peso secco del campione iniziale.

La procedura più semplice per effettuare un'analisi granulometrica è costituita dalla vagliatura per mezzo di una serie di setacci, di apertura via via decrescente, che vengono sovrapposti e fatti vibrare, in modo da separare i granuli in frazioni di dimensioni pressoché uguali, ciascuna trattenuta dal corrispondente setaccio.

Le maglie dei setacci sono costituite da fili di acciaio più o meno fittamente incrociati, in modo da realizzare aperture quadrate di determinate dimensioni. I setacci utilizzati per l'esecuzione delle analisi effettuate sul campione prelevato, e consigliati dalle norme ASTM, sono i seguenti:

- n. 10 da 2.00 mm;
- n. 20 da 0.850 mm;
- n. 60 da 0.250 mm;
- n. 120 da 0.125 mm;
- n. 200 da 0.075 mm.



Fig. 1 - Vibrovaglio della batteria di setacci

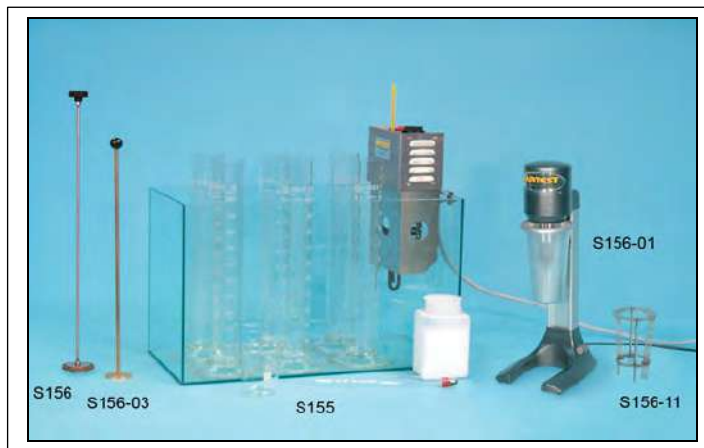


Fig. 2 - tubi di sedimentazione dei limi ed argille all'interno della vasca idrostatica

La distribuzione dei granuli di dimensioni inferiori a 0.075 mm (cioè le particelle di limo e argilla) viene effettuata con metodi indiretti, basati sui tempi di sedimentazione delle particelle in acqua distillata.

La preparazione dei campioni è stata effettuata ad *umido* in quanto le particelle grossolane sono risultate ricoperte dalle particelle più fini e sono state pertanto lavate, in modo da recuperare la frazione limoso-argillosa.

Le informazioni ottenute dall'analisi granulometrica vengono presentate sotto forma di curve dove, ad ogni diametro del setaccio considerato, viene indicata la percentuale in peso, rispetto al campione secco iniziale, della frazione più fine (*percentuale di passante*), o della frazione più grossolana (*percentuale di trattenuto*). I diametri delle particelle sono rappresentati in scala logaritmica.

I diagrammi descritti contengono la percentuale di materiale passante ad un determinato diametro, crescente dal basso verso l'alto e i diametri decrescenti da sinistra a destra, con l'indicazione dei limiti di ciascuna classe.

L'esecuzione dell'analisi granulometrica è disciplinata dalle Norme AGI (1994), ASTM D 421 – 02, ASTM D 422 – 02, ASTM D 1140 – 00, ASTM D 2217 – 98 alle quali si rimanda per qualsiasi chiarimento sull'esecuzione della prova.



CERTIFICATO DI PROVA N°: 01346/L Pagina 1/1

DATA DI EMISSIONE: 06/09/17 Inizio analisi: 04/09/17

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 058/2017 del 04/09/17

Apertura campione: 04/09/17 Fine analisi: 06/09/17

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Guiglia

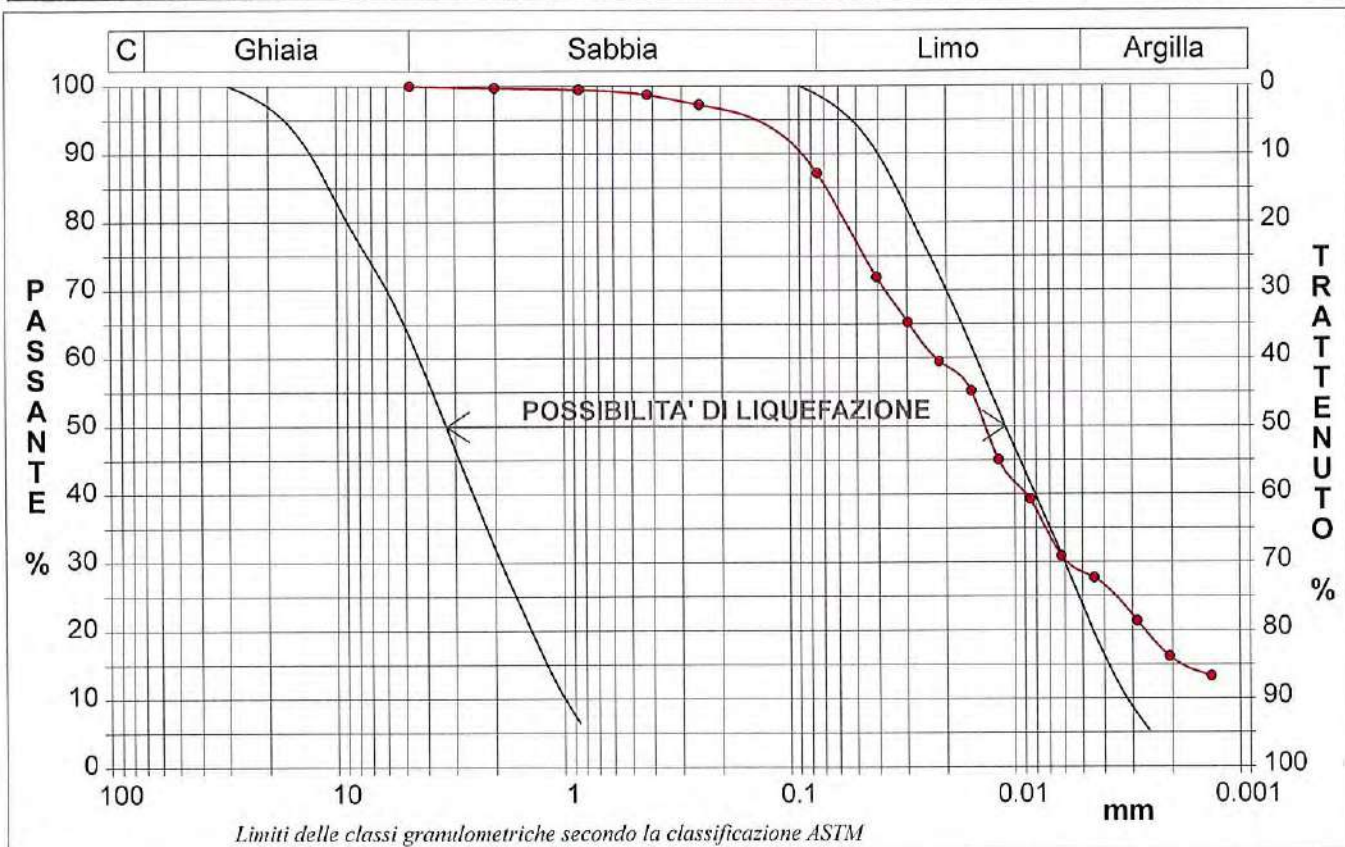
RIFERIMENTO: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35

SONDAGGIO: 1 CAMPIONE: 1 PROFONDITA': m 4.60 - 4.95

## ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma AGI(1994),ASTM D421-02,ASTM D422-02,

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,7 %	D10	0,00083 mm
Sabbia	12,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,5 %	D30	0,00566 mm
Limo	58,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	87,2 %	D50	0,01352 mm
Argilla	28,8 %			D60	0,02221 mm
				D90	0,10513 mm
Coefficiente di uniformità		26,90	Coefficiente di curvatura		1,74

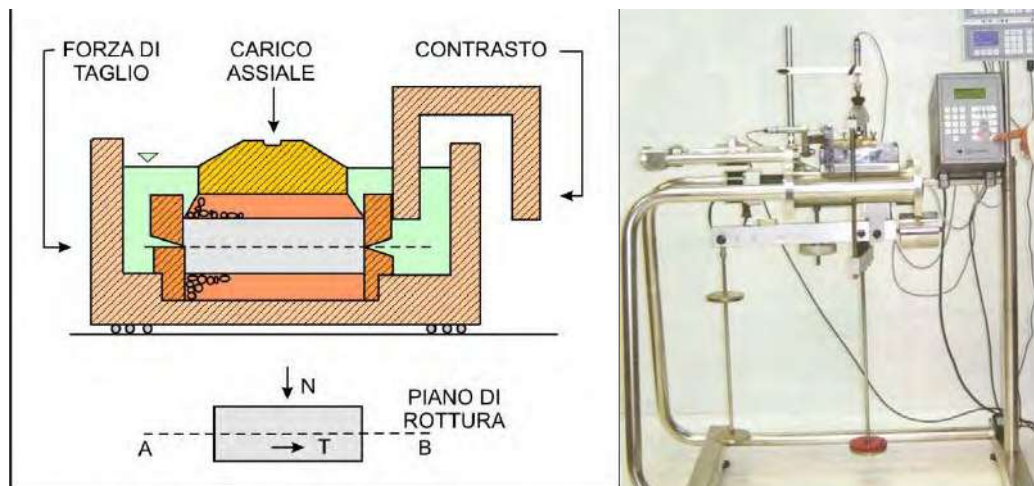


Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,7500	100,00	0,0750	87,18	0,0118	45,04	0,0021	16,17		
2,0000	99,73	0,0408	71,90	0,0085	39,27	0,0013	13,28		
0,8500	99,46	0,0298	65,26	0,0062	30,90				
0,4250	98,71	0,0216	59,48	0,0044	27,72				
0,2500	97,23	0,0155	55,15	0,0029	21,37				





Al fine di calcolare **angolo di attrito interno** e **coesione efficace** del sottosuolo indagato, i campioni di terreno indisturbati e i campioni semi-disturbati sono stati sottoposti ad una **prova di resistenza al taglio** in scatola di Casagrande. In particolare per ogni campione è stata effettuata una **prova consolidata-drenata (prova lenta CD)**: si tratta di una prova in cui una consolidazione sostanzialmente completa alla pressione di confinamento è seguita da uno sforzo assiale (di taglio) addizionale, applicato in modo tale che anche un suolo saturo a bassa permeabilità possa adattarsi completamente (interamente consolidato) alle sollecitazioni dovute agli sforzi addizionali, assiali e di taglio.



Schema dell'apparecchiatura di taglio diretto(modificato da Lancellotta, 1993)

Dal campione di terreno prelevato sono stati ottenuti 3 provini, successivamente consolidati con carichi assiali diversi riportati sui certificati posti in allegato.

Dopo che ogni provino ha raggiunto il consolidamento costante sotto lo sforzo assiale prestabilito, viene trasferito sull'apparecchiatura per le prove di taglio. Il provino è posto all'interno di due telai orizzontali, che possono scorrere uno rispetto all'altro, e le sollecitazioni applicate sono costituite dal carico assiale N e dalla forza di taglio T. Per queste prove è stata impostata nell'apparecchiatura una velocità di avanzamento  $v = 0.009 \text{ mm/min}$ .

Nel corso della prova vengono misurati gli spostamenti tra i due telai orizzontali; questi permettono di calcolare solo la deformazione media del provino che, essendo all'interno di un telaio rigido, presenta uno stato di deformazione non uniforme. Di solito i risultati delle prove vengono utilizzati per determinare i valori di **coesione e angolo di resistenza al taglio** in termini di tensioni efficaci, noti la resistenza al taglio disponibile e la tensione efficace normale al piano di scorrimento.

È però importante tenere presente il fatto che l'apparecchiatura non consente di controllare le condizioni di drenaggio né di misurare la pressione interstiziale, di conseguenza la prova deve essere condotta in maniera tale da garantire "a priori" le condizioni di drenaggio, per questo è importante adottare una velocità di avanzamento adeguata alla tipologia di terreno da analizzare.

I risultati delle prove sono stati rappresentati in un diagramma avente in ordinate lo sforzo di taglio alla rottura ed in ascisse la tensione normale alla superficie di scorrimento. Una volta tracciata la retta che congiunge i tre punti all'interno del diagramma, si possono ricavare l'angolo d'attrito, che corrisponde alla pendenza della stessa retta rispetto all'orizzontale, e la coesione, che corrisponde al valore dell'intersezione della suddetta retta con l'asse delle ordinate.



COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Guiglia

RIFERIMENTO: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 4.60 - 4.95

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma AGI(1994), ASTM D3080-03

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	98		196		294	
Tensione a rottura (kPa):	53		102		154	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	6,58	0,50	5,35	0,54	5,68	0,58
Umidità iniziale e umidità finale (%):	18,6	24,4	19,6	23,5	19,6	23,0
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	16,1	16,9	15,9	16,4	17,2	17,7
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	53,8	70,5	54,7	65,4	64,2	75,5

### DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 4,4 kPa  
Angolo di attrito interno: 26,5 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta  
Velocità di deformazione: 0,009 mm / min  
Tempo di consolidazione (ore): 24

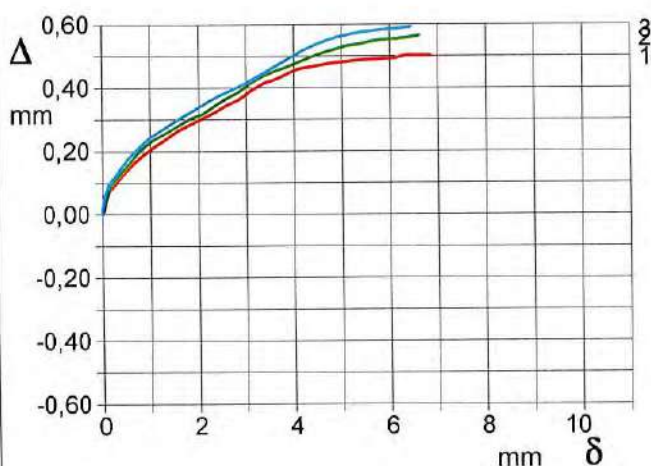
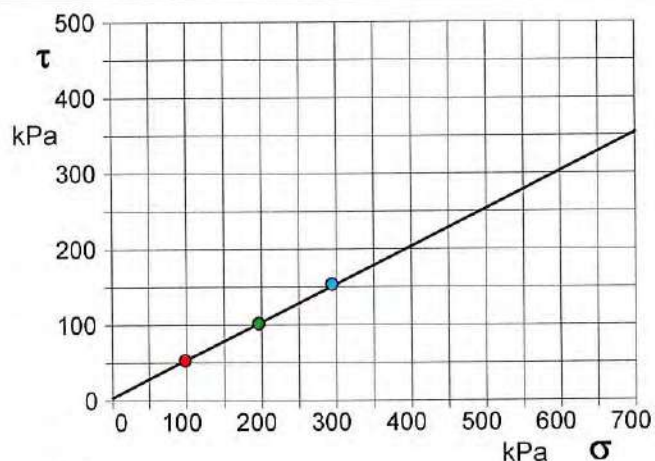


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

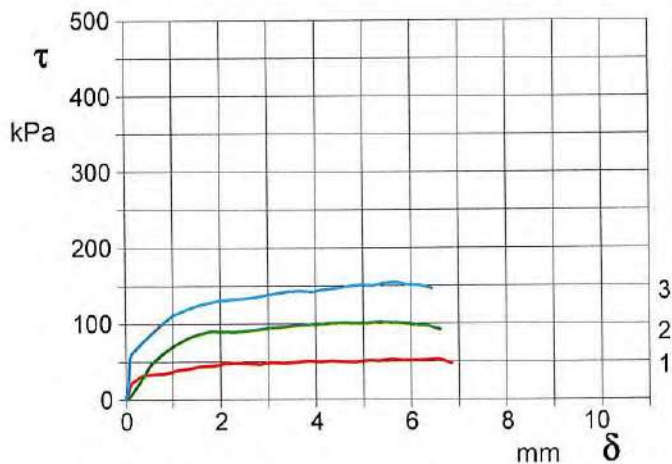


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



ALLEGATO 3  
PROVE PENETROMETRICHE 2017

# **LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE** **PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

## **DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI**

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ , misurando il numero di colpi N necessari.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica : diametro base cono D , area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione  $\delta$ )
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici) .

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

## **DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici**

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta \approx 10$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60-90^\circ$ ), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento  $\delta \approx 10$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60-90^\circ$ ), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta \approx 30$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60^\circ$ ), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm<sup>2</sup> rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento  $\delta \approx 20-30$  cm, punta conica (  $\alpha \approx 60^\circ$ ), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

**DIN**

**1**

riferimento

**048-2017**

certificato n°

**R06993**

Committente: **Amministrazione Comunale di Guiglia**  
 Cantiere: **Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli**  
 Località: **Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35**

U.M.: **MPa** Data esec.: **30/08/2017**  
 Pagina: **1/2** Data certificato: **01/09/2017**  
 Elaborato: **Falda: Foro chiuso**

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	8		5,8					
0,40	1	7		5,1					
0,60	2	15		10,9					
0,80	2	26		19,0					
1,00	2	30		20,3					
1,20	2	24		16,2					
1,40	2	16		10,8					
1,60	3	16		10,8					
1,80	3	14		9,5					
2,00	3	15		9,5					
2,20	3	12		7,6					
2,40	3	13		8,2					
2,60	4	14		8,8					
2,80	4	18		11,3					
3,00	4	19		11,2					
3,20	4	18		10,6					
3,40	4	17		10,0					
3,60	5	16		9,4					
3,80	5	16		9,4					
4,00	5	24		13,3					
4,20	5	25		13,9					
4,40	5	20		11,1					
4,60	6	19		10,5					
4,80	6	27		15,0					
5,00	6	25		13,1					
5,20	6	33		17,3					
5,40	6	33		17,3					
5,60	7	28		14,7					
5,80	7	28		14,7					
6,00	7	22		10,9					
6,20	7	23		11,4					
6,40	7	23		11,4					
6,60	8	20		9,9					
6,80	8	15		7,4					
7,00	8	17		8,0					
7,20	8	18		8,5					
7,40	8	14		6,6					
7,60	9	31		14,6					
7,80	9	55		25,9					

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
 Elaborazione Dati  
*Il Tecnico*

H = profondità  
 L1 = prima lettura (colpi punta)  
 L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta  
 Asta = numero di asta impiegata



**PROVE PENETROMETRICHE SRL**

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: info@provepenetrometriche.com - www.provepenetrometriche.com

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA****DIN****1**

riferimento

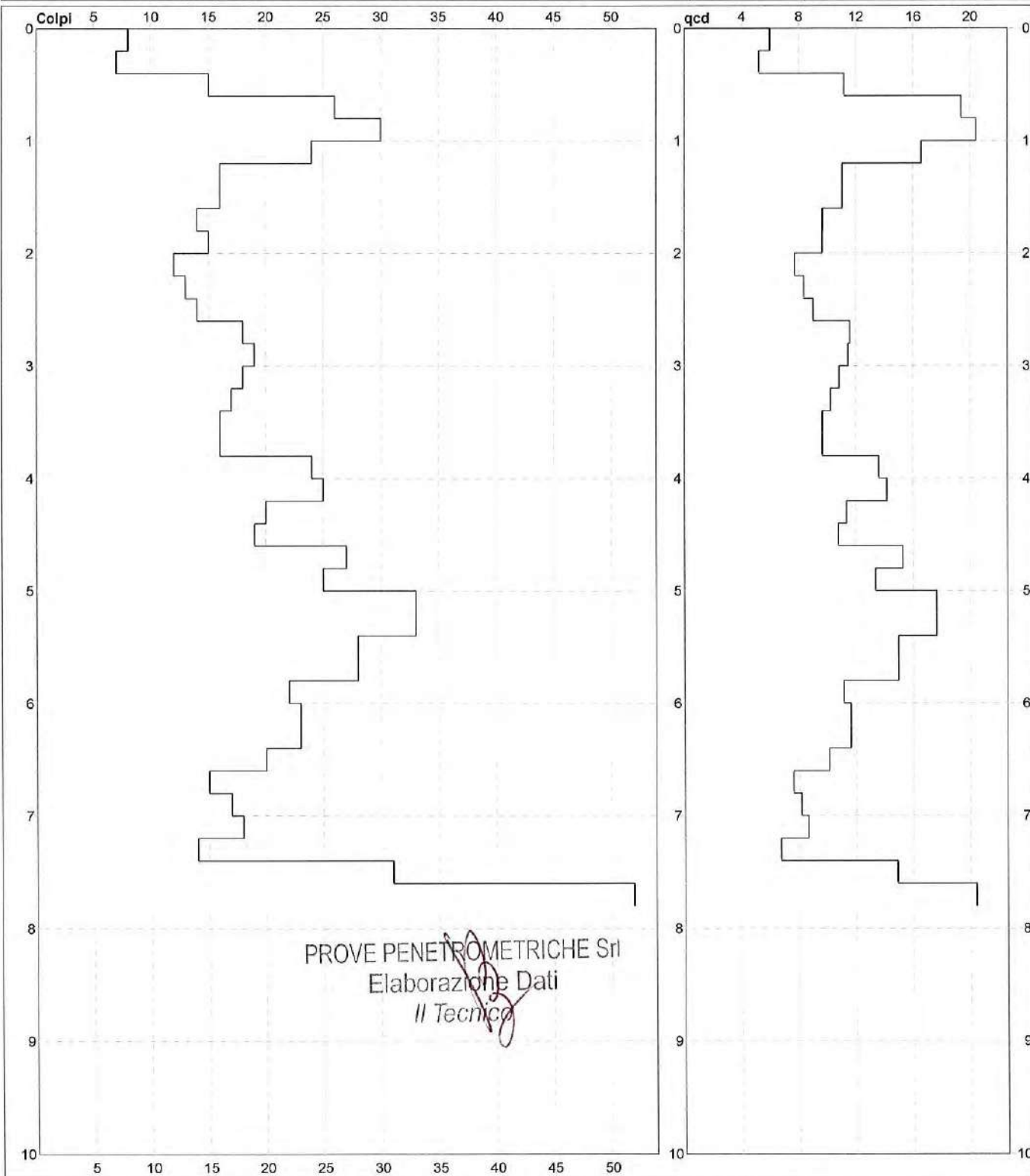
**048-2017**

certificato n°

R06993

Committente: **Amministrazione Comunale di Guiglia**  
Cantiere: **Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli**  
Località: **Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35**

U.M.: **MPa**      Data esec.: **30/08/2017**  
Scala: **1:50**      Data certificato: **01/09/2017**  
Pagina: **2/2**      Quota ass.:  
Elaborato:      Falda: **Foro chiuso**



Penetrometro: **DPSH (S. Heavy)**  
Massa battente: **63,50 m**  
Altezza caduta: **0,75 m**  
Avanzamento: **0,20 m**

Responsabile: **Dott. Geol. Davide Gualdi**  
Assistente:

Preforo: **m**  
Corr.astine: **kN/ml**  
Cod.ISTAT: **0**

**FON018**

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

# **PROVA PENETROMETRICA DINAMICA** **LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE**

**DIN**

**2**

riferimento

**048-2017**

certificato n°

R06994

Committente: **Amministrazione Comunale di Guiglia**

Cantiere: **Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli**

Località: **Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35**

U.M.: **MPa**

Data esec.: **30/08/2017**

Data certificato: **01/09/2017**

Pagina: **1/2**

Elaborato:

Falda: **Assente**

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	12		8,8					
0,40	1	25		18,2					
0,60	2	33		24,1					
0,80	2	25		18,2					
1,00	2	26		17,6					
1,20	2	30		20,3					
1,40	2	39		26,4					
1,60	3	41		27,7					
1,80	3	32		21,6					
2,00	3	35		22,1					
2,20	3	37		23,3					
2,40	3	49		30,9					
2,60	4	48		30,3					
2,80	4	56		35,3					

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico

H = profondità

L1 = prima lettura (colpi punta)

L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta

Asta = numero di asta impiegata



**PROVE PENETROMETRICHE**

**PROVE PENETROMETRICHE SRL**

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: info@provepenetrometriche.com - www.provepenetrometriche.com

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

**DIN**

**2**

riferimento

**048-2017**

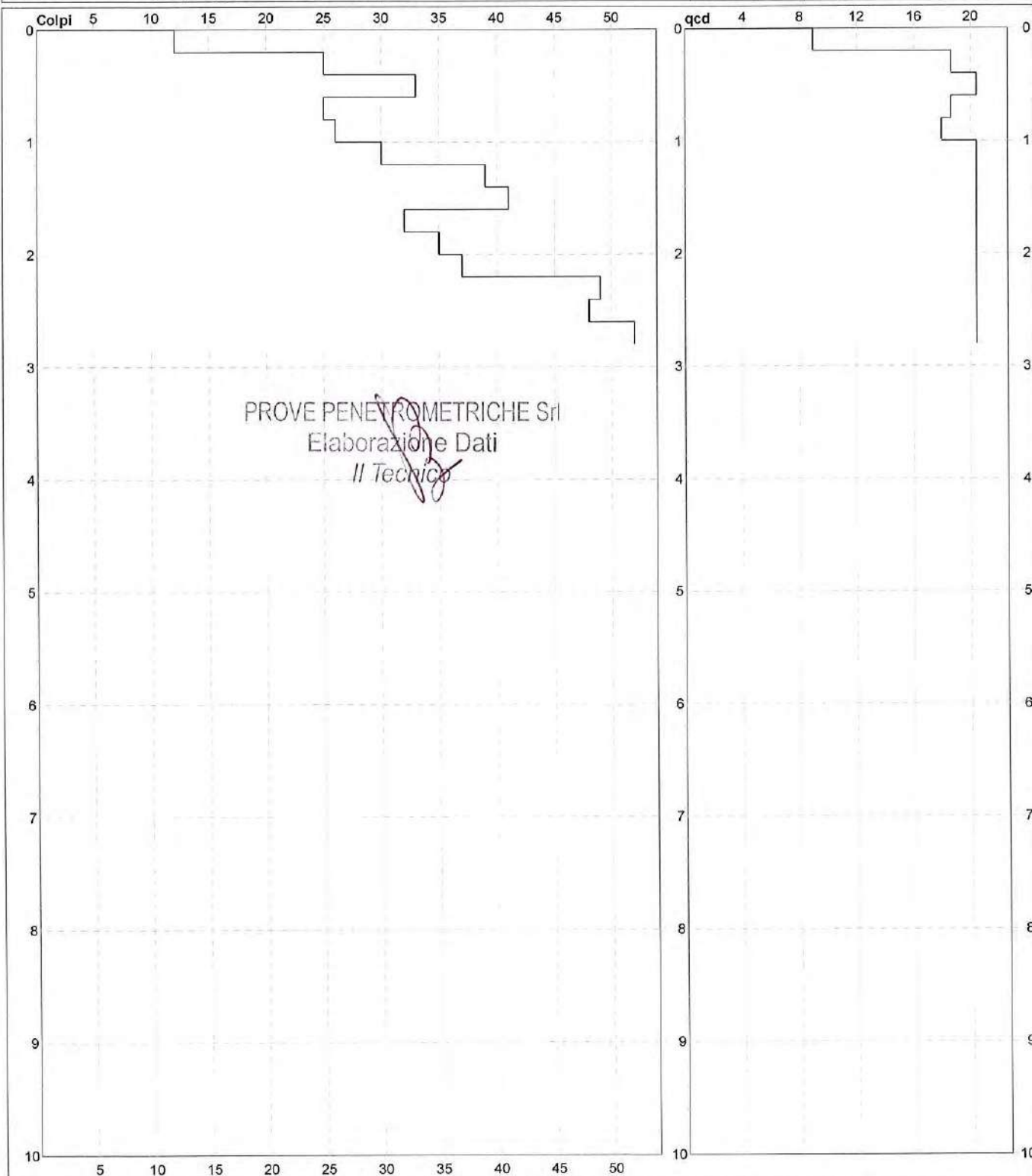
certificato n°

**R06994**

Committente: **Amministrazione Comunale di Guiglia**  
Cantiere: **Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli**  
Località: **Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35**

U.M.: **MPa**  
Scala: **1:50**  
Pagina: **2/2**  
Elaborato:

Data esec.: **30/08/2017**  
Data certificato: **01/09/2017**  
Quota ass.:  
Falda: **Assente**



Penetrometro: **DPSH (S. Heavy)**  
Massa battente: **63,50 m**  
Altezza caduta: **0,75 m**  
Avanzamento: **0,20 m**

Responsabile: **Dott. Geol. Davide Gualdi**  
Assistente:

Preforo: **m**  
Corr.astine: **kN/ml**  
Cod.ISTAT: **0**

**FON018**

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820



# **PROVA PENETROMETRICA DINAMICA** **LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE**

**DIN**
**3**

riferimento

**048-2017**

certificato n°

R06995

Committente: **Amministrazione Comunale di Guiglia**  
 Cantiere: **Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli**  
 Località: **Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35**

U.M.: **MPa**  
 Pagina: **1/2**  
 Elaborato:

Data esec.: **30/08/2017**  
 Data certificato: **01/09/2017**  
 Falda: **Assente**

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	17		12,4					
0,40	1	28		20,4					
0,60	2	25		18,2					
0,80	2	22		16,1					
1,00	2	19		12,9					
1,20	2	21		14,2					
1,40	2	30		20,3					
1,60	3	35		23,7					
1,80	3	46		31,1					
2,00	3	55		34,7					

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
 Elaborazione Dati  
 Il Tecnico

H = profondità  
 L1 = prima lettura (colpi punta)  
 L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta  
 Asta = numero di asta impiegata



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN	3
riferimento	048-2017
certificato n°	R06995

Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia  
Cantiere: Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli  
Località: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35

U.M.: MPa  
Scala: 1:50  
Pagina: 2/2  
Elaborato:  
Data esec.: 30/08/2017  
Data certificato: 01/09/2017  
Quota ass.:  
Falda: Assente



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)  
Massa battente: 63,50 m  
Altezza caduta: 0,75 m  
Avanzamento: 0,20 m

Responsabile: Dott. Geol. Davide Gualdi  
Assistente:

Preforo: m  
Corr.astine: kN/ml  
Cod.ISTAT: 0

FON018



PROVE  
PENETROMETRICHE

PROVE PENETROMETRICHE SRL

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: info@provepenetrometriche.com - www.provepenetrometriche.com

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

DIN

4

riferimento

048-2017

certificato n°

R06996

Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia  
Cantiere: Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli  
Località: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35

U.M.: MPa  
Pagina: 1/2  
Elaborato:  
Data esec.: 30/08/2017  
Data certificato: 01/09/2017  
Falda: Foro chiuso

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	11		8,0					
0,40	1	10		7,3					
0,60	2	15		10,9					
0,80	2	25		18,2					
1,00	2	25		16,9					
1,20	2	20		13,5					
1,40	2	28		18,9					
1,60	3	33		22,3					
1,80	3	18		12,2					
2,00	3	49		30,9					
2,20	3	56		35,3					

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico

H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820



# **PROVA PENETROMETRICA DINAMICA** **DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA**

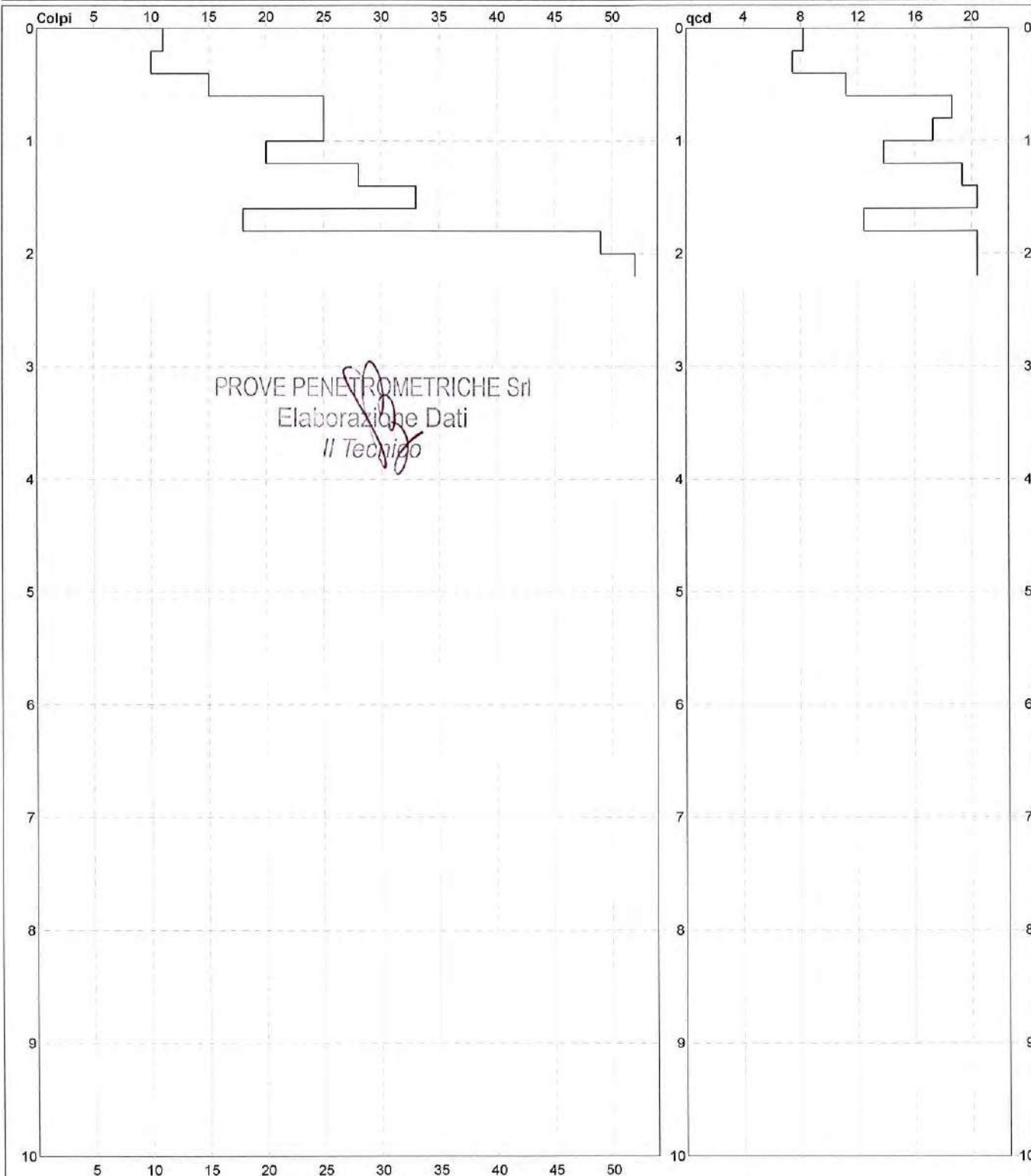
**DIN**

**4**

riferimento **048-2017**  
certificato n° **R06996**

Committente: **Amministrazione Comunale di Guiglia**  
Cantiere: **Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli**  
Località: **Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35**

U.M.: **MPa** Data esec.: **30/08/2017**  
Scala: **1:50** Data certificato: **01/09/2017**  
Pagina: **2/2** Quota ass.:  
Elaborato: Falda: **Foro chiuso**



Penetrometro: **DPSH (S. Heavy)**  
Massa battente: **63,50 m**  
Altezza caduta: **0,75 m**  
Avanzamento: **0,20 m**

Responsabile: **Dott. Geol. Davide Gualdi**  
Assistente:

Preforo: **m**  
Corr.astine: **kN/ml**  
Cod.ISTAT: **0**

**FON018**

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

# **PROVA PENETROMETRICA DINAMICA** **LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE**

**DIN**

**5**

riferimento

**048-2017**

certificato n°

R06997

Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia  
 Cantiere: Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli  
 Località: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35

U.M.: MPa  
 Pagina: 1/2  
 Elaborato:

Data esec.: 30/08/2017  
 Data certificato: 01/09/2017  
 Falda: Assente

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	6		4,4					
0,40	1	6		4,4					
0,60	2	6		4,4					
0,80	2	7		5,1					
1,00	2	6		4,1					
1,20	2	8		5,4					
1,40	2	8		5,4					
1,60	3	9		6,1					
1,80	3	12		8,1					
2,00	3	17		10,7					
2,20	3	25		15,8					
2,40	3	34		21,4					
2,60	4	45		28,4					
2,80	4	31		19,6					
3,00	4	24		14,2					
3,20	4	20		11,8					
3,40	4	25		14,8					
3,60	5	27		15,9					
3,80	5	23		13,6					
4,00	5	22		12,2					
4,20	5	23		12,8					
4,40	5	24		13,3					
4,60	6	21		11,7					
4,80	6	19		10,5					
5,00	6	20		10,5					
5,20	6	22		11,5					
5,40	6	39		20,4					
5,60	7	46		24,1					
5,80	7	56		29,3					

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
 Elaborazione Dati  
*Il Tecnico*

H = profondità  
 L1 = prima lettura (colpi punta)  
 L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

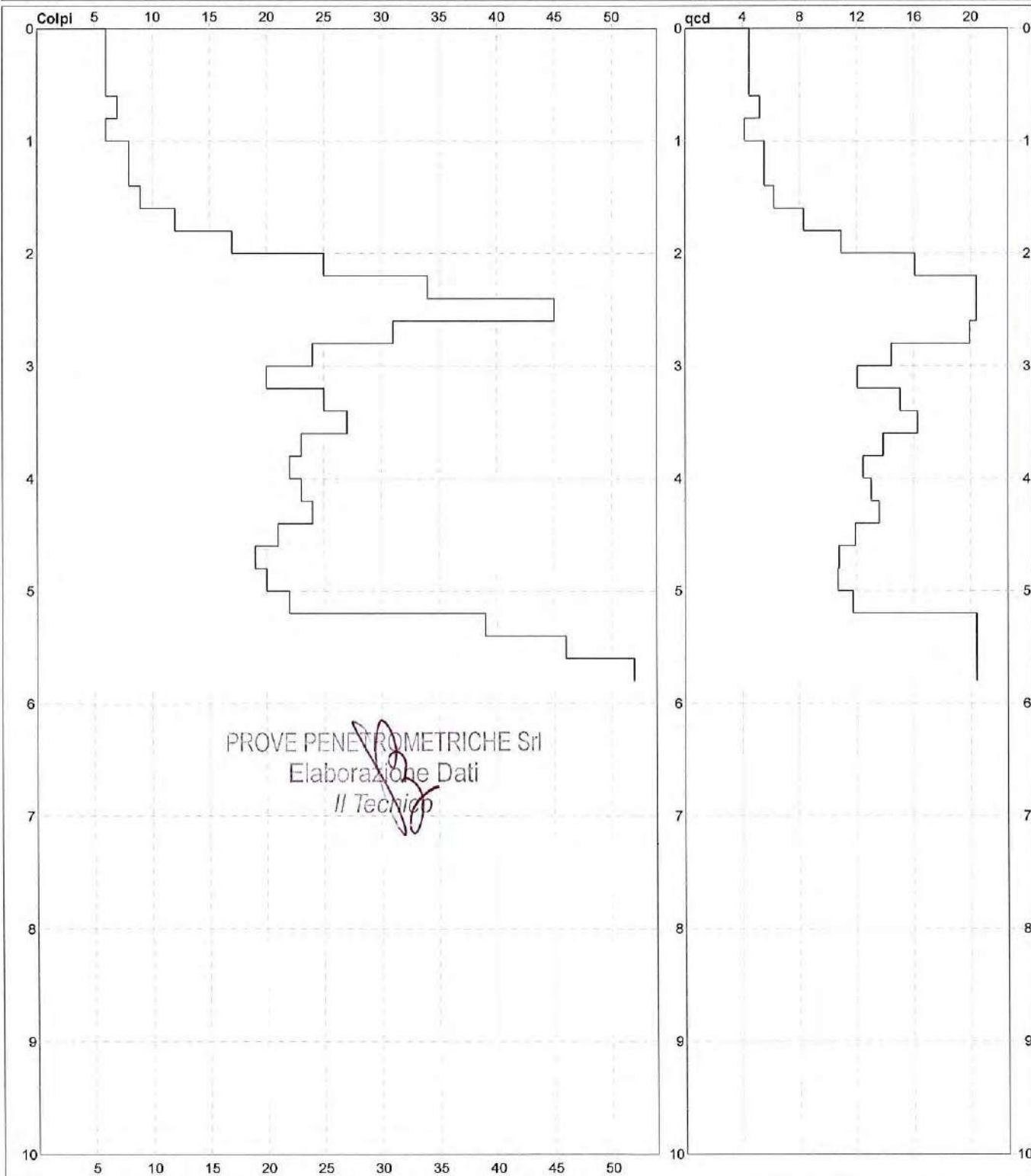
qcd = resistenza dinamica punta  
 Asta = numero di asta impiegata

# **PROVA PENETROMETRICA DINAMICA** **DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA**

<b>DIN</b>	<b>5</b>
riferimento	<b>048-2017</b>
certificato n°	R06997

Committente: **Amministrazione Comunale di Guiglia**  
 Cantiere: **Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli**  
 Località: **Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35**

U.M.: **MPa** Data esec.: **30/08/2017**  
 Scala: **1:50** Data certificato: **01/09/2017**  
 Pagina: **2/2** Quota ass.:  
 Elaborato: Falda: **Assente**



Penetrometro: **DPSH (S. Heavy)**  
 Massa battente: **63,50 m**  
 Altezza caduta: **0,75 m**  
 Avanzamento: **0,20 m**

Responsabile: **Dott. Geol. Davide Gualdi**  
 Assistente:

Preforo: **m**  
 Corr.astine: **kN/ml**  
 Cod.ISTAT: **0**





# PROVE PENETROMETRICHE SRL

Via per Modena, 8 - 41051 Castelnuovo Rangone (MO)

Tel: 059-535046 - e-mail: info@provepenetrometriche.com - www.provepenetrometriche.com

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE DI CAMPAGNA PUNTA E/O TOTALE

**DIN**

**6**

referimento

**048-2017**

certificato n°

**R06998**

Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia  
Cantiere: Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli  
Località: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35

U.M.: MPa  
Pagina: 1/2  
Elaborato:

Data esec.: 30/08/2017  
Data certificato: 01/09/2017  
Falda: Assente

H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²	H m	Asta n°	L1 n°	L2 n°	qcd MN/m²
0,20	1	8		5,8					
0,40	1	5		3,6					
0,60	2	5		3,6					
0,80	2	4		2,9					
1,00	2	5		3,4					
1,20	2	4		2,7					
1,40	2	7		4,7					
1,60	3	12		8,1					
1,80	3	13		8,8					
2,00	3	13		8,2					
2,20	3	17		10,7					
2,40	3	19		12,0					
2,60	4	20		12,6					
2,80	4	22		13,9					
3,00	4	19		11,2					
3,20	4	22		13,0					
3,40	4	23		13,6					
3,60	5	34		20,1					
3,80	5	55		32,5					

PROVE PENETROMETRICHE Srl  
Elaborazione Dati  
Il Tecnico

H = profondità  
L1 = prima lettura (colpi punta)  
L2 = seconda lettura (colpi rivestimento)

qcd = resistenza dinamica punta  
Asta = numero di asta impiegata

FON018

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

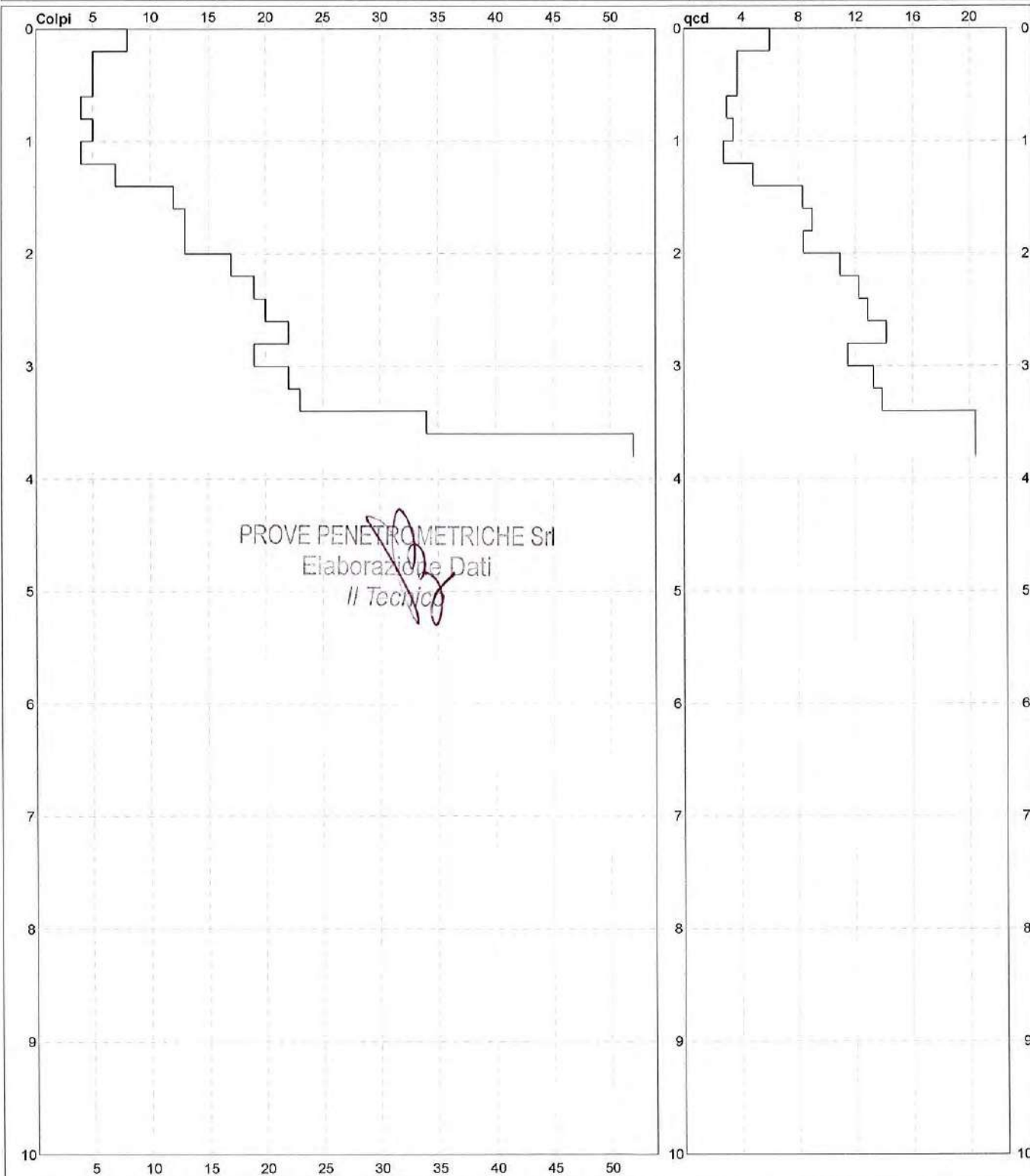


# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMI COLPI / RESISTENZA

DIN	6
riferimento	048-2017
certificato n°	R06998

Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia  
Cantiere: Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli  
Località: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35

U.M.: MPa      Data eseg.: 30/08/2017  
Scala: 1:50      Data certificato: 01/09/2017  
Pagina: 2/2      Quota ass.:  
Elaborato:      Falda: Assente



Penetrometro: DPSH (S. Heavy)  
Massa battente: 63,50 m  
Altezza caduta: 0,75 m  
Avanzamento: 0,20 m

Responsabile: Dott. Geol. Davide Gualdi  
Assistente:

Preforo: m  
Corr.astine: kN/ml  
Cod.ISTAT: 0

FON018

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

### VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Previo definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo  $(M+m)^{1/2}$

media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi Nspt della prova SPT :  $Nspt = \beta N$  [ove per il coefficiente  $\beta$  si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia  $\beta$  fornito dal programma] .

### VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica Rpd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$Rpd = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento  $\delta$  Rpd = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo =  $\delta/N$  P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$Rpd' = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove :  $Q = (M H) / (A \delta)$  = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (Nspt,Qspt),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$Rpd' = Q N = Qspt Nspt \Rightarrow Nspt = N [Q/Qspt] = \beta N ,$$

ove il rapporto  $\beta = Q/Qspt$  viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame , relativamente alla prova SPT ( $Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$  ) per  $M = 63.5 \text{ kg}$ ,  $H = 0.75 \text{ m}$ ,  $D = 50.8 \text{ mm}$ ,  $A = 20.27 \text{ cm}^2$ ,  $d = 0.30 \text{ m}$  ) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt ->  $\phi'$  ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

Nspt -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Nspt -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [p.specifico G = 2.70]

Rpd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )

( g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni : (Amax/g) ]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Iyisan 1996 )



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## SUDDIVISIONE GEOTECNICA

**DIN**
**1**

Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia  
 Cantiere: Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli  
 Località: Guiglia (MO), fraz. Roccamatatina, via Fosse Ardeatine n. 35

U.M.: MPa Data eseg.: 30/08/2017  
 Pagina: 1  
 Elaborato: Falda: Foro chiuso

### PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 0,40	Media	8	1,52	11	5,5	4,9	83	8,0	0,3	Coes/Gran	Limo
2	0,40 : 1,20	Media	24	1,52	36	16,6	15,6	145	20,7	0,8	Coes/Gran	Ghiaia
3	1,20 : 2,60	Media	14	1,52	22	9,3	8,7	144	13,9	0,5	Coes/Gran	Ghiaia
4	2,60 : 3,80	Media	17	1,52	26	10,4	9,2	164	16,0	0,5	Coes/Gran	Ghiaia
5	3,80 : 4,60	Media	22	1,52	33	12,2	11,0	197	19,3	0,6	Coes/Gran	Ghiaia
6	4,60 : 5,80	Media	29	1,52	44	15,3	13,7	215	24,3	0,8	Coes/Gran	Ghiaia
7	5,80 : 6,60	Media	22	1,52	33	10,9	9,8	212	19,3	0,5	Coes/Gran	Ghiaia
8	6,60 : 7,40	Media	16	1,52	24	7,6	6,8	188	15,0	0,4	Coes/Gran	Ghiaia
9	7,40 : 7,80	Media	43	1,52	65	20,2	18,2	248	33,1	1,0	Coes/Gran	Ghiaia

### NATURA COESIVA

### NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	$\phi$ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 0,40	11	67,62	1,91	32,11	0,87	4,90	37	30	27,05	1,94	1,51	19,21	---
2	0,40 : 1,20	36	220,50	2,10	20,20	0,55	10,00	71	38	45,96	2,08	1,74	42,04	---
3	1,20 : 2,60	22	135,24	2,04	23,28	0,63	7,15	53	34	35,38	2,00	1,61	30,28	---
4	2,60 : 3,80	26	159,74	2,09	20,60	0,56	7,94	59	35	38,42	2,03	1,65	33,61	---
5	3,80 : 4,60	33	201,88	2,10	20,20	0,55	9,41	68	37	43,71	2,07	1,71	39,49	---
6	4,60 : 5,80	44	269,50	2,10	20,20	0,55	11,56	79	40	51,94	2,12	1,80	48,71	---
7	5,80 : 6,60	33	201,88	2,10	20,20	0,55	9,41	68	37	43,71	2,07	1,71	39,49	---
8	6,60 : 7,40	24	147,00	2,07	21,91	0,59	7,55	56	34	36,85	2,01	1,63	31,95	---
9	7,40 : 7,80	65	397,88	2,10	20,20	0,55	15,78	91	43	67,82	2,18	1,90	66,25	---

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>	<b>DIN</b>	<b>2</b>

Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia	U.M.: MPa	Data esec.: 30/08/2017
Cantiere: Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli	Pagina: 1	
Località: Guiglia (MO), fraz. Roccamatina, via Fosse Ardeatine n. 35	Elaborato:	Falda: Assente

PARAMETRI GENERALI													
--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 0,20	Media	12	1,52	18	8,8	7,9	79	11,9	0,4	Coes/Gran	Limo
2	0,20 : 1,20	Media	25	1,52	38	17,9	16,5	143	21,6	0,9	Coes/Gran	Ghiaia
3	1,20 : 1,60	Media	40	1,52	61	27,1	24,4	177	31,6	1,4	Coes/Gran	Ghiaia
4	1,60 : 2,20	Media	35	1,52	53	22,4	21,1	183	28,1	1,1	Coes/Gran	Ghiaia
5	2,20 : 2,80	Media	51	1,52	78	32,2	28,9	206	38,4	1,6	Coes/Gran	Ghiaia

NATURA COESIVA								NATURA GRANULARE						
----------------	--	--	--	--	--	--	--	------------------	--	--	--	--	--	--

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	$\phi$ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 0,20	18	110,74	2,00	26,21	0,71	6,37	47	32	32,34	1,98	1,57	26,95	---
2	0,20 : 1,20	38	233,24	2,10	20,20	0,55	10,39	73	38	47,43	2,09	1,75	43,71	---
3	1,20 : 1,60	61	373,38	2,10	20,20	0,55	14,90	89	43	64,88	2,17	1,89	62,92	---
4	1,60 : 2,20	53	324,38	2,10	20,20	0,55	13,33	86	41	58,80	2,16	1,86	56,25	---
5	2,20 : 2,80	78	478,24	2,10	20,20	0,55	18,33	96	44	77,71	2,21	1,94	77,13	---

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>	<b>DIN</b>	<b>3</b>

Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia	U.M.: MPa	Data esec.: 30/08/2017
Cantiere: Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli	Pagina: 1	
Località: Guiglia (MO), fraz. Roccamatatina, via Fosse Ardeatine n. 35	Elaborato:	Falda: Assente

PARAMETRI GENERALI													
--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 0,20	Media	17	1,52	26	12,4	11,2	84	16,0	0,6	Coes/Gran	Limo
2	0,20 : 1,20	Media	22	1,52	33	15,7	14,5	139	19,3	0,8	Coes/Gran	Ghiaia
3	1,20 : 1,60	Media	33	1,52	49	22,0	19,8	170	26,5	1,1	Coes/Gran	Ghiaia
4	1,60 : 2,00	Media	51	1,52	77	32,9	30,8	193	38,0	1,6	Coes/Gran	Ghiaia

			NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE						
--	--	--	----------------	--	--	--	--	--	------------------	--	--	--	--	--	--

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	$\phi$ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 0,20	26	159,74	2,09	20,60	0,56	7,94	59	35	38,42	2,03	1,65	33,61	---
2	0,20 : 1,20	33	201,88	2,10	20,20	0,55	9,41	68	37	43,71	2,07	1,71	39,49	---
3	1,20 : 1,60	49	299,88	2,10	20,20	0,55	12,54	84	41	55,76	2,15	1,84	52,82	---
4	1,60 : 2,00	77	471,38	2,10	20,20	0,55	18,13	95	44	76,93	2,21	1,94	76,24	---



<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>	<b>DIN</b>	<b>4</b>

Committente: <b>Amministrazione Comunale di Guiglia</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data exec.: <b>30/08/2017</b>
Cantiere: <b>Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>Guiglia (MO), fraz. Roccamatina, via Fosse Ardeatine n. 35</b>	Elaborato:	Falda: <b>Foro chiuso</b>

PARAMETRI GENERALI													
--------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	β -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 0,40	Media	11	1,52	16	7,7	6,9	88	10,8	0,4	Coes/Gran	Limo
2	0,40 : 1,00	Media	22	1,52	33	15,4	14,2	139	19,3	0,8	Coes/Gran	Ghiaia
3	1,00 : 1,60	Media	27	1,52	41	18,3	16,4	163	22,9	0,9	Coes/Gran	Ghiaia
4	1,60 : 1,80	Media	18	1,52	27	12,2	11,0	160	16,5	0,6	Coes/Gran	Ghiaia
5	1,80 : 2,20	Media	53	1,52	80	33,1	29,8	199	39,2	1,7	Coes/Gran	Ghiaia

NATURA COESIVA								NATURA GRANULARE						
----------------	--	--	--	--	--	--	--	------------------	--	--	--	--	--	--

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	φ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 0,40	16	98,00	1,97	27,79	0,75	5,98	44	32	30,87	1,97	1,55	24,70	---
2	0,40 : 1,00	33	201,88	2,10	20,20	0,55	9,41	68	37	43,71	2,07	1,71	39,49	---
3	1,00 : 1,60	41	250,88	2,10	20,20	0,55	10,98	76	39	49,69	2,10	1,77	46,18	---
4	1,60 : 1,80	27	165,62	2,10	20,20	0,55	8,13	61	35	39,10	2,03	1,66	34,50	---
5	1,80 : 2,20	80	490,00	2,10	20,20	0,55	18,72	96	45	79,18	2,21	1,95	78,79	---

<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA</b> <b>SUDDIVISIONE GEOTECNICA</b>	<b>DIN</b>	<b>5</b>

Committente: <b>Amministrazione Comunale di Guiglia</b>	U.M.: <b>MPa</b>	Data esec.: <b>30/08/2017</b>
Cantiere: <b>Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli</b>	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>Guiglia (MO), fraz. Roccamatina, via Fosse Ardeatine n. 35</b>	Elaborato:	Falda: <b>Assente</b>

PARAMETRI GENERALI													
n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione	
1	0,00 : 1,40	Media	7	1,52	10	4,7	4,4	104	7,4	0,2	Coes/Gran	Limo	
2	1,40 : 1,80	Media	11	1,52	16	7,1	6,4	132	10,8	0,4	Coes/Gran	Limo	
3	1,80 : 3,00	Media	29	1,52	45	18,3	16,7	186	24,7	0,9	Coes/Gran	Ghiaia	
4	3,00 : 5,20	Media	22	1,52	34	12,6	11,2	197	19,8	0,6	Coes/Gran	Ghiaia	
5	5,20 : 5,80	Media	47	1,52	71	24,6	22,1	236	35,6	1,2	Coes/Gran	Ghiaia	

			NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE						
n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	ø °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 1,40	10	61,74	1,90	33,04	0,89	4,61	35	30	26,26	1,93	1,50	18,03	---
2	1,40 : 1,80	16	98,00	1,97	27,79	0,75	5,98	44	32	30,87	1,97	1,55	24,70	---
3	1,80 : 3,00	45	275,38	2,10	20,20	0,55	11,76	80	40	52,72	2,13	1,81	49,49	---
4	3,00 : 5,20	34	208,74	2,10	20,20	0,55	9,60	69	37	44,39	2,07	1,72	40,28	---
5	5,20 : 5,80	71	435,12	2,10	20,20	0,55	16,95	93	44	72,42	2,19	1,92	71,25	---

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

## SUDDIVISIONE GEOTECNICA

**DIN**
**6**

Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia  
 Cantiere: Nuovo Istituto Comprensivo Raimondo Montecuccoli  
 Località: Guiglia (MO), fraz. Roccamalatina, via Fosse Ardeatine n. 35

U.M.: MPa Data esec.: 30/08/2017  
 Pagina: 1  
 Elaborato: Falda: Assente

### PARAMETRI GENERALI

n°	profondità m	statistica	VCA colpi	$\beta$ -	Nspt colpi	rp MPa	qc MPa	Vs m/sec	G MPa	Q MPa	natura	descrizione
1	0,00 : 1,40	Media	5	1,52	8	3,8	3,6	100	6,2	0,2	Coes/Gran	Limo
2	1,40 : 2,00	Media	13	1,52	19	8,4	7,7	137	12,4	0,4	Coes/Gran	Ghiaia
3	2,00 : 3,40	Media	20	1,52	31	12,4	11,5	179	18,3	0,6	Coes/Gran	Ghiaia
4	3,40 : 3,80	Media	45	1,52	68	26,3	23,6	216	34,4	1,3	Coes/Gran	Ghiaia

### NATURA COESIVA

### NATURA GRANULARE

n°	profondità m	Nspt colpi	Cu kPa	Ysat t/m³	W %	e -	Mo MPa	Dr %	$\phi$ °	E' MPa	Ysat t/m³	Yd t/m³	Mo MPa	Liq. -
1	0,00 : 1,40	8	49,00	1,87	34,98	0,94	4,02	28	29	24,79	1,91	1,46	15,78	---
2	1,40 : 2,00	19	116,62	2,01	25,45	0,69	6,57	49	33	33,12	1,98	1,58	27,83	---
3	2,00 : 3,40	31	190,12	2,10	20,20	0,55	9,02	66	36	42,14	2,06	1,70	37,83	---
4	3,40 : 3,80	68	416,50	2,10	20,20	0,55	16,37	92	44	70,17	2,19	1,91	68,70	---



PROVE PENETROMETRICHE  
2011

## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH (S. Heavy)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

## CARATTERISTICHE TECNICHE : **DPSH (S. Heavy)**

MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
MASSA SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 0,0020 m <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
MASSA ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1° ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO

RENDIMENTO SPECIFICO x COLPOQ	= (MH)/(A $\delta$ ) = 1,17 MPa	( prova SPT : Qspt = 0,77 MPa )
COEFF. TEORICO RENDIMENTO $\beta_t$	= Q/Qspt = 1,521	( teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = massa battente (altezza caduta H)  
P = massa totale aste e sistema battuta

### UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm <sup>2</sup> = 0.098067 MPa $\approx$ 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m <sup>2</sup> = 10.197 kg/cm <sup>2</sup>
1 bar = 1.0197 kg/cm <sup>2</sup> = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina, Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Davide Gualdi

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 21/02/2011  
- pagina n°: 2/4

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0.00 - 0.20	1	0.7	1	0.80 - 1.00	10	6.8	2
0.20 - 0.40	1	0.7	1	1.00 - 1.20	40	27.1	2
0.40 - 0.60	2	1.5	1	1.20 - 1.40	60	40.6	2
0.60 - 0.80	3	2.2	1				

PROVE PENETROMETRICHE  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**  
- M (massa battente)= **63.50 kg** - H (altezza caduta)= **0.75 m** - A (area punta)= **0.0020 m<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50.50 mm**  
- Numero Colpi Punta N = **N(20)** [  $\delta = 20$  cm ] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

Scala 1: 50

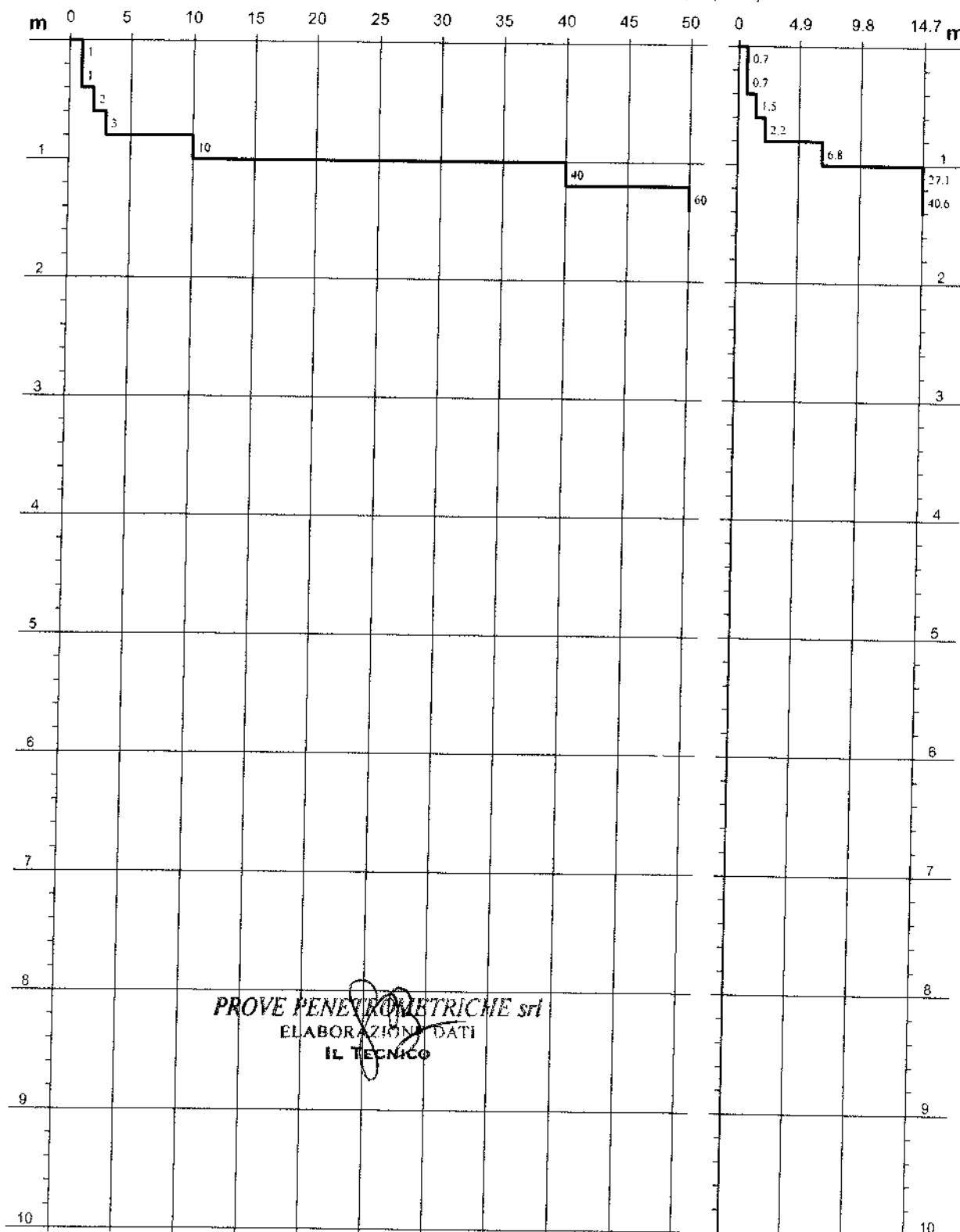
- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina, Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Davide Gualdi

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 21/02/2011  
- pagina n°: 3/4

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0.20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina, Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Davide Gualdi

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 21/02/2011  
- pagina n°: 4/4

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0.00 0.40	N	1.0	1	1	1.0	---	---	---	1	1.52	2
		Rpd	0.73	0.73	0.73	0.73	---	---	---	7		
2	0.40 0.80	N	0.25	0.20	0.29	0.23	---	---	---	2	1.52	3
		Rpd	1.82	1.46	2.19	1.65	---	---	---	15		
3	0.80 1.00	N	0.98	0.98	0.98	0.98	---	---	---	10	1.52	15
		Rpd	6.76	6.76	6.76	6.76	---	---	---	69		
4	1.00 1.40	N	4.90	3.92	5.88	4.41	---	---	---	50	1.52	76
		Rpd	33.83	27.07	40.60	30.45	---	---	---	345		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (MPa)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

		NATURA GRANULARE								NATURA COESIVA					
n°	H	Nspt	Vs	G	Dr	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0.00 0.40	2	57	2.16	7	26	20.19	1.85	1.36	12.74	1.75	46.9	1.267	36.26	
2	0.40 0.80	3	75	2.94	11	27	20.97	1.86	1.38	18.62	1.78	44.2	1.194	73.50	
3	0.80 1.00	15	107	9.60	42	31	29.99	1.96	1.54	92.12	1.96	28.6	0.773	338.10	
4	1.00 1.40	76	150	31.85	94	44	76.15	2.21	1.94	465.50	2.70	---	0.0011	891.48	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (MPa) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kPa) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (MPa) = Modulo di taglio dinamico Q (kPa) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina, Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Davide Gualdi

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 21/02/2011  
- pagina n°: 2/4

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0.00 - 0.20	1	0.7	1	3.20 - 3.40	4	2.4	4
0.20 - 0.40	2	1.5	1	3.40 - 3.60	5	3.0	4
0.40 - 0.60	2	1.5	1	3.60 - 3.80	4	2.4	4
0.60 - 0.80	3	2.2	1	3.80 - 4.00	7	3.9	5
0.80 - 1.00	4	2.7	2	4.00 - 4.20	30	16.7	5
1.00 - 1.20	4	2.7	2	4.20 - 4.40	35	19.4	5
1.20 - 1.40	4	2.7	2	4.40 - 4.60	20	11.1	5
1.40 - 1.60	3	2.0	2	4.60 - 4.80	9	5.0	5
1.60 - 1.80	4	2.7	2	4.80 - 5.00	7	3.7	6
1.80 - 2.00	4	2.5	3	5.00 - 5.20	8	4.2	6
2.00 - 2.20	3	1.9	3	5.20 - 5.40	9	4.7	6
2.20 - 2.40	3	1.9	3	5.40 - 5.60	13	6.8	6
2.40 - 2.60	5	3.2	3	5.60 - 5.80	9	4.7	6
2.60 - 2.80	5	3.2	3	5.80 - 6.00	8	4.0	7
2.80 - 3.00	4	2.4	4	6.00 - 6.20	15	7.4	7
3.00 - 3.20	3	1.8	4	6.20 - 6.40	22	10.9	7

PROVE PENETROMETRICHE  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63.50 kg** - H (altezza caduta)= **0.75 m** - A (area punta)= **0.0020 m²** - D(diam. punta)= **50.50 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

Scala 1: 50

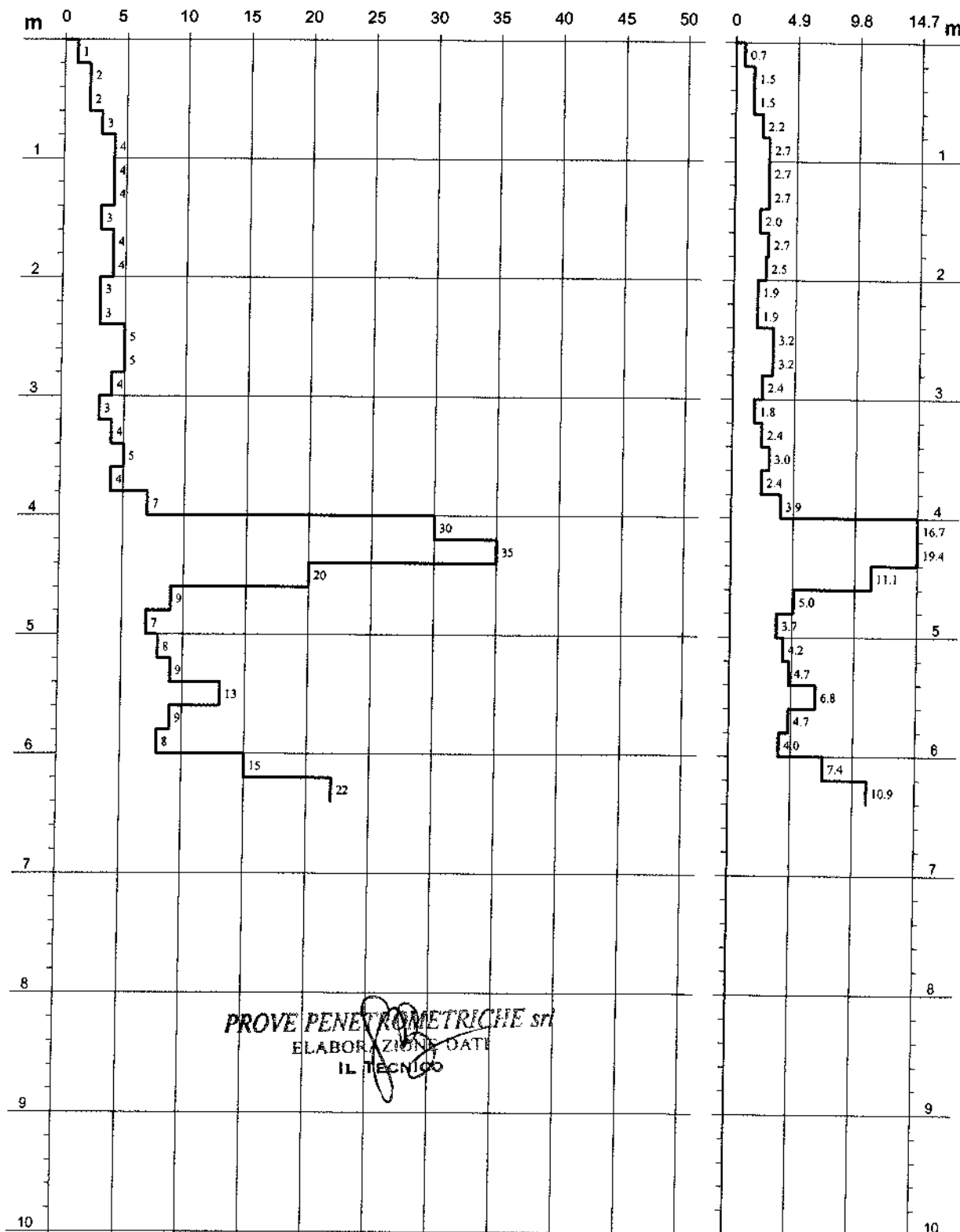
- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina, Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Davide Gualdi

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 21/02/2011  
- pagina n°: 3/4

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0.20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina, Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Davide Gualdi

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 21/02/2011  
- pagina n°: 4/4

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0.00	0.60	N	1.7	1	2	1.3	---	---	---	2	1.52	3
			Rpd	1.22	0.73	1.46	0.97	---	---	---	15		
2	0.60	4.00	N	0.40	0.29	0.69	0.34	0.10	0.29	0.50	4	1.52	6
			Rpd	2.55	1.77	3.88	2.16	0.55	2.01	3.10	25		
3	4.00	4.60	N	2.77	1.96	3.43	2.37	---	---	---	28	1.52	43
			Rpd	15.73	1.10	19.42	13.42	---	---	---	159		
4	4.60	5.40	N	0.81	0.69	0.88	0.74	---	---	---	8	1.52	12
			Rpd	4.39	3.67	5.00	4.03	---	---	---	43		
5	5.40	5.60	N	1.27	1.27	1.27	1.27	---	---	---	13	1.52	20
			Rpd	6.81	6.81	6.81	6.81	---	---	---	70		
6	5.60	6.00	N	0.83	0.78	0.88	0.81	---	---	---	8	1.52	12
			Rpd	4.34	3.97	4.71	4.16	---	---	---	42		
7	6.00	6.40	N	1.81	1.47	2.16	1.65	---	---	---	18	1.52	27
			Rpd	9.17	7.44	10.91	8.30	---	---	---	91		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (MPa)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_1 = 1.52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

		NATURA GRANULARE								NATURA COESIVA					
n°	H	Nspt	Vs	G	Dr	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0.00 0.60	3	66	2.94	11	27	20.97	1.86	1.38	18.62	1.78	44.2	1.194	71.54	
2	0.60 4.00	6	110	4.90	21	28	23.23	1.89	1.43	37.24	1.85	37.0	1.000	124.46	
3	4.00 4.60	43	174	20.87	78	39	51.16	2.11	1.79	263.62	2.30	11.5	0.309	778.12	
4	4.60 5.40	12	143	8.13	38	30	27.73	1.94	1.52	73.50	1.92	31.2	0.842	211.68	
5	5.40 5.60	20	160	11.86	50	33	33.81	1.99	1.59	22.50	2.02	24.7	0.667	341.04	
6	5.60 6.00	12	148	8.13	38	30	27.73	1.94	1.52	73.50	1.92	31.2	0.842	204.82	
7	6.00 6.40	27	172	14.80	60	35	39.10	2.03	1.66	65.62	2.10	20.0	0.539	446.88	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (MPa) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kPa) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (MPa) = Modulo di taglio dinamico Q (kPa) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina, Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Davide Gualdi

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 21/02/2011  
- pagina n°: 2/4

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0.00 - 0.20	1	0.7	1	1.60 - 1.80	3	2.0	2
0.20 - 0.40	1	0.7	1	1.80 - 2.00	2	1.3	3
0.40 - 0.60	1	0.7	1	2.00 - 2.20	7	4.4	3
0.60 - 0.80	2	1.5	1	2.20 - 2.40	15	9.5	3
0.80 - 1.00	1	0.7	2	2.40 - 2.60	14	8.8	3
1.00 - 1.20	1	0.7	2	2.60 - 2.80	21	13.2	3
1.20 - 1.40	3	2.0	2	2.80 - 3.00	48	28.3	4
1.40 - 1.60	2	1.4	2	3.00 - 3.20	60	35.4	4

PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63.50 kg** - H (altezza caduta)= **0.75 m** - A (area punta)= **0.0020 m²** - D(diam. punta)= **50.50 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta$  = 20 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 3**

Scala 1: 50

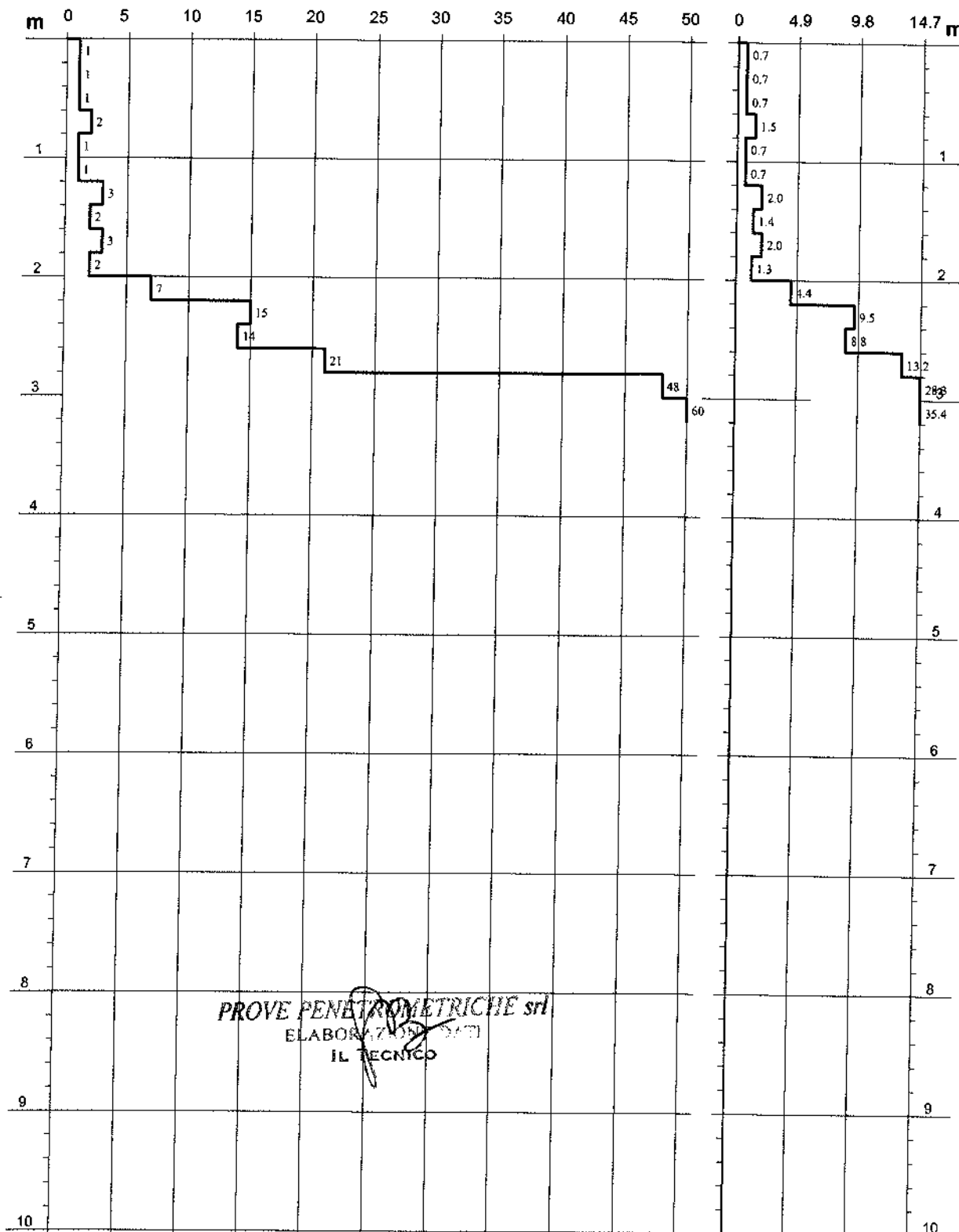
- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina, Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Davide Gualdi

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 21/02/2011  
- pagina n°: 3/4

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0.20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina, Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Davide Gualdi

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 21/02/2011  
- pagina n°: 4/4

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0.00 1.20	N	1.2	1	2	1.1	0.4	0.8	1.6	1	1.52	2
		Rpd	0.83	0.68	1.46	0.75	0.30	0.53	1.14	7		
2	1.20 2.00	N	0.25	0.20	0.29	0.23	---	---	---	2	1.52	3
		Rpd	1.67	1.26	2.03	1.46	---	---	---	14		
3	2.00 2.80	N	1.40	0.69	2.06	1.04	---	---	---	14	1.52	21
		Rpd	8.99	4.41	13.24	6.70	---	---	---	90		
4	2.80 3.20	N	5.29	4.70	5.88	5.00	---	---	---	54	1.52	82
		Rpd	31.88	28.34	35.43	30.11	---	---	---	325		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (MPa)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1.52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

n°	H	NATURA GRANULARE								NATURA COESIVA				Q Litologia	
		Nspt	Vs	G	Dr	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e		
1	0.00 1.20	2	70	2.16	7	26	20.19	1.85	1.36	12.74	1.75	46.9	1.267	35.28	
2	1.20 2.00	3	91	2.94	11	27	20.97	1.86	1.38	18.62	1.78	44.2	1.194	66.64	
3	2.00 2.80	21	137	12.35	51	33	34.59	2.00	1.60	28.38	2.03	24.0	0.648	440.02	
4	2.80 3.20	82	181	33.71	97	44	80.65	2.22	1.96	502.74	2.77	-1.5	-0.0401	594.46	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (MPa) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kPa) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (MPa) = Modulo di taglio dinamico Q (kPa) = [Rpd/Chi] [ $15 > Chi > 20$ ] capacità portante Sanglerat 1972



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina Guiglia  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 12/03/2011  
- pagina n°: 1/3

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	2	1,5	1	1,40 - 1,60	17	11,5	2
0,20 - 0,40	2	1,5	1	1,60 - 1,80	13	8,8	2
0,40 - 0,60	2	1,5	1	1,80 - 2,00	11	6,9	3
0,60 - 0,80	2	1,5	1	2,00 - 2,20	18	11,4	3
0,80 - 1,00	6	4,1	2	2,20 - 2,40	28	17,7	3
1,00 - 1,20	11	7,4	2	2,40 - 2,60	37	23,3	3
1,20 - 1,40	13	8,8	2				

PROVE PENETROMETRICHE srl  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**  
- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **0,0020 m²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**  
- Numero Colpi Punta N = **N(20)** [  $\delta = 20$  cm ] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 4

Scala 1: 50

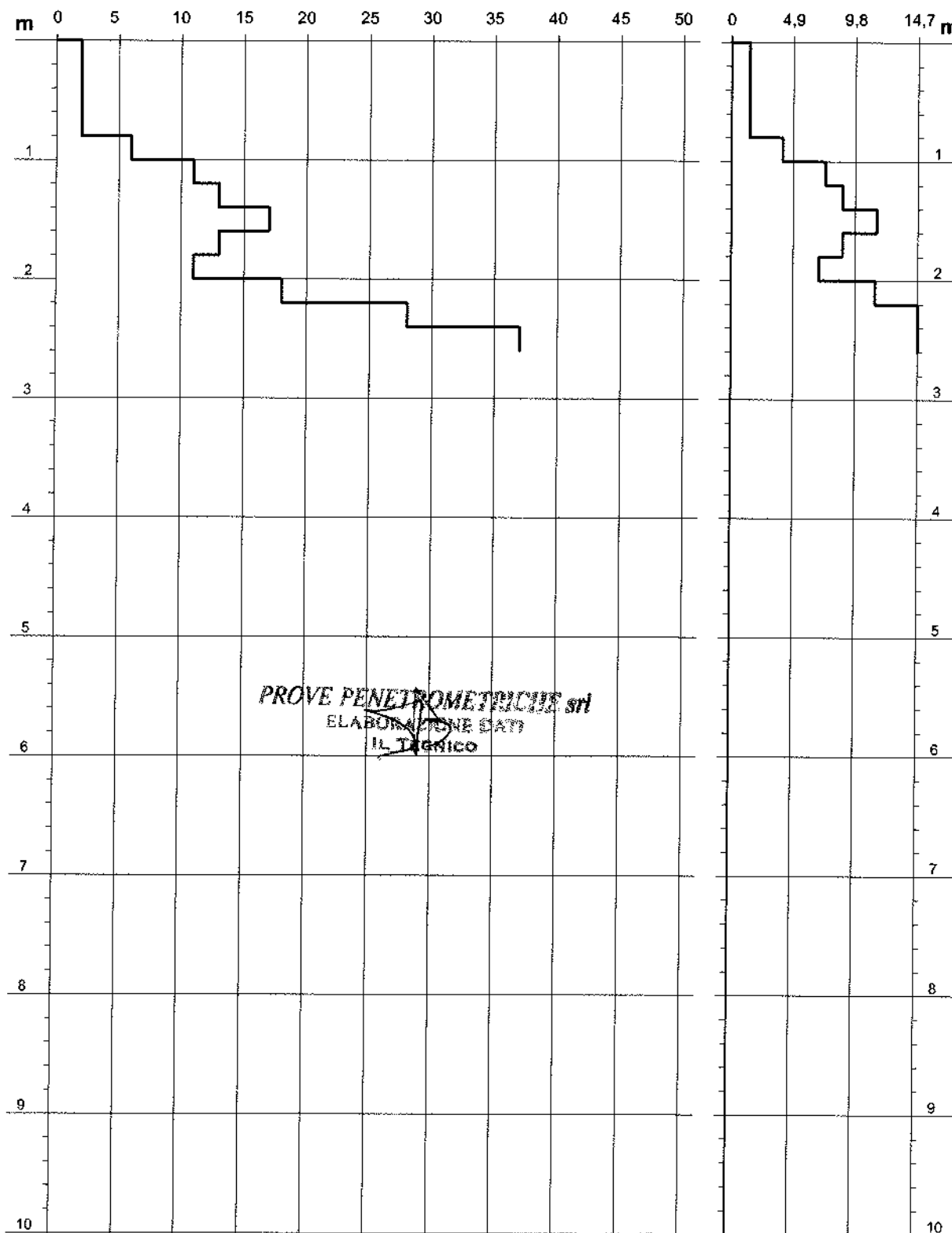
- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina Guiglia  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 12/03/2011  
- pagina n°: 2/3

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)





## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Ampliamento scuola elementare  
- località : Rocca Malatina Guiglia  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 18/02/2011  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 12/03/2011  
- pagina n°: 3/3

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,80	N	2,0	2	2	2,0	---	---	---	2	1,52	3
		Rpd	1,46	1,46	1,46	1,46	---	---	---	15		
2	0,80 2,00	N	1,16	0,59	1,67	0,87	---	---	1,51	12	1,52	18
		Rpd	7,92	4,06	11,51	5,99	2,47	5,46	10,39	82		
3	2,00 2,60	N	2,71	1,76	3,63	2,23	---	---	---	28	1,52	43
		Rpd	17,44	11,35	23,33	14,40	---	---	---	180		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm ) Rpd: resistenza dinamica alla punta (MPa)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta^t = 1,52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 4

						NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					
n°	H		Nspt	Vs	G	Dr	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0,00	0,80	3	69	2,94	11	27	20,97	1,86	1,38	18,62	1,78	44,2	1,194	73,50	
2	0,80	2,00	18	120	10,98	47	32	32,34	1,98	1,57	110,74	2,00	26,2	0,708	402,78	
3	2,00	2,60	43	154	20,87	78	39	51,16	2,11	1,79	263,62	2,30	11,5	0,309	882,00	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm )

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (MPa) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kPa) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (MPa) = Modulo di taglio dinamico Q (kPa) =  $[Rpd/Chi]$   $[15 \leq Chi \leq 20]$  capacità portante Sanglerat 1972

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1-2

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Realizzazione refettorio  
- località : via Ronzone, Roccamalatina - Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 31/03/2011  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 01/04/2011  
- pagina n°: 2/3

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	1	0,7	1	1,60 - 1,80	3	2,0	2
0,20 - 0,40	1	0,7	1	1,80 - 2,00	18	11,4	3
0,40 - 0,60	2	1,5	1	2,00 - 2,20	14	8,8	3
0,60 - 0,80	4	2,9	1	2,20 - 2,40	15	9,5	3
0,80 - 1,00	2	1,4	2	2,40 - 2,60	15	9,5	3
1,00 - 1,20	1	0,7	2	2,60 - 2,80	16	10,1	3
1,20 - 1,40	1	0,7	2	2,80 - 3,00	15	8,9	4
1,40 - 1,60	1	0,7	2	3,00 - 3,20	15	8,9	4

**PROVE PENETROMETRICHE srl**  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **0,0020 m²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [  $\delta = 20$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1-2

Scala 1: 50

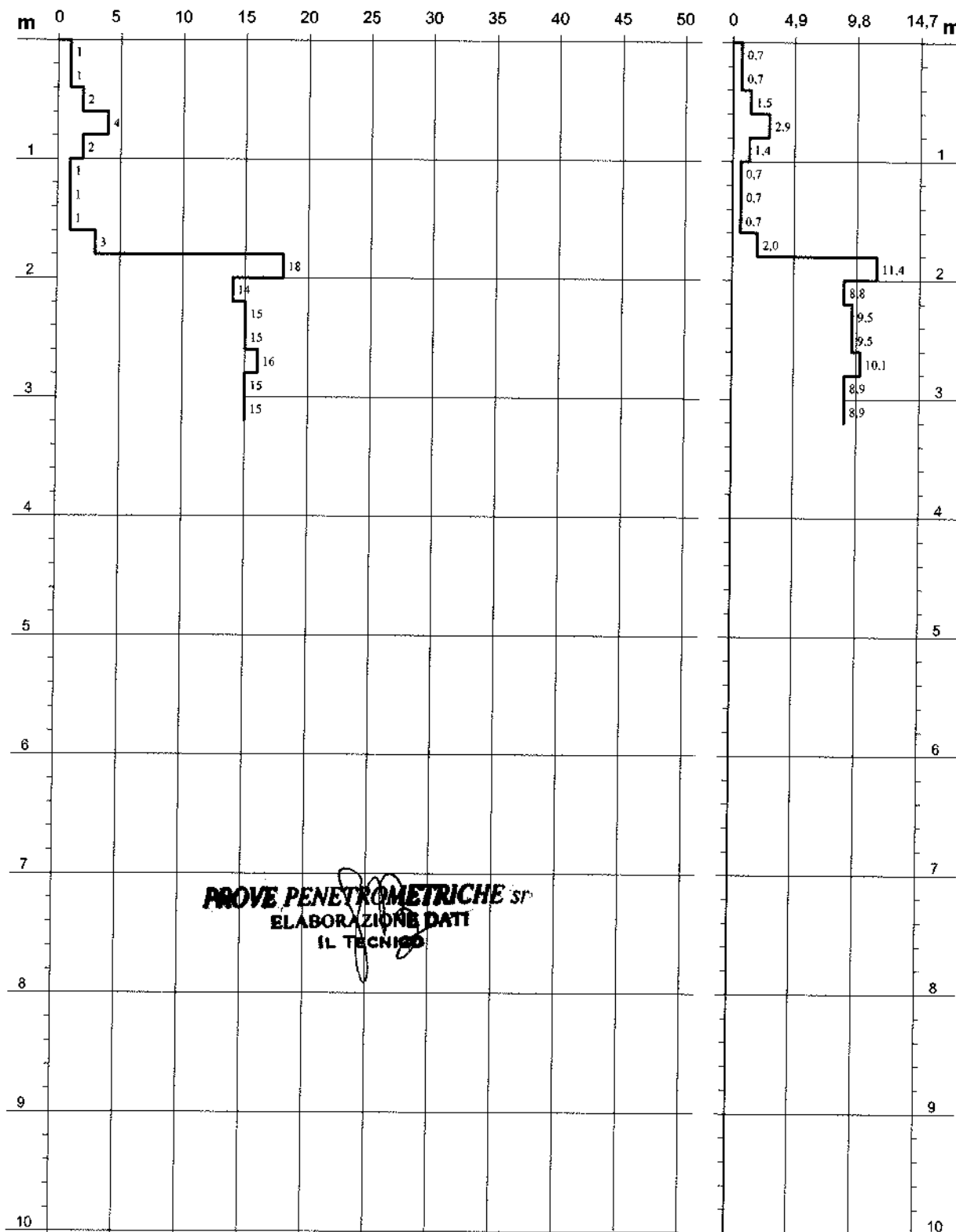
- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Realizzazione refettorio  
- località : via Ronzone, Roccamalatina - Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 31/03/2011  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 01/04/2011  
- pagina n°: 3/3

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



**PROVE PENETROMETRICHE SP**  
**ELABORAZIONE DATI**  
**IL TECNICO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1-2

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Realizzazione refettorio  
- località : via Ronzone, Roccamalatina - Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 31/03/2011  
- quota inizio : Piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 01/04/2011  
- pagina n° : 1/1

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,40	N	1,0	1	1	1,0	---	---	---	1	1,52	2
		Rpd	0,73	0,73	0,73	0,73	---	---	---	7		
2	0,40 1,00	N	0,26	0,20	0,39	0,23	---	---	---	3	1,52	5
		Rpd	1,91	1,35	2,92	1,64	---	---	---	22		
3	1,00 1,60	N	0,10	0,10	0,10	0,10	---	---	---	1	1,52	2
		Rpd	0,68	0,68	0,68	0,68	---	---	---	7		
4	1,60 1,80	N	0,29	0,29	0,29	0,29	---	---	---	3	1,52	5
		Rpd	2,03	2,03	2,03	2,03	---	---	---	21		
5	1,80 3,20	N	1,51	1,37	1,76	1,44	---	1,39	1,64	15	1,52	23
		Rpd	9,56	8,83	11,35	9,19	---	8,64	10,48	95		

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (MPa)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1-2

						NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					
n°	H		Nspt	Vs	G	Dr	σ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0,00	0,40	2	57	2,16	7	26	20,19	1,85	1,36	12,74	1,75	46,9	1,267	36,26	
2	0,40	1,00	5	84	4,21	18	28	22,44	1,88	1,41	30,38	1,83	39,3	1,061	106,82	
3	1,00	1,60	2	81	2,16	7	26	20,19	1,85	1,36	12,74	1,75	46,9	1,267	34,30	
4	1,60	1,80	5	100	4,21	18	28	22,44	1,88	1,41	30,38	1,83	39,3	1,061	101,92	
5	1,80	3,20	23	140	13,13	54	33	36,06	2,01	1,62	41,12	2,06	22,6	0,610	465,50	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\sigma'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (MPa) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kPa) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio    G (MPa) = Modulo di taglio dinamico    Q (kPa) = [Rpd/Chi] [15<Chi<20] capacità portante Sanglerat 1972



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2-2

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Realizzazione refettorio  
- località : via Ronzone, Roccamalatina - Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 31/03/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 01/04/2011  
- pagina n°: 2/3

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	2	1,5	1	1,20 - 1,40	13	8,8	2
0,20 - 0,40	6	4,4	1	1,40 - 1,60	13	8,8	2
0,40 - 0,60	14	10,2	1	1,60 - 1,80	13	8,8	2
0,60 - 0,80	20	14,6	1	1,80 - 2,00	11	6,9	3
0,80 - 1,00	20	13,5	2	2,00 - 2,20	11	6,9	3
1,00 - 1,20	19	12,9	2				

**PROVE PENETROMETRICHE srl**  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**  
- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **0,0020 m<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **50,50 mm**  
- Numero Colpi Punta **N = N(20)** [  $\delta = 20$  cm ] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2-2

Scala 1: 50

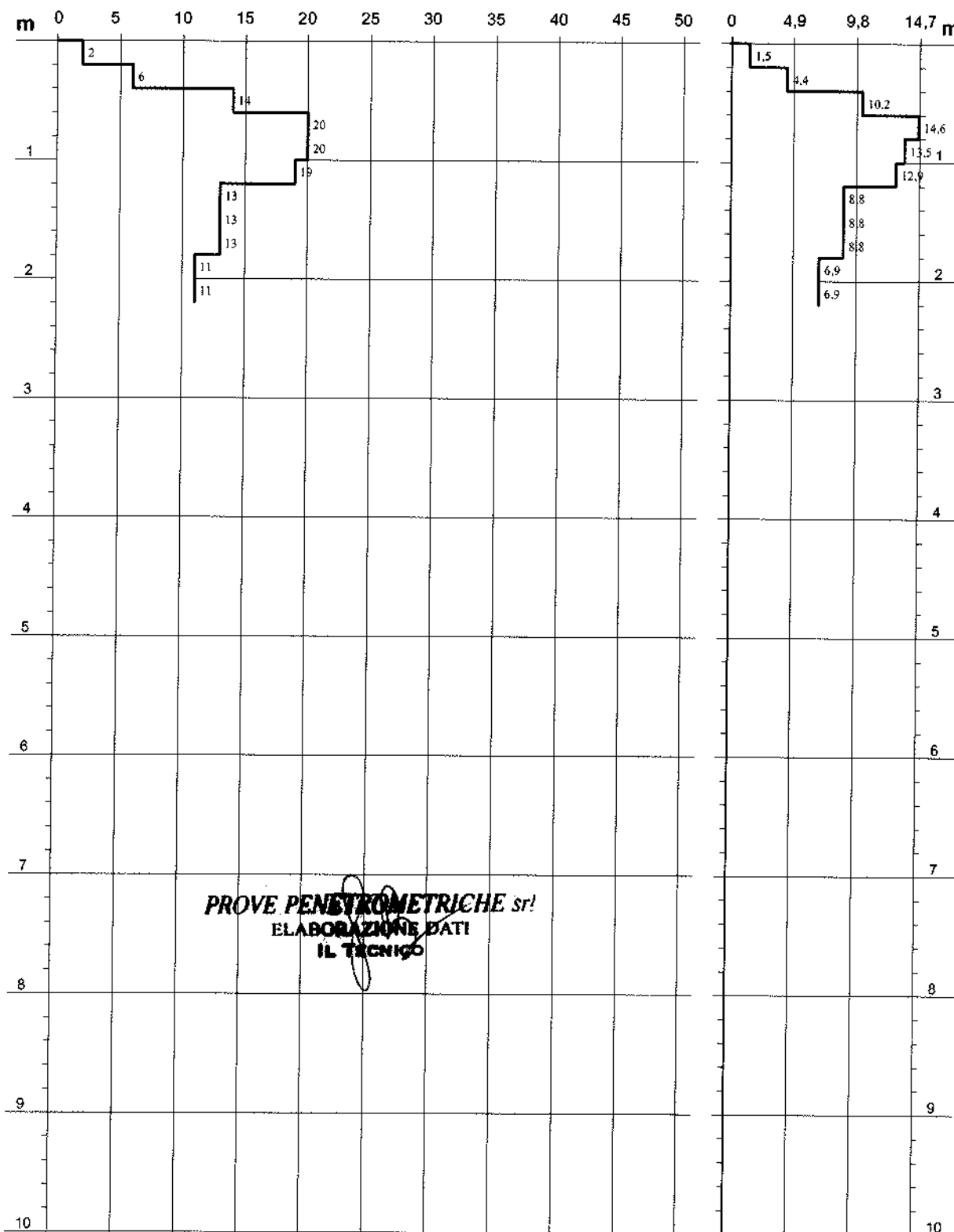
- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Realizzazione refettorio  
- località : via Ronzone, Roccamalatina - Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 31/03/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 01/04/2011  
- pagina n°: 3/3

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



PROVE PENETROMETRICHE sr!  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2-2

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Realizzazione refettorio  
- località : via Ronzone, Roccamalatina - Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 31/03/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 01/04/2011  
- pagina n°: 1/1

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,40	N	4,0	2	6	3,0	---	---	---	4	1,52	6
		Rpd	2,92	1,46	4,38	2,19	---	---	---	30		
2	0,40 1,20	N	1,79	1,37	1,96	1,58	---	---	---	18	1,52	27
		Rpd	12,80	10,22	14,60	11,52	---	---	---	129		
3	1,20 2,20	N	1,20	1,08	1,27	1,14	---	---	---	12	1,52	18
		Rpd	8,06	6,94	8,80	7,50	---	---	---	81		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (MPa)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 1,52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2-2

n°	H	Nspt	Vs	G	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA				Q	Litologia
					Dr	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e		
1	0,00 0,40	6	68	4,90	21	28	23,23	1,89	1,43	37,24	1,85	37,0	1,000	146,02	
2	0,40 1,20	27	116	14,80	60	35	39,10	2,03	1,66	65,62	2,10	20,0	0,539	630,14	
3	1,20 2,20	18	125	10,98	47	32	32,34	1,98	1,57	110,74	2,00	26,2	0,708	396,90	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (MPa) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kPa) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (MPa) = Modulo di taglio dinamico Q (kPa) = [Rpd/Chi] [15<Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3-2

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Realizzazione refettorio  
- località : via Ronzone, Roccamalatina - Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 31/03/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 01/04/2011  
- pagina n°: 2/3

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(MPa)	asta
0,00 - 0,20	1	0,7	1	1,20 - 1,40	17	11,5	2
0,20 - 0,40	3	2,2	1	1,40 - 1,60	16	10,8	2
0,40 - 0,60	1	0,7	1	1,60 - 1,80	19	12,9	2
0,60 - 0,80	6	4,4	1	1,80 - 2,00	21	13,2	3
0,80 - 1,00	13	8,8	2	2,00 - 2,20	18	11,4	3
1,00 - 1,20	20	13,5	2				

**PROVE PENETROMETRICHE srl**  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH (S. Heavy)**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **0,0020 m²** - D(diam. punta)= **50,50 mm**

- Numero Colpi Punta **N = N(20)** [  $\delta = 20$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3-2

Scala 1: 50

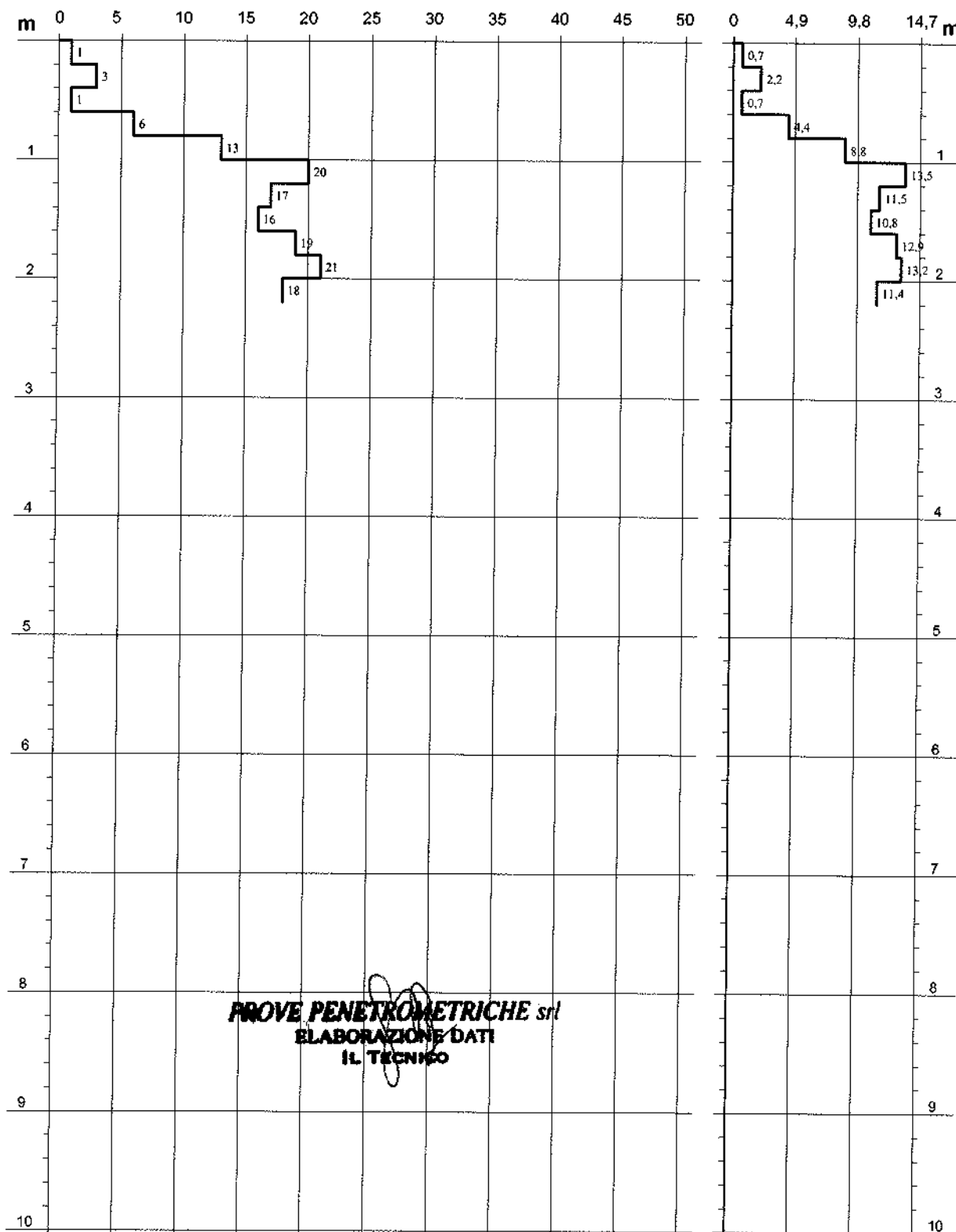
- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Realizzazione refettorio  
- località : via Ronzone, Roccamalatina - Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 31/03/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 01/04/2011  
- pagina n°: 3/3

- note :

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 0,20$  m

Rpd (MPa)



**PROVE PENETROMETRICHE srl**  
ELABORAZIONE DATI  
IL TECNICO



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3-2

- committente : Amm. Comunale di Guiglia  
- lavoro : Realizzazione refettorio  
- località : via Ronzone, Roccamalatina - Guiglia (MO)  
- sperimentatore : Dott. Geol. Francesco Dettori

- data prova : 31/03/2011  
- quota inizio : piano campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 01/04/2011  
- pagina n°: 1/1

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,60	N	1,7	1	3	1,3	---	---	---	2	1,52	3
		Rpd	1,22	0,73	2,19	0,97	---	---	---	15		
2	0,60 0,80	N	0,59	0,59	0,59	0,59	---	---	---	6	1,52	9
		Rpd	4,38	4,38	4,38	4,38	---	---	---	45		
3	0,80 1,20	N	1,62	1,27	1,96	1,45	---	---	---	16	1,52	24
		Rpd	11,16	8,80	13,53	9,98	---	---	---	110		
4	1,20 1,60	N	1,62	1,57	1,67	1,60	---	---	---	16	1,52	24
		Rpd	11,16	10,83	11,51	11,00	---	---	---	110		
5	1,60 2,20	N	1,89	1,76	2,06	1,83	---	---	---	19	1,52	29
		Rpd	12,49	11,35	13,24	11,92	---	---	---	125		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 20$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (MPa)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta = 1,52$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3-2

						NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					
n°	H		Nspt	Vs	G	Dr	ø'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e	Q	Litologia
1	0,00	0,60	3	66	2,94	11	27	20,97	1,86	1,38	18,62	1,78	44,2	1,194	71,54	
2	0,60	0,80	9	93	6,57	31	29	25,48	1,92	1,48	54,88	1,89	34,0	0,918	219,52	
3	0,80	1,20	24	119	13,62	56	34	36,85	2,01	1,63	147,00	2,07	21,9	0,591	540,96	
4	1,20	1,60	24	127	13,62	56	34	36,85	2,01	1,63	147,00	2,07	21,9	0,591	540,96	
5	1,60	2,20	29	139	15,58	63	35	40,57	2,05	1,68	177,38	2,13	18,7	0,506	614,46	

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (MPa) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti Cu (kPa) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno  
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (MPa) = Modulo di taglio dinamico Q (kPa) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

ALLEGATO 4  
INDAGINI GEOFISICHE



Il sismografo GEOBOX è uno strumento ad alte prestazioni in grado di acquisire il segnale sismico per misure SISMOLOGICHE, GEOFISICHE particolarmente adatto all'esecuzione di prove HVSR (Nakamura).

Lo strumento è caratterizzato da una estrema semplicità d'uso, bassissimi consumi, robustezza ed affidabilità.

Può incorporare una vasta gamma di sensori sia accelerometrici che velocimetrici con frequenza propria da 4.5 a 0.1 Hz.

## Semplicità

Il sismografo GEOBOX è finalizzato alla rilevazione di vibrazioni naturali e artificiali, dal rumore di fondo ai forti terremoti; compatto, affidabile e semplice nel suo utilizzo in pochi minuti si configura ed è operativo.

## Flessibilità

Il GeoBox è modulare quindi potete averlo nella configurazione che più si addice alle vostre esigenze di lavoro: con o senza GPS, nella versione base con sensori velocimetrici da 4.5Hz di frequenza propria fino a sensori a banda estesa a 0.1Hz. La modularità del GeoBox salvaguarda l'ambiente e il vostro investimento in quanto facilita futuri aggiornamenti, ad esempio dei sensori, qualora nuove esigenze di lavoro lo richiedano. Tutti gli aggiornamenti software dello strumento sono sempre gratuiti.

## Energia

I consumi, minimi, fanno sì che il GeoBox possa lavorare per molte ore senza necessità di essere ricaricato.

## Sincronizzazione

Il GeoBox può essere dotato, su richiesta, di ricevitore GPS, per la sincronizzazione continua e affidabile con l'orario UTC.

## Connettività

L'unità è fornita di un adattatore USB. La comunicazione avviene tramite porta RS232 la quale consente di collegare un cavo lungo abbastanza da potersi tenere a distanza dallo strumento evitando di disturbarlo durante le misure di rumore.

## Sviluppo

Lo sviluppo dei nostri strumenti è costantemente condotto in collaborazione con professionisti del settore. Fra i nostri stimati clienti contiamo istituzioni pubbliche e private in ogni continente fra le quali: I.N.G.V., E.N.E.A. (Italia), NORSAR (Norvegia), UNAM (Mexico), Geological Survey of Namibia (Namibia), con strumenti operativi in Cile, Argentina, Germania, Danimarca, Spagna, Sudan, Nicaragua, Panamá, Venezuela, Tibet e in molti altri paesi.

## Applicazioni

Il GeoBox è gestito dal modulo software LOG-MT di SEISMOWIN attraverso il quale si può trasformare un comune PC in una potente stazione sismica che permetterà all'utente di eseguire una vasta gamma di prove e misure sismiche, vibrometriche (rif. norme UNI 9916 o 9614) nonché prove di rumore secondo il metodo di Nakamura (HVSR).

Il software di gestione che permette il calcolo della curva H/V in tempo reale e analisi dei criteri SESAME, garantisce la massima efficienza di esecuzione potendo controllare istante per istante la qualità del dato raccolto.

Successivamente il dataset può essere elaborato con qualsiasi software in commercio grazie al supporto di tutti i formati standard come SAF, GSE, HV ecc..



## Caratteristiche tecniche generali

Alimentazione:	batteria interna ricaricabile, consumo minore di 1W
Numero canali ed a/d converter:	3 (ΣΔ) dinamica di 144dB (24 bit effettivi fra 0.1 e 10Hz, ENOB)
Sensibilità:	con velocimetri da 4.5Hz: < 1 nanometro/secondo per count
Campionamento:	simultaneo sui tre canali a 10,20,50,100,200,300,400,480,600Hz
Real Time Clock:	Sincronizzato da GPS via PPS modulato (su richiesta)
Precisione RTC:	+/-10ppm fra -20/+50°C (+/-40μs rispetto ad UTC)
Antenna GPS:	esterna con 10mt di cavo e connettore BNC
Interfaccia dati:	RS232 con cavo da 8 metri e adattatore USB in dotazione
Contenitore:	Monoblocco in alluminio IP66
Dimensioni e peso:	155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz
Temperatura operativa:	-20/+50°C
Conformità:	CE

*Sara Electronic Instruments s.r.l. si riserva il diritto di apportare in qualsiasi momento modifiche o cambiamenti alle caratteristiche dei prodotti (variazioni di prezzo incluse) senza alcun preavviso.*

## ROCCA MALATINA, Scuola Primaria

Instrument: EXT- SARA SR04HS

Start recording: 11/09/17 19:07:44 End recording: 11/09/07 00:00:00

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h16'40". Analyzed 76% trace (manual window selection)

Sampling rate: 300 Hz

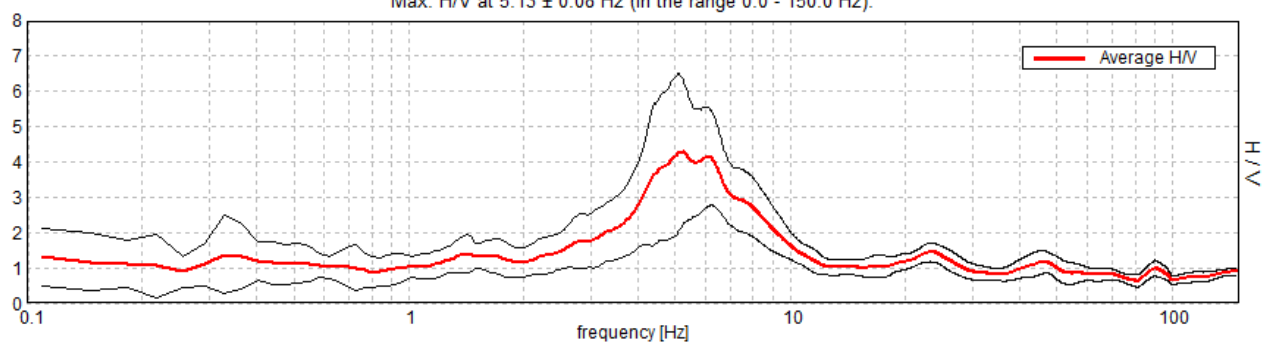
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

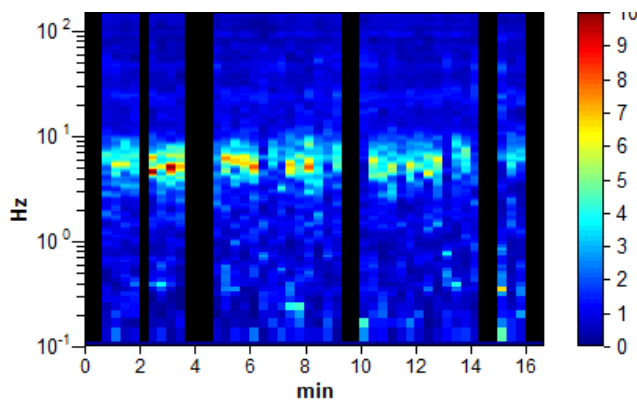
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

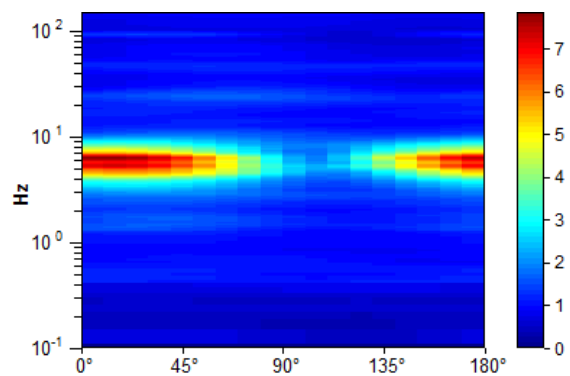
Max. H/V at  $5.13 \pm 0.08$  Hz (in the range 0.0 - 150.0 Hz).



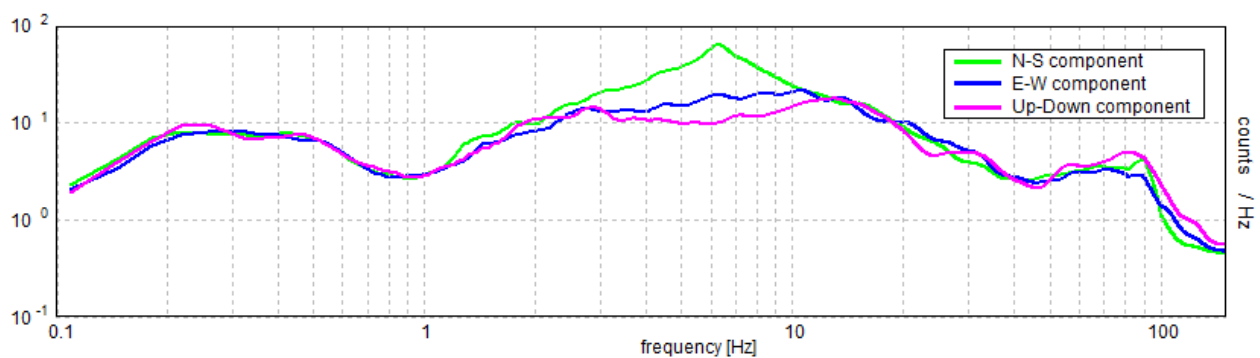
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



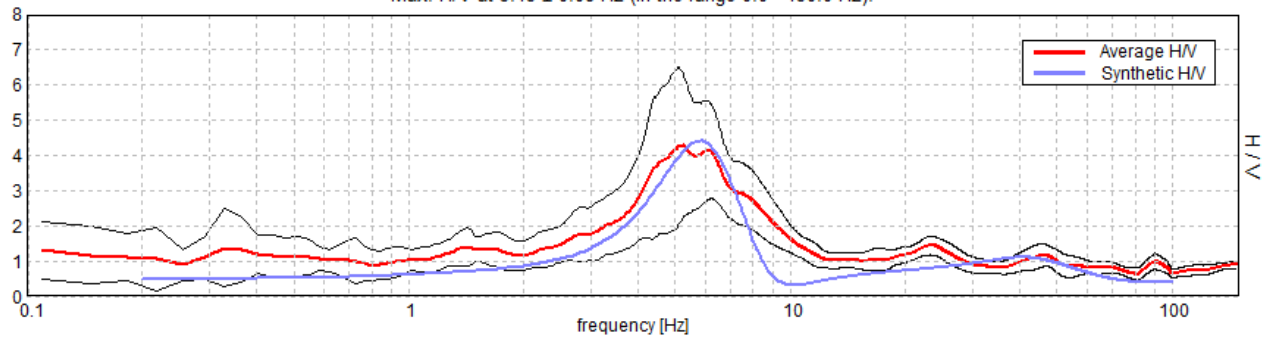
### SINGLE COMPONENT SPECTRA





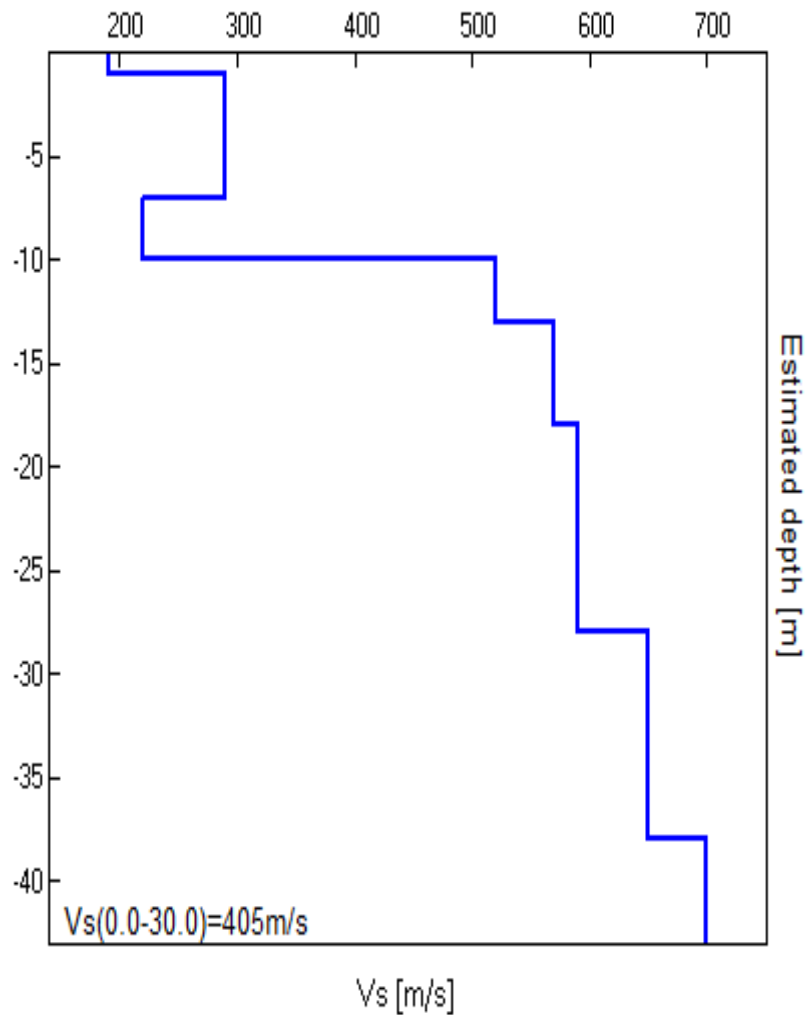
# EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at  $5.13 \pm 0.08$  Hz (in the range 0.0 - 150.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	190	0.45
7.00	6.00	290	0.45
10.00	3.00	220	0.40
13.00	3.00	520	0.35
18.00	5.00	570	0.35
28.00	10.00	590	0.35
38.00	10.00	650	0.35
inf.	inf.	700	0.35

$V_s(0.0-30.0)=405\text{m/s}$



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

**Max. H/V at 5.13 ± 0.08 Hz (in the range 0.0 - 150.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	5.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	3896.5 > 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 24 out of 211 times		NO

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.516 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.936 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.29 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0078  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04001 < 0.25635$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0807 < 1.58$	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
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

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

**CENTROGEO**

P.zza S. Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO

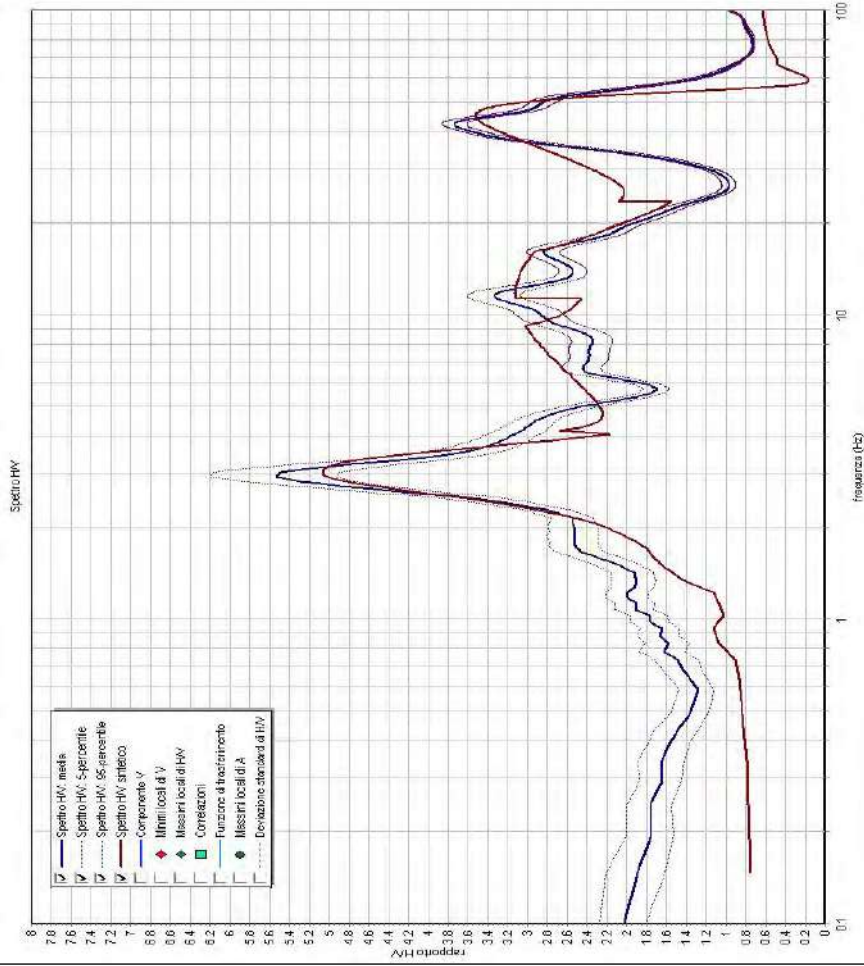
**INDAGINE HVSR**  
**H28**

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale
---------------------------------------

CANTIERE: Rocca Malatina

OPERATORI: Mazzetti M. - Arbizzi A.

## Rapporti spettrali



**Note:**

Coordinate UTM RER:

656608 - 916578

Modello interpretativo				
Strato n°	Prof. (m)	Spess. (m)	Vs (m/s)	
1	0	0.6	100	
2	0.6	3.2	270	
3	3.8	12	500	
4	12	29.3	790	
5	29.3	INF	1080	
6				
7				
8				
9				

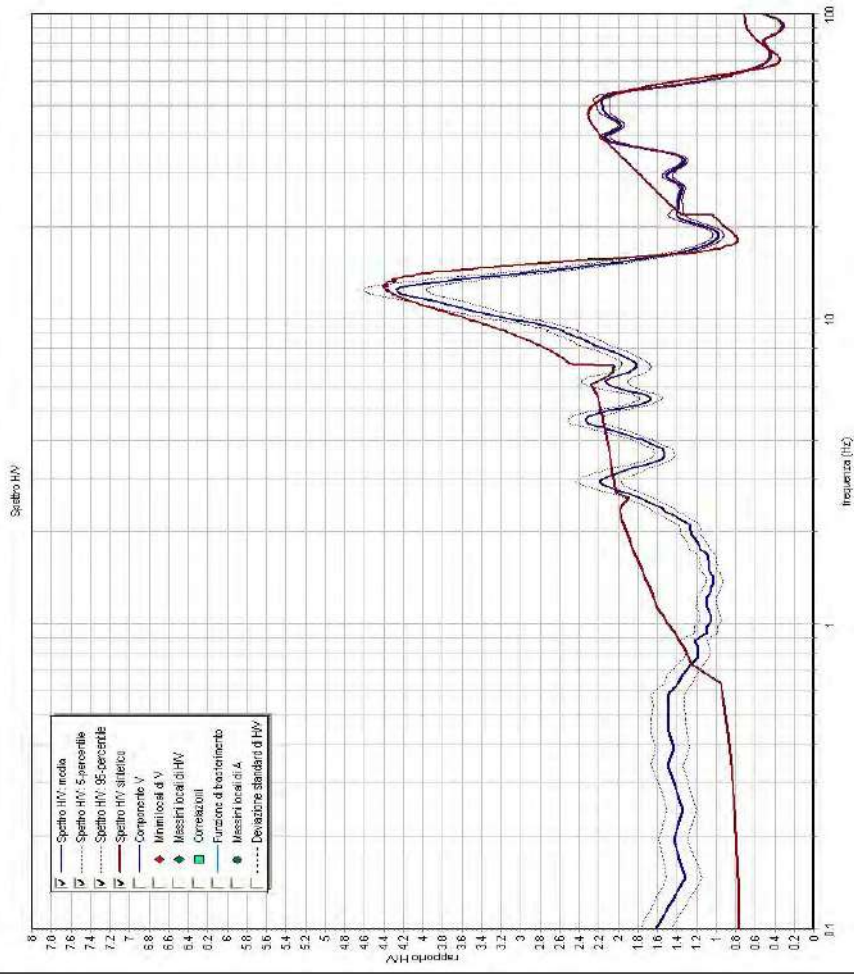
**CENTROGEO**

P.zza S.Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO

**INDAGINE HVSR**  
**H29**

LOCALITA': Guiglia (MO)	COMMITTENTE: Amministrazione Comunale
DATA: 11-11-2011	CANTIERE: Rocca Malatina
QUOTA: 525 m. s.l.m.	OPERATORI: Mazzetti M. - Abizzi A.

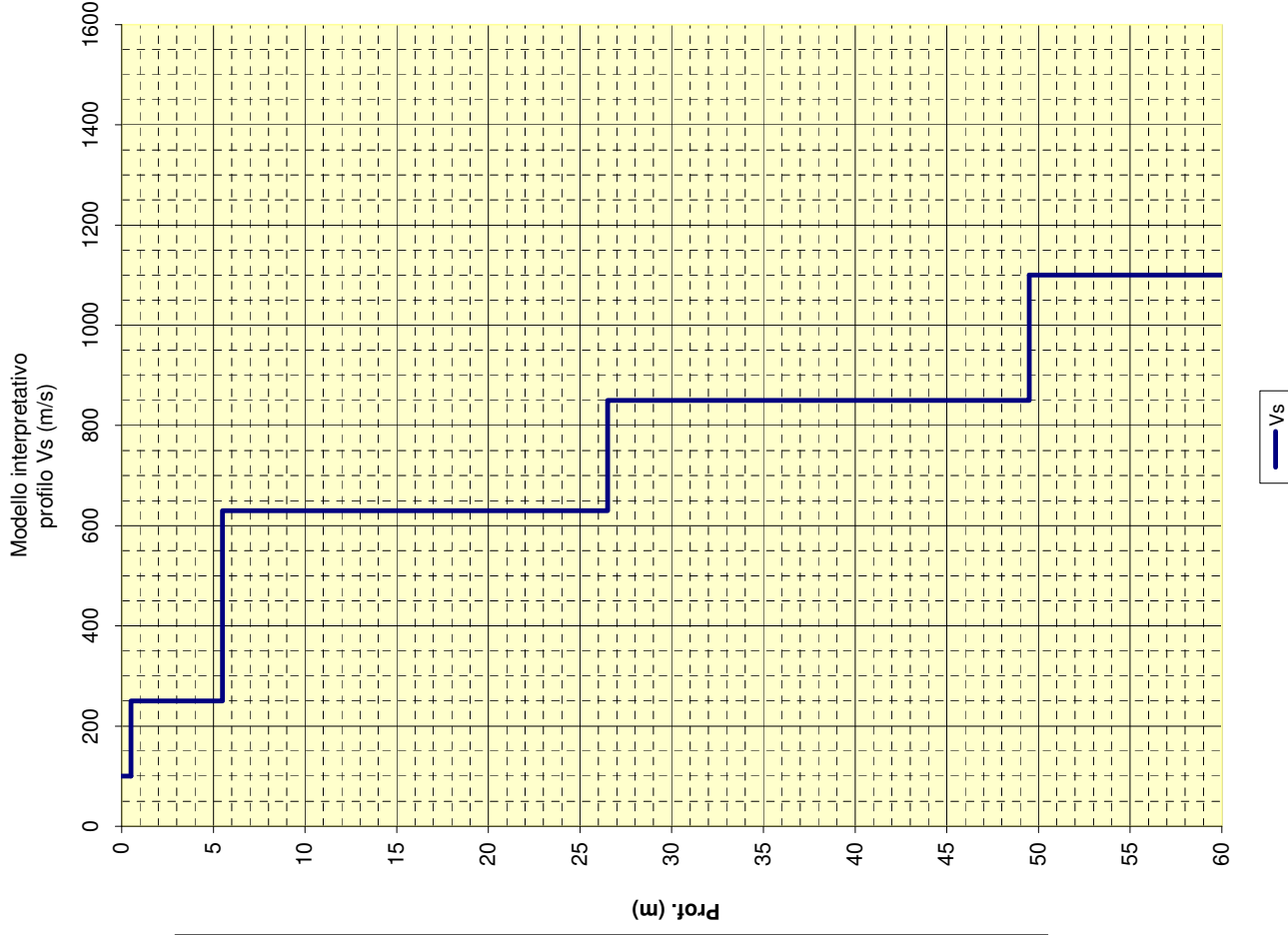
## Rapporti spettrali



**Note:**

Coordinate UTM RER:  
656770 - 916996

Modello interpretativo		Spess. (m)	Vs (m/s)
Strato n°	Prof. (m)		
1	0	0.5	100
2	0.5	5.5	250
3	5.5	26.5	630
4	26.5	49.5	850
5	49.5	INF	1100
6			
7			
8			
9			







**CENTROGEO**

P.zza S. Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO

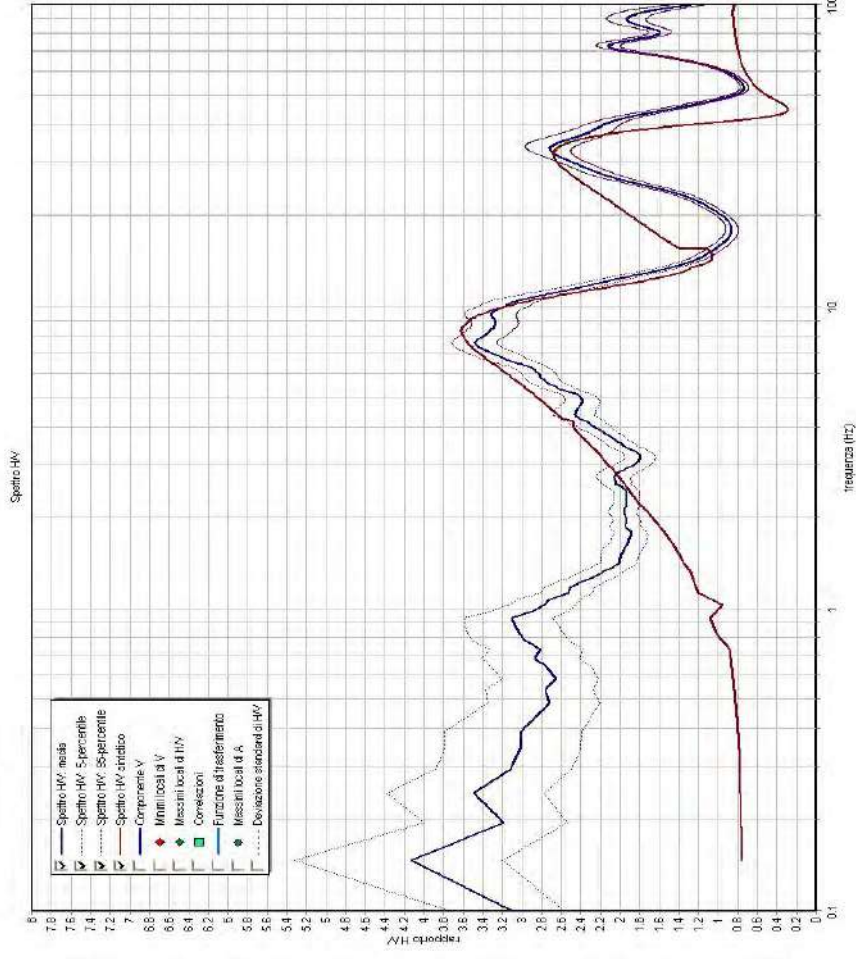
**INDAGINE HVSR**  
**H31**

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale

CANTIERE: Rocca Malatina

OPERATORI: Mazzetti M. - Arbizzi A.

## Rapporti spettrali

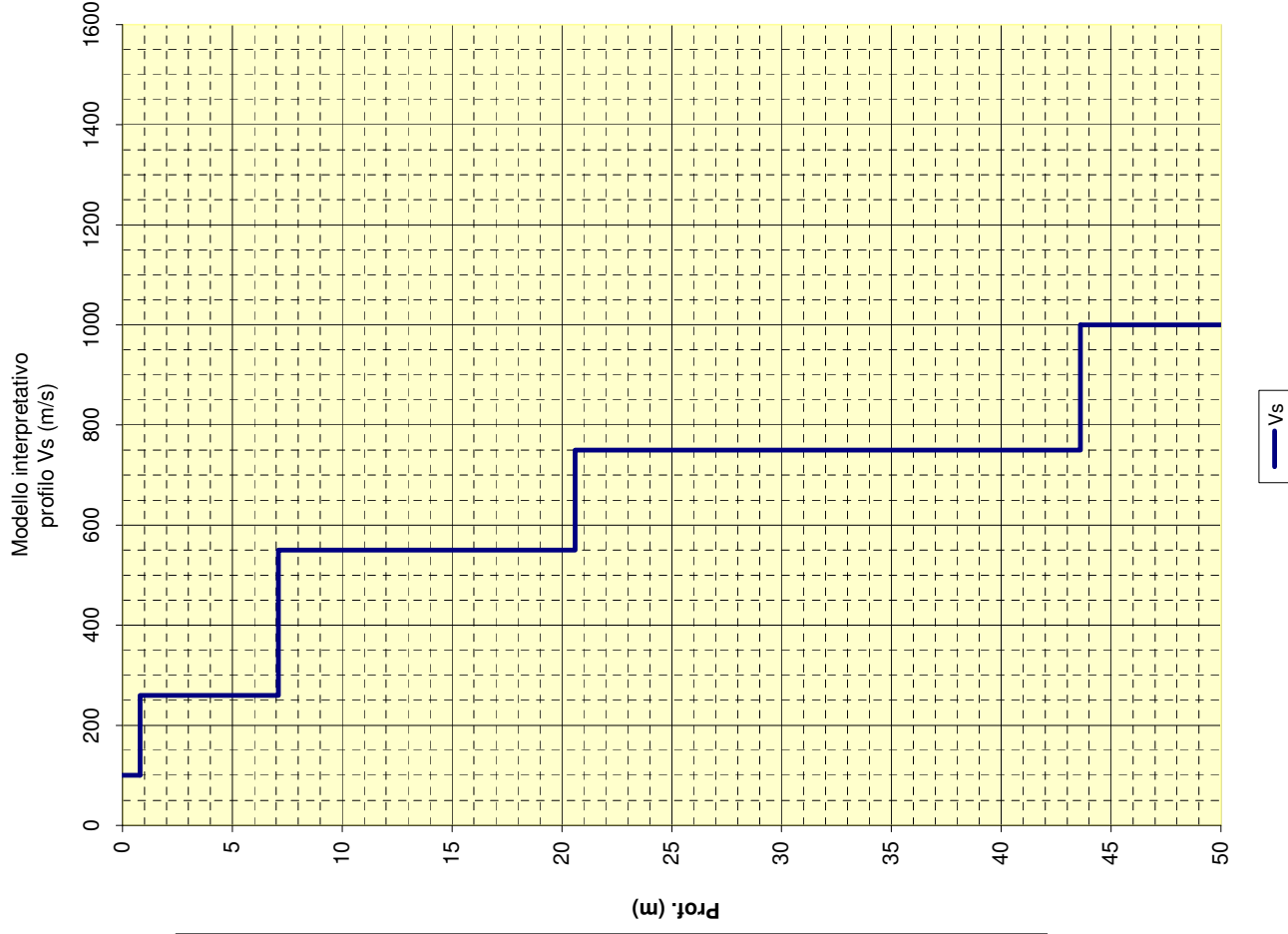


**Note:**

Coordinate UTM RER:

656332 - 916827

Modello interpretativo				
Strato n°	Prof. (m)	Spess. (m)	Vs (m/s)	
1	0	0.8		100
2	0.8	7.1	6.3	260
3	7.1	20.6	13.5	550
4	20.6	43.6	23	750
5	43.6	INF	INF	1000
6				
7				
8				
9				



**CENTROGEO**

P.zza S.Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO

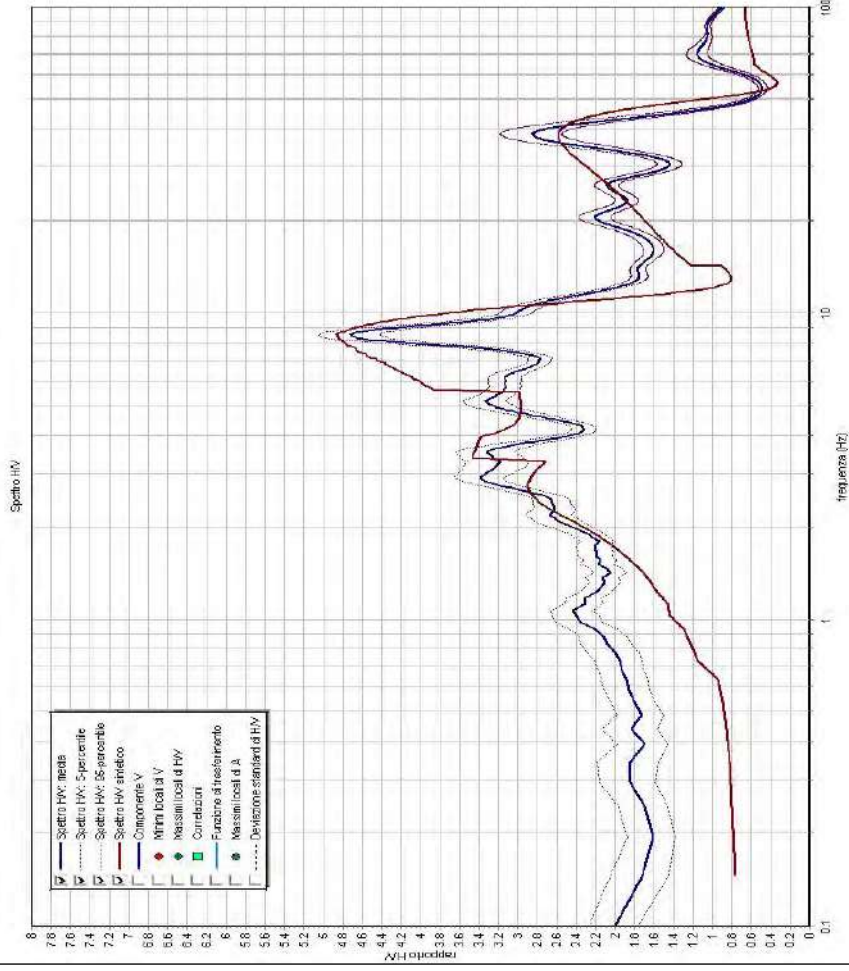
**INDAGINE HVSR**  
**H32**

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale

CANTIERE: Rocca Malatina

OPERATORI: Mazzetti M. - Arbizzi A.

## Rapporti spettrali

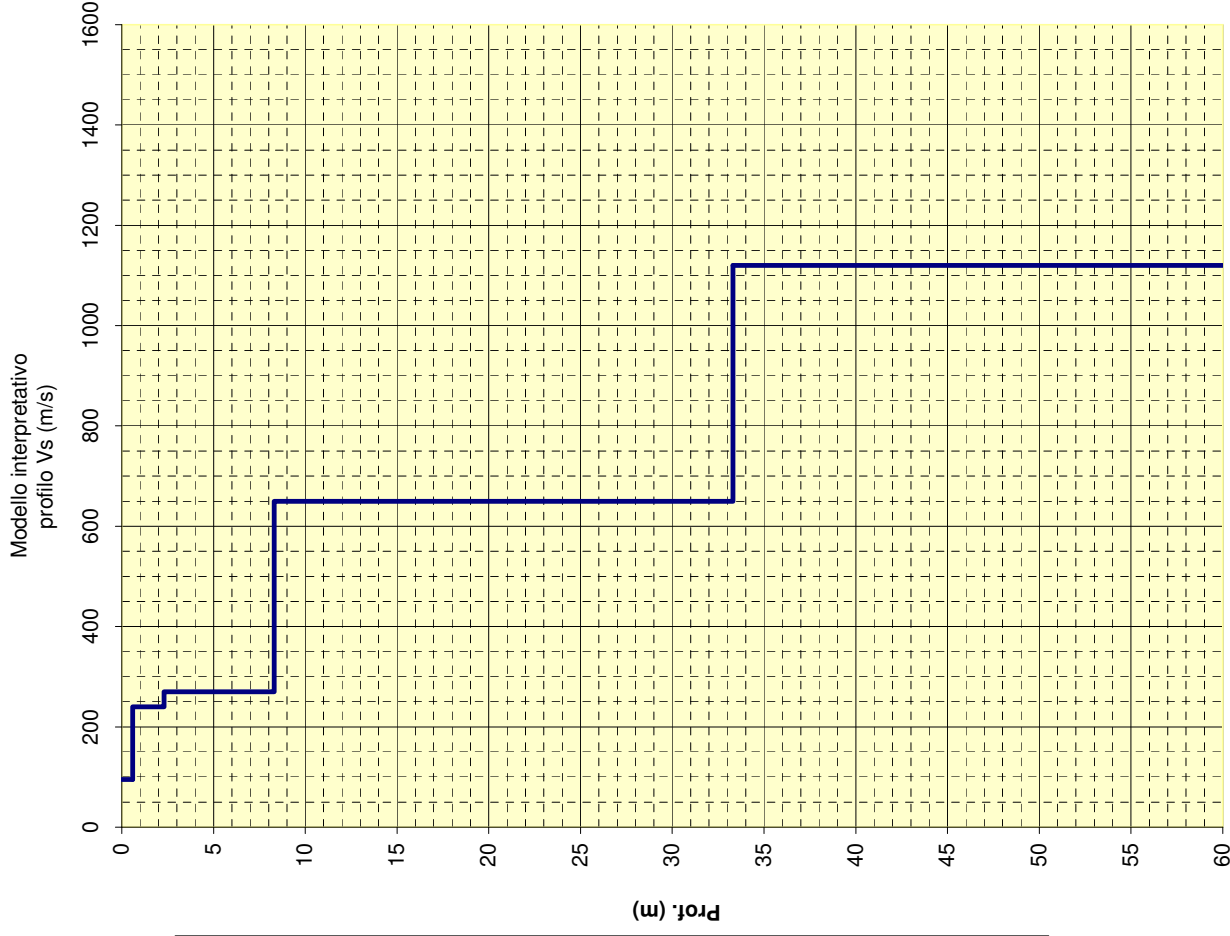


**Note:**

Coordinate UTM RER:

656885 - 917509

Modello interpretativo				
Strato n°	Prof. (m)	Spess. (m)	Vs (m/s)	
<b>1</b>	0	0.6		<b>95</b>
<b>2</b>	0.6	2.3	1.7	<b>240</b>
<b>3</b>	2.3	8.3	6	<b>270</b>
<b>4</b>	8.3	33.3	25	<b>650</b>
<b>5</b>	33.3	INF	INF	<b>1120</b>
<b>6</b>				
<b>7</b>				
<b>8</b>				
<b>9</b>				



**—Vs**

**INDAGINE HVSR**  
**H33**

**CENTROGEO**

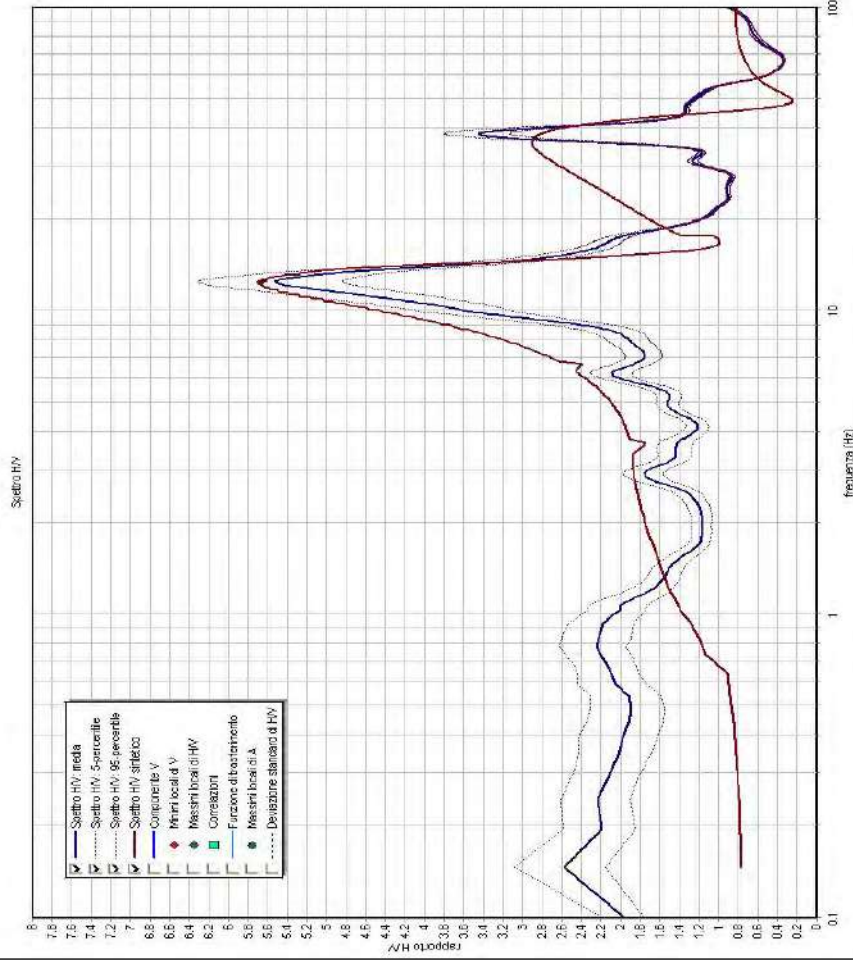
P.zza S. Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO

LOCALITA': Guiglia (MO)	COMMITTENTE: Amministrazione Comunale
-------------------------	---------------------------------------

DATA: 11-11-2011	CANTIERE: Rocca Malatina
------------------	--------------------------

OPERATORI: Mazzetti M. - Arbizzi A.

Rapporti spettrali

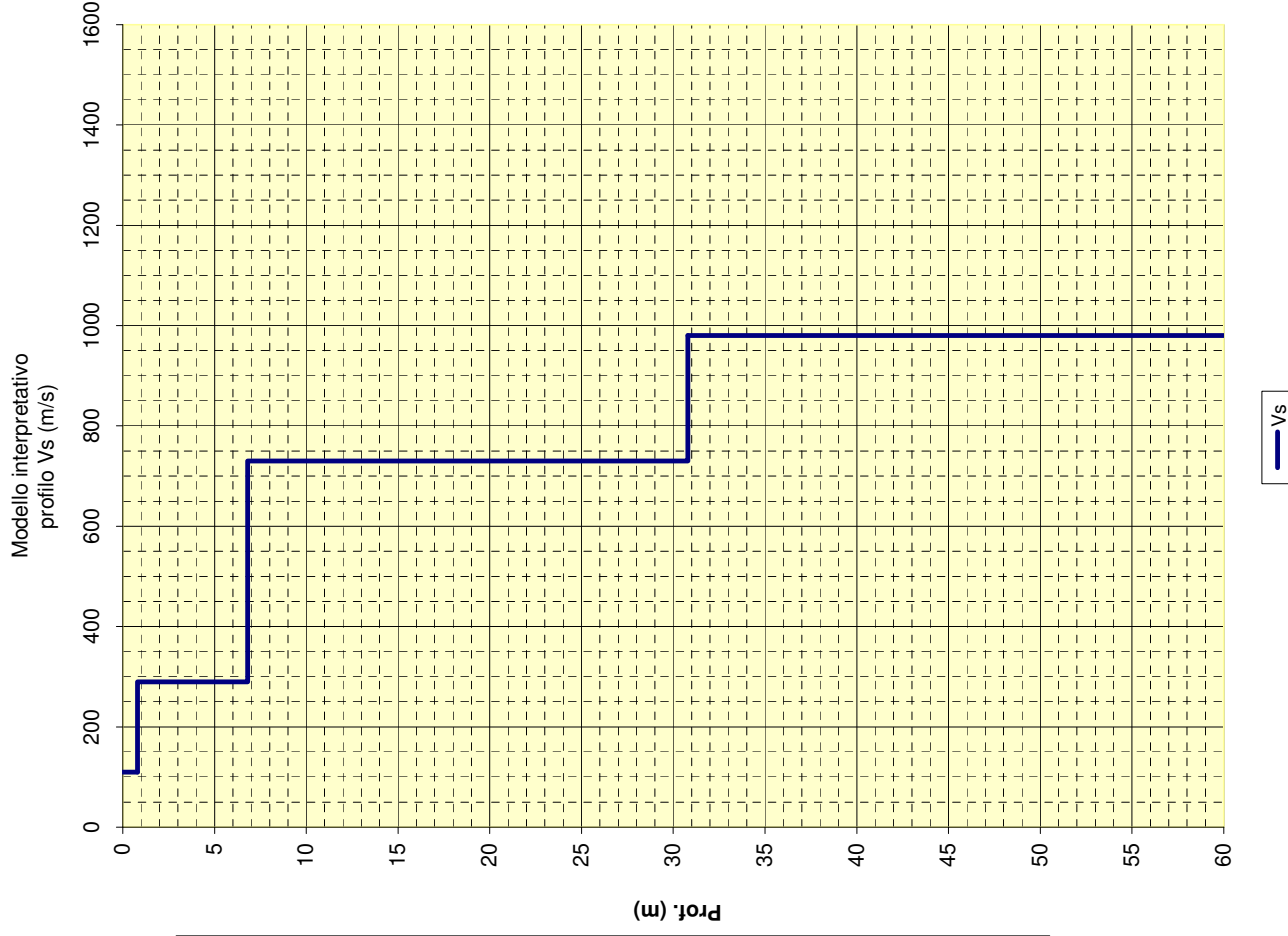


**Note:**

Coordinate UTM RER:

656519 - 917668

Modello interpretativo				
Strato n°	Prof. (m)	Spess. (m)	Vs (m/s)	
1	0	0.8	110	
2	0.8	6	290	
3	6.8	30.8	730	
4	30.8	INF	980	
5				
6				
7				
8				
9				





CENTROGEO

Modello interpretativo  
profilo Vs (m/s)

P.zza S. Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO

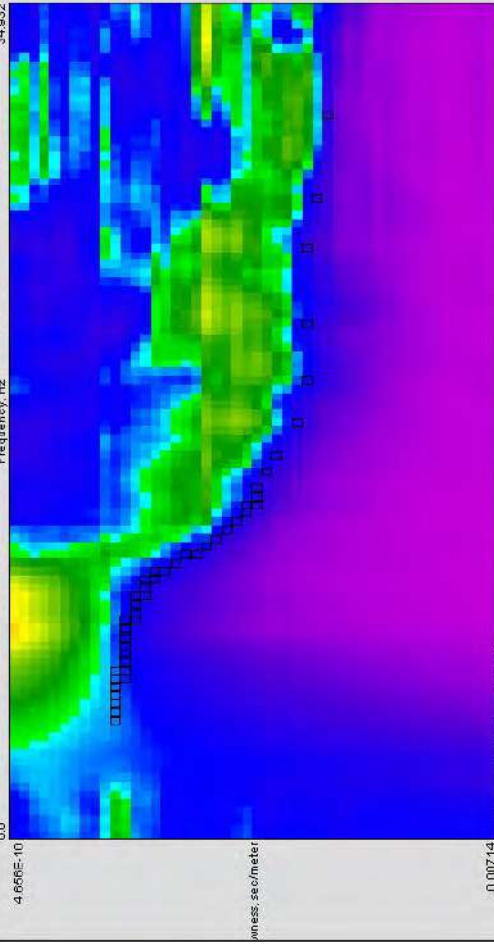
LOCALITA': Guiglia (MO)

DATA: 02-11-2011

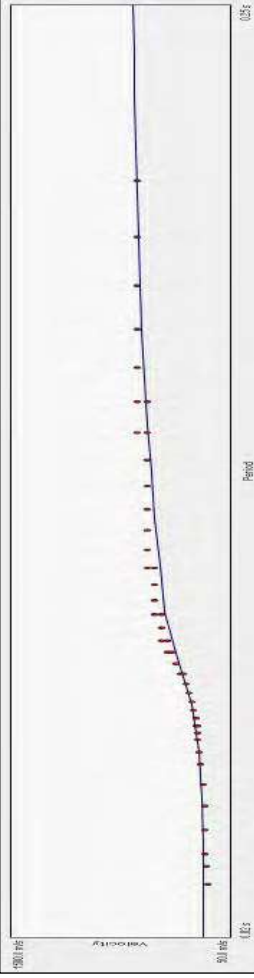
QIOTA: 541 m s/m

di notorio  
OFFERTORI: MAZZELLI M. - ALBIZZI A.

and Settings=g:\work\top\SISMA\Aqua\910715.guy + Step 2, 3, 4, 5 - Paves: 4, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19  
Spettro di potenza  
Frequency, Hz  
0.0 34.902



### Curva di dispersione



**Note:**

Coordinate UTM RER del centro dello  
stendimento:

656784 - 917236

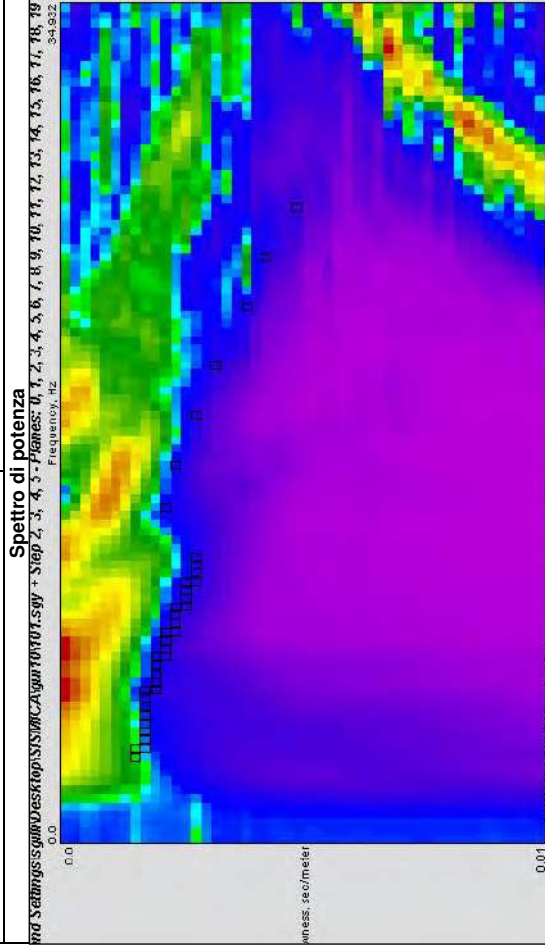
Modello interpretativo				
Strato n°	Prof. (m)	Spess. (m)	Vs (m/s)	
1	0	1.6		270
2	1.6	5.5	3.9	260
3	5.5	9.9	4.4	280
4	9.9	22.5	12.6	880
5	22.5	INF	INF	830
6				
7				
8				
9				
10				



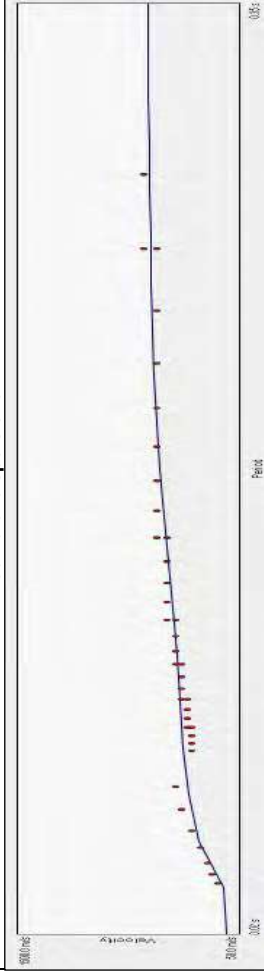
**INDAGINE Re.MI.  
R10**

P.zza S. Quirino, 6 - 42015 CORREGGIO

LOCALITA':	Guiglia (MO)	COMMITTENTE:	Amministrazione Comunale
DATA:	02-11-2011	CANTIERE:	Rocca Malatina
QUOTA:	535 m. s.l.m.	OPERATORI:	Mazzetti M. - Arbizzi A.



### Curva di dispersione



Strato n°	Modello interpretativo			Vs (m/s)
	Prof. (m)	Spess. (m)		
1	0	2.9	2.9	160
2	2.9	12	9.1	650
3	12	30.5	18.5	490
4	30.5	48	17.5	800
5	48	INF	INF	780
6				
7				
8				
9				
10				

# Comune di Guiglia

## Provincia di Modena

### **Relazione Geologica**

#### **a supporto del progetto di demolizione e ricostruzione della scuola primaria Di Roccamalatina**

T.U. Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018

CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP

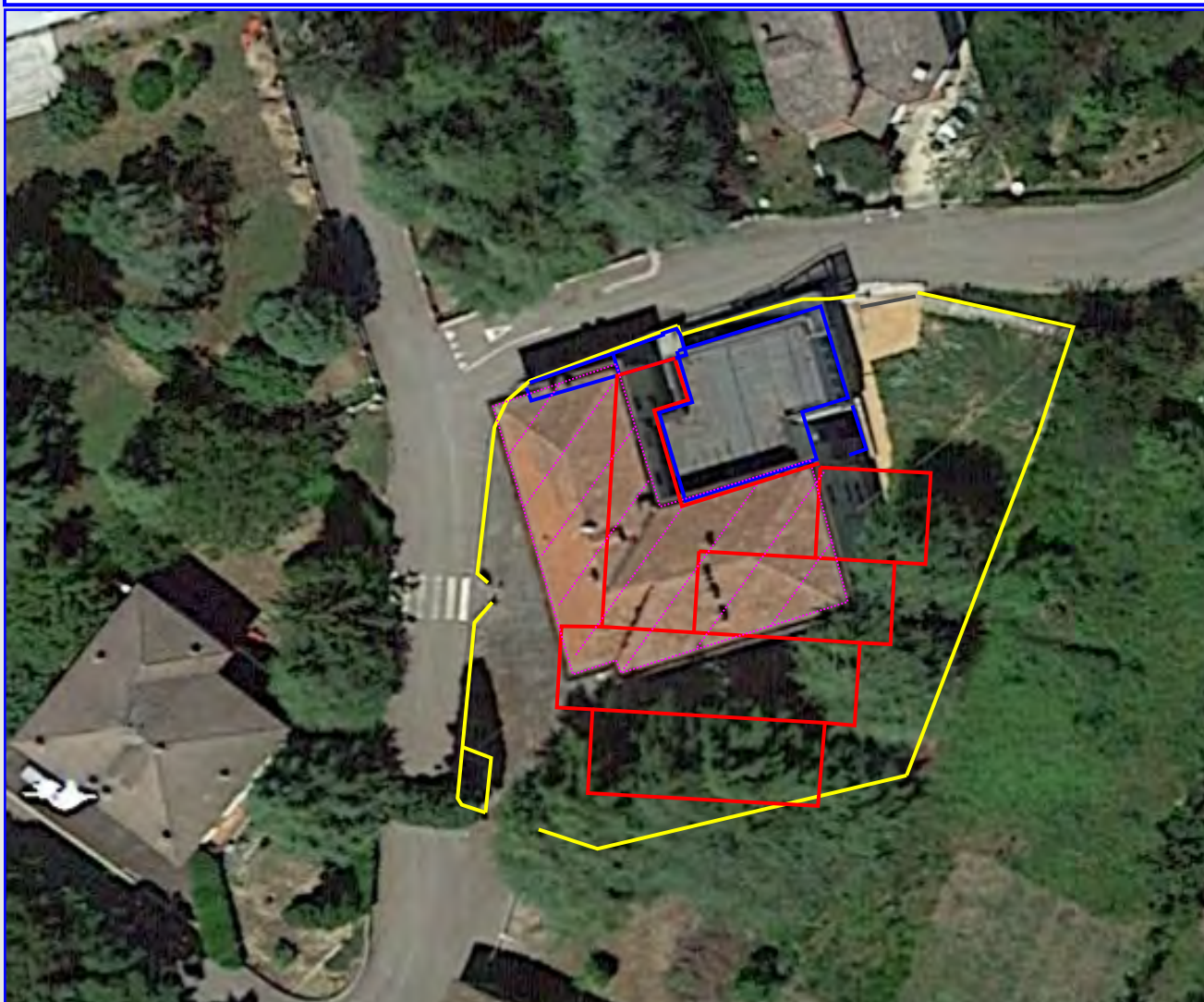
RELAZIONE GEOLOGICA inerente le indagini eseguite, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1. NTC 2018)

RELAZIONE GEOTECNICA basata sulle indagini geognostiche effettuate, al fine della caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno del sito (6.2.2. e 6.4 NTC 2018)

Relazione concernente la "RISPOSTA SISMICA DEL SITO" (3.2.2 e 3.2.3 NTC 2018) la verifica a possibili fenomeni di liquefazione (7.11.3 NTC 2018)

**Committente: Amministrazione Comunale di Guiglia**

determina n°.... del .....Gennaio 2020 Cig.n°.....



**B O Z Z A**



Dott. Geol Marco Roli

via G. Gozzano n° 74 Vignola (MO); Tel. 059773706; cell 3288689554  
Studio Tecnico di Scienze Geologiche

Gennaio 2020

# RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA E SISMICA

T.U. Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018  
Circolare Applicativa n° 7 del 21 gennaio 2019  
comprendente:

**RELAZIONE GEOLOGICA** inerente le indagini geognostiche eseguite, la definizione delle unità litotecniche, gli eventuali processi geomorfologici al fine della modellazione geologica del sito

**RELAZIONE GEOTECNICA** basata sulle indagini eseguite, fornisce tutti i dati geotecnici necessari per il progetto, la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato

**“RISPOSTA SISMICA DEL SITO”** analisi di risposta sismica locale per la definizione dell'azione sismica e dello spettro di risposta elastica del terreno

---

## OGGETTO

**Caratterizzazione geologica, di parametrizzazione geotecnica e sismica finalizzata al progetto di demolizione e ricostruzione della scuola primaria di Roccamalatina Raimondo Montecuccoli**

---

## LOCALITÀ

Frazione di Roccamalatina via Fosse Ardeatine

---

## PROPRIETÀ

Amministrazione Comunale di Guiglia

Incarico: determina n°xxx del xx agosto xxx Cig.n°xxxx
--



## INDICE DEL CONTENUTO

1. PREMESSE .....	3
1.1 Inquadramento geografico .....	4
2. INQUADRAMENTO GENERALE.....	4
2.1 Aspetti geologici – geomorfologici generali .....	4
2.2 Storicità sismica.....	6
3. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	7
3.1 Campagna geognostica e analisi di laboratorio geotecnico .....	7
3.2 Metodologie di indagine .....	8
3.2.1 Prove penetrometriche Dinamiche DPSH .....	8
3.2.2 Sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati .....	10
3.2.2 Indagine sismica secondo metodologia MASW.....	11
3.2.3 Indagine sismica a stazione singola secondo metodologia a microtremori HVSR .....	13
4. MODELLO GEOLOGICO/STRATIGRAFICO.....	16
4.1 Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo .....	16
5. MODELLO GEOTECNICO .....	18
6. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	18
6.1 Risultati delle indagini geofisiche e identificazione della categoria di sottosuolo secondo (D.M. 17/01/2018).....	18
6.2 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE Azione sismica di riferimento con approccio III livello di approfondimento.....	22
7. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ DEL SITO AL FENOMENO DI LIQUEFAZIONE.....	30
8. CONCLUSIONI .....	31

## TAVOLE

1. Inquadramento Corografico
2. Inquadramento Topografico
3. Carta Geologica
4. Ubicazione Indagini
5. Tavola fotografie indagini e stato di fatto
6. Sezioni Geologiche

## ALLEGATI

- All.1 Indagini Sondaggio a Carotaggio
- All.2 Indagini di Laboratorio
- All.3 Prove Penetrometriche
- All.4 Indagini Geofisiche
- All.5 Verifica a liquefazione

## 1. PREMESSE

Nel mese di Gennaio 2020, su incarico del Comune di Guiglia, è stata eseguita la caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica del volume significativo di sottosuolo interagente con il progetto di demolizione e nuova edificazione della scuola primaria Raimondo Montecuccoli di Roccamalatina situata in via Fosse Ardeatine. Il presente studio viene redatto a supporto del progetto di demolizione del plesso scolastico degli anni '30 e ricostruzione di nuova struttura. Lo scrivente ha redatto nel maggio 2011 la Perizia geologica per il nuovo refettorio che verrà preservato ed accorpato al nuovo progetto, e nel 2017 è stata redatta una prima relazione geologica preliminare per lo studio complessivo dell'area. Il presente elaborato aggiorna i precedenti studi geologici in funzione delle nuove normative tecniche e dello sviluppo del progetto esecutivo affinché si abbia una migliore comprensione dell'interazione terreno di fondazione-struttura fondale sia dal punto di vista geotecnico che sismico.



Fig. n. 1 – Scansione fotografica satellitare del complesso oggetto di studi

In accordo con la normativa tecnica nazionale D.M. 17/01/2018 (NTC), Circolare del 2 Febbraio 2009 n° 617/C.S.LL.PP il presente studio verrà suddiviso nelle seguenti sezioni:

- *RELAZIONE GEOLOGICA* riguardante le indagini geognostiche eseguite, la caratterizzazione e modellazione geologica del sito
- *RELAZIONE GEOTECNICA* basata sulle indagini eseguite, fornisce la caratterizzazione e la modellazione del volume significativo di terreno interessato
- *Relazione concernente la "RISPOSTA SISMICA DEL SITO"* per la definizione dell'azione sismica

### 1.1 Inquadramento geografico

L'area oggetto di studio è ubicata nel Comune di Guiglia (Mo), a sud del capoluogo, nella frazione di Roccamalatina a 550 m s.l.m. Essa è rappresentata sulla Carta Topografica Regionale alla scala 1:25.000 nella tavola 236 NE e sulla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 nell'elemento n. 236040 (TAV.1 – TAV.2). L'area oggetto di indagine è prospiciente a via Fosse Ardeatine tra via Carlo Marx e via Ronzone. Le coordinate geografiche di riferimento sono le seguenti:

SITO IN ESAME	
COORDINATE GEOGRAFICHE ED 50	
LATITUDINE	LONGITUDINE
44,389658	10,965226

## 2. INQUADRAMENTO GENERALE

### 2.1 Aspetti geologici – geomorfologici generali

Nell'intorno del sito investigato si rinvencono depositi di superficie prevalentemente detritici fini con trovanti arenacei in parte di origine antropica (riporto) ed in parte di disaggregazione esogena delle formazioni circostanti. Sotto a tale "copertura" detritica è presente una formazione variabilmente addensata siltoso-sabbioso ed arenacea. Dalla consultazione della cartografia geologica redatta dalla Regione Emilia Romagna (Progetto CARG) presso l'area di interesse affiorano coperture detritiche superficiali e sottostanti formazioni geologiche, come evidenziato nella carta geologica allegata (Fig.2 e Tav. 3):

#### a4 - Deposito eluvio-colluviale

Coltre di materiale detritico, generalmente fine (sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.

#### PAT - FORMAZIONE DI PANTANO

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

#### Geomorfologia

La ricostruzione morfologica dell'area dell'abitato di Roccamalatina, lungo la strada provinciale, è esemplificabile come un'ampia vallecola colmata dai detriti di disaggregazione delle formazioni arenacee (PAT). Il fabbricato scolastico è situato alla sommità del versante ovest dell'abitato di Roccamalitna, lungo una pseudo dorsale ad andamento nord-sud. In questo contesto morfologico, si ha una variabilità dello spessore della copertura detritica da 1,00 m sino a 8,00 m lungo il versante a valle del fabbricato scolastico.

#### Idrogeologia

L'area è situata all'apice di una dorsale di versante, a valle di essa si incanalano le acque meteoriche sino ad infiltrarsi e drenare verso valle nel copro detritico summenzionato. L'idrogeologia dell'area è condizionata dalla permeabilità dei litotipi e nello specifico dalla coltre detritica superficiale mediamente

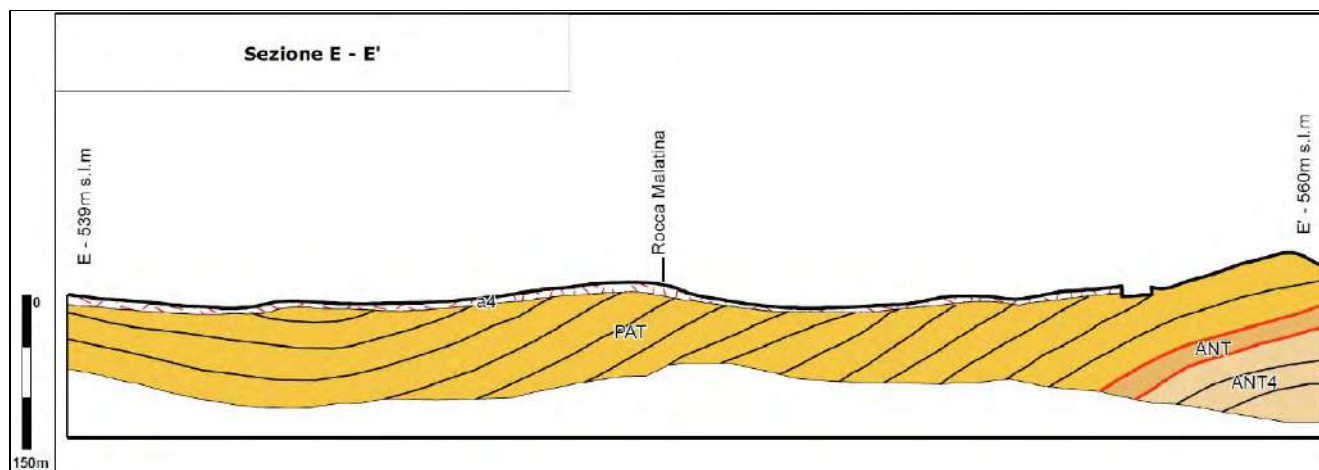


**Fig. n. 2 – Stralcio della carta Geologica Emilia Romagna progetto CARG**

Dott. Geol. MARCO ROLI Indagini Geologiche e Geotecniche – Idrogeologia  
Via Guido Gozzano 74 - 41058 Vignola (MO) Tel. 059773706 cell. 3288689554 e-mail [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it)  
**B O Z Z A**



**Amministrazione Comunale di Guiglia – Demolizione e Ricostruzione scuola Primaria Roccamalatina – via Fosse Ardeatine – RELAZIONE GEOLOGICA – determina n°.... del ... Gennaio 2020 Cig.n°.....**



**Fig. n. 3 – Sezione Geologica – tratta dalle carte di Quadro Conoscitivo della Microzonazione Sismica del Comune di Guiglia**

## 2.2 Storicità sismica

Attraverso la consultazione del Database Macrosismico ITALIANO DBMI15 (INGV) si illustrano i principali eventi sismici con intensità macrosismica (MCS) grado da 1 – 7, registrati in riferimento al sito di interesse (fig.4).

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
3	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
NF	1897 09 06 03 10 44.00	Valdarno inferiore	104	5-6	4,59
NF	1902 03 05 07 06	Garfagnana	83	7	4,98
3	1904 02 25 18 47 50.00	Reggiano	62	6	4,81
4	1904 06 10 11 15 28.00	Frignano	101	6	4,82
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5,1
4-5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5,36
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63
3	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6,38
6	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6,53
4	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5,04
3	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5,05
4	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5,13
5	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5,36
4	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5,2
5	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5,29
3	1930 05 24 22 02	Appennino tosco-emiliano	43	5	4,91
2	1931 06 10 17 02	Modenese	14	4	4,59
3	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4,43
NF	1992 04 17 11 59 07.29	Appennino bolognese	56	4-5	4,11
NF	1995 10 10 06 54 21.72	Lunigiana	341	7	4,82
4-5	1999 07 07 17 16 12.59	Frignano	32	5	4,67
NF	2000 06 18 07 42 07.68	Pianura emiliana	304	5-6	4,4
2	2000 10 03 01 12 36.56	Frignano	62	5	4,22
NF	2002 06 08 20 13 07.10	Frignano	115	4	4,23
NF	2002 06 18 22 23 38.10	Frignano	186	4	4,3
NF	2002 11 13 10 48 03.19	Franciacorta	768	5	4,21
4-5	2003 09 14 21 42 53.18	Appennino bolognese	133	6	5,24

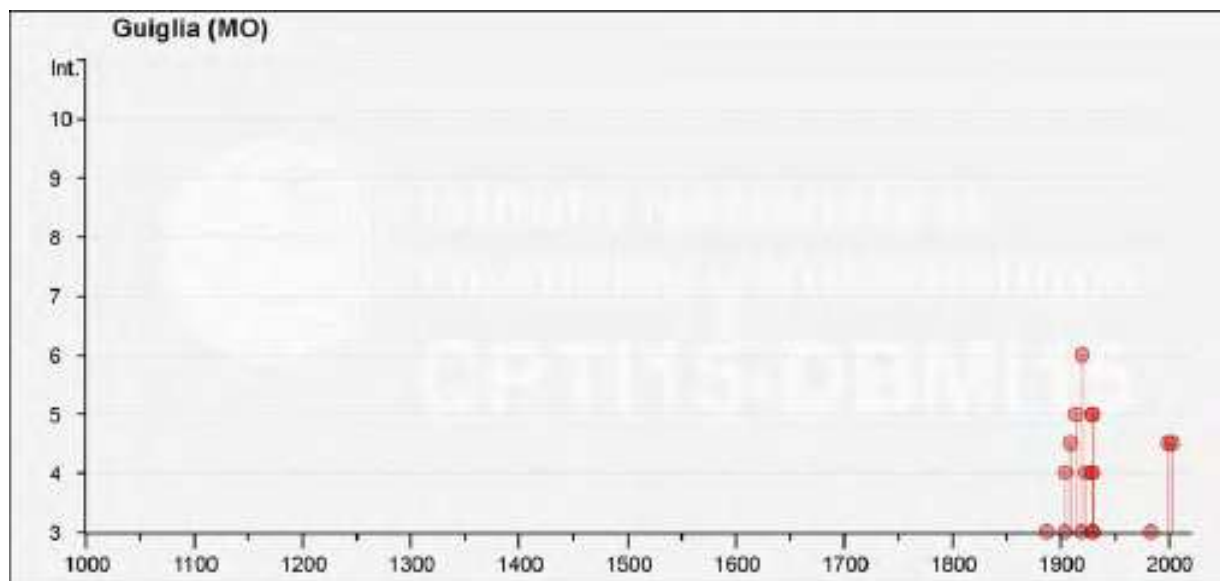


Fig. n. 4 – Storia sismica relativa al sito di interesse (Database Macrosismico DBMI15- INGV)

Le più alte intensità macrosismiche registrate che possono interagire con la zona di Guiglia sono riferibili ai sismi dell'anno 1929 (**Mw 5.36**) e dell'anno 1919-1920 dell'Appennino Tosco-Emiliano (**Mw 6.23-6.53**).

### 3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

#### 3.1 Campagna geognostica e analisi di laboratorio geotecnico

Con la finalità di indagare e definire il modello stratigrafico, geotecnico e sismico dei terreni che compongono il volume significativo di sottosuolo coinvolto dai futuri interventi in progetto, nel mese di Agosto 2017 è stata eseguita la seguente campagna geognostica che integra quella effettuata nel 2011 per l'ampliamento del nuovo Refettorio:

##### INDAGINI 2017 – Studio Preliminare per la demolizione e ricostruzione di fabbricato scolastico

- n° 6 prove penetrometriche dinamiche DPSH spinte sino a rifiuto strumentale variabile da -2,00 m a -7,80 m;
- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo con prelievo di campioni disturbati e indisturbati spinto alla profondità di -15.00 m all'interno della formazione geologica in posto non alterata;
- n° 1 indagine sismica a rifrazione di microtremori a stazione singola HV Nakamura - **Rielaborazione 2020**

##### INDAGINI 2011 – Studio Geologico per la realizzazione del nuovo Refettorio in ampliamento al fabbricato

- n° 7 prove penetrometriche dinamiche DPSH
- n° 4 sondaggi esplorativi mediante escavatore meccanico
- n° 1 indagine sismica a rifrazione in array lineare tipologia MASW - **Rielaborazione 2020**

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata nella **Tavola n. 4** e successivamente illustrata in **Fig. n. 5**. Le elaborazioni e relativi risultati di ciascuna indagine sono illustrati nei corrispettivi allegati contenuti al termine del presente elaborato.



Fig. n. 5– Ubicazione delle indagini geognostiche eseguite (cfr.Tav.4 scala 1:200)

Nella tabella 3.1, vengono illustrati i campioni indisturbati di terreno prelevati nel corso del carotaggio eseguito, le relative prove geotecniche di laboratorio svolte per ciascun campione ed i risultati ottenuti:

CAMPIONI	QUOTA DA P.C.	ANALISI GRANULOMETRICA	LIMITI DI ATTERBERG	TxCID	TxUU	ELL	Taglio CD
<b>C1</b>	4.60	X					X
		Sabbia 12,8 %					$\phi' 26,5^\circ$
		Limo 58,4 %					C' 4,4 Kpa
		Argilla 28,8 %					

Tab. n. 3.1 – Schema del campionamento eseguito e relative prove geotecniche di laboratorio espletate

Si procede, nel capitolo successivo, a descrivere le metodologie di indagine e analisi adottate a supporto della redazione del presente documento. Per quanto riguarda le metodologie di prova adottate per le analisi di laboratorio geotecnico si faccia riferimento agli standard indicati nei certificati di prova.

## 3.2 Metodologie di indagine

### 3.2.1 Prove penetrometriche Dinamiche DPSH

La prova dinamica consiste nell'infiggere una punta di acciaio posta all'estremità di una batteria di aste, mediante la caduta di un maglio da un'altezza costante e nel misurare il numero di colpi necessari a produrre avanzamenti delle aste e della punta stessa di una lunghezza prefissata nel terreno. Tale prova penetrometrica dinamica misura in continuo la resistenza alla penetrazione della punta conica, in particolare, fornisce una valutazione qualitativa del grado di addensamento e di consistenza dei terreni attraversati. Esistono numerosi penetrometri in commercio, si differenziano principalmente sulla base del diverso peso del maglio, dell'altezza di caduta, il diametro e la forma della punta, lo step di approfondimento. Lo strumento impiegato nel caso in studio è un penetrometro PAGANI TG63-100,

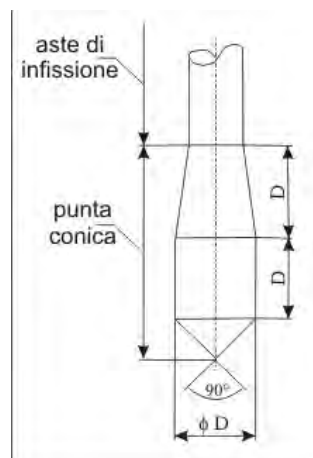
montato su cingoli della Pagani Equipment di Piacenza e risponde alle norme **ISSMFE-DPSH (1988)**. Le principali caratteristiche tecniche sono riassunte nella tabella seguente:

CARATTERISTICHE:	PENETROMETRO DINAMICO SUPER-PESANTE DPSH
Massa del maglio (kg):	63.5 ± 0.5
Altezza di caduta (cm):	75 ± 0.2
Diametro della punta (cm):	50.5 ± 0.05
Area della punta nominale (cm <sup>2</sup> ):	20
Apertura del cono:	90°
Diametro delle aste (cm) D:	3.2 ± 0.03
Peso del sistema di infissione, escluso il maglio (kg):	30
Penetrazione standard (cm):	20 (N <sub>10</sub> )

All'estremità inferiore della batteria di aste è collocata la punta conica, questa può essere di due tipi: *fissa* e quindi recuperabile al termine dell'indagine, oppure *"a perdere"* che quindi, alla estrazione delle aste, rimane nel terreno. Nella successiva figura n°6 è rappresentato lo schema della punta conica fissa: Ulteriori specifiche tecniche dell'attrezzatura di prova sono illustrate in allegato. Per le prove dinamiche eseguite è stato realizzato un modello grafico in cui sono riportati: il numero dei colpi, la profondità in metri (misure ricavate ogni cm. 20 di avanzamento del sondaggio) e la resistenza dinamica alla punta Rpd in Kg/cm<sup>2</sup> calcolata attraverso la "Formula olandese":

**Rpd** =  $M^2 * H / [A * e (M+P)] = M^2 * H * N / [A * \delta (M+P)]$  Dove: **Rpd** = Resistenza dinamica punta (Kg/cm<sup>2</sup>); A = area della punta (cm); M = massa battente (kg); H = altezza di caduta; P = massa totale aste e sistema di battuta; e = infissione per colpo =  $\delta/N$ .

Sempre in allegato compaiono i grafici e le relative tabelle riportanti i dati rilevati in sito e la loro interpretazione geotecnica, desunta da correlazioni tra **Ndpsh** e **Nspt** (standard penetration test).



**Fig. 6 – Caratteristiche della punta utilizzata**

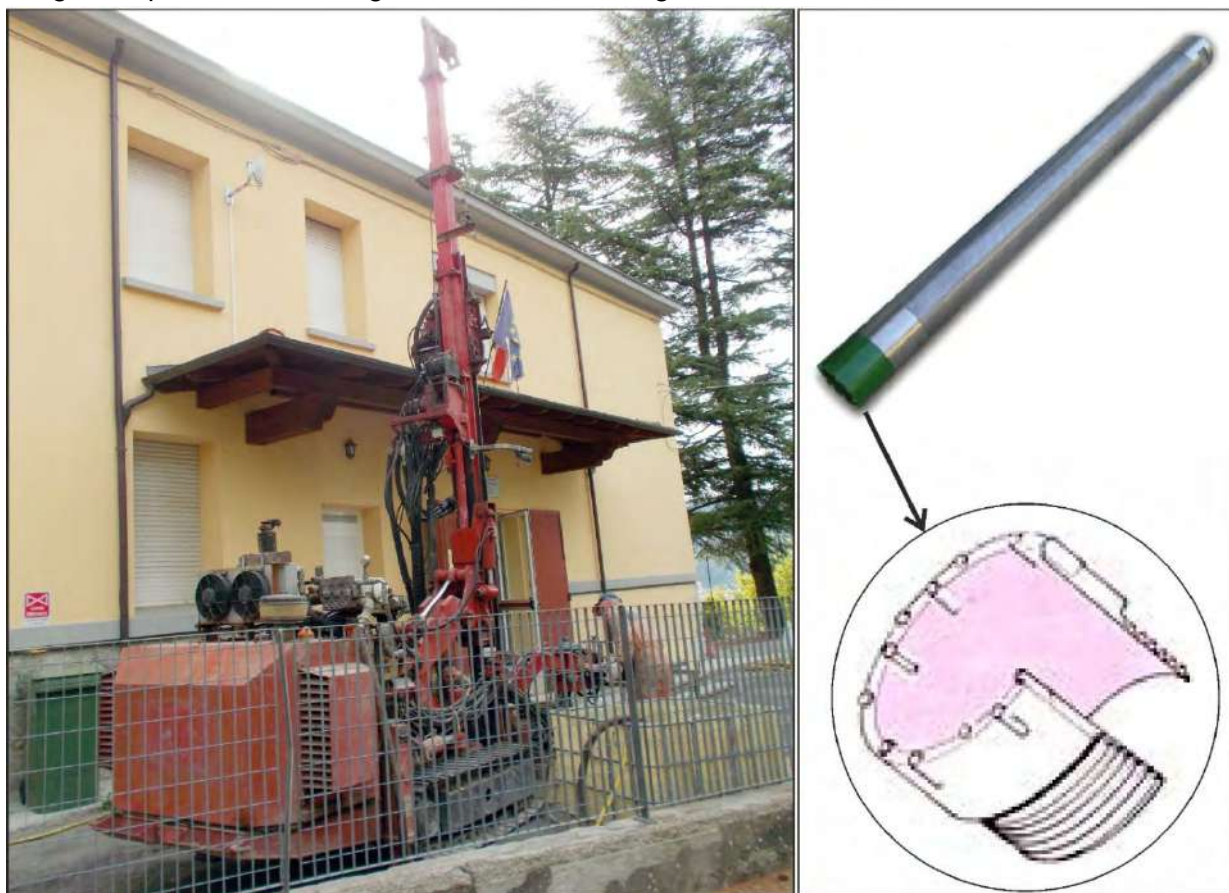
I dati acquisiti sono stati elaborati con software Fondazio modulo dinamiche– del Dott. Diego Merlin.



### 3.2.2 Sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati

Con la finalità di indagare direttamente il sottosuolo in corrispondenza dell'area di intervento, è stato eseguito n. 1 carotaggio continuo con prelievo di campioni di terreno indisturbati. Il sondaggio è stato eseguito utilizzando una sonda idraulica cingolata MORI M40 (fig.7) dotata di coppia di rotazione di 900 kg/m. Per il prelievo dei campioni (carote di terreno) è stato utilizzato un carotiere semplice T1, con diametro esterno pari a 101 mm e corona munita di denti al widiam. Le “carote” di terreno, prelevate nel corso del sondaggi sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC, a 5 scomparti, per una lunghezza totale di 5.00 m cadauna. Il sondaggio a carotaggio è stato spinto fino alla profondità di -15.00 m rispetto al piano di quota cortilivo di accesso attuale su via Fosse Ardeatine.

Il sondaggio è stato eseguito “a rotazione”: tale tecnica consiste nel fare avanzare un utensile “carotiere” per mezzo di una batteria di aste, alla quale viene applicata una spinta assiale ed una coppia di rotazione. La perforazione è inoltre stata eseguita nella modalità a “carotaggio continuo”. Questa tecnica consiste nell'utilizzo di aste cave che prevedono l'utilizzo di un carotiere a pareti sottili per il campionamento del terreno. I campioni sono stati fotografati e catalogati, come visibile nelle foto allegate, la litologia, desunta dalle carote prelevate in continuo, è riassunta nella colonna litostratigrafica presente nei certificati in allegato n°1. Nel corso dei sondaggi sulle carote estratte è stata valutata la resistenza alla penetrazione in condizioni non drenate RP, misurata mediante Pocket Penetrometer (**PP**) e la resistenza al taglio, sempre in condizioni non drenate, mediante Vane Test (**VT**). Tali dati sono riportati nella colonna litostratigrafica presente nell'allegato certificato di indagine.



**Fig. n. 7 – Sonda Idraulica Mori M40 e Carotiere semplice T1 (sulla destra) e particolare della corona munita di denti al widiam**

### Prove Penetrometriche in Foro di Sondaggio S.P.T (Standard Penetration Test.)

La prova SPT consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio. Essa consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63.5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standard (fig. 8)

Il numero dei colpi (N) necessario per una penetrazione del campionatore pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione (NSPT).

Le prove sono state effettuate in corrispondenza dei livelli stratigrafici significativi o variazioni litologiche secondo la Tab. 1 riepilogativa sottostante:

SONDAGGIO	N. S.P.T.	VALORI NSPT	Intervallo di Test dal p.c. (m)
1	1	50 con rifiuto a 10 cm	5.50 m

Tab.3.2 elenco delle prove SPT

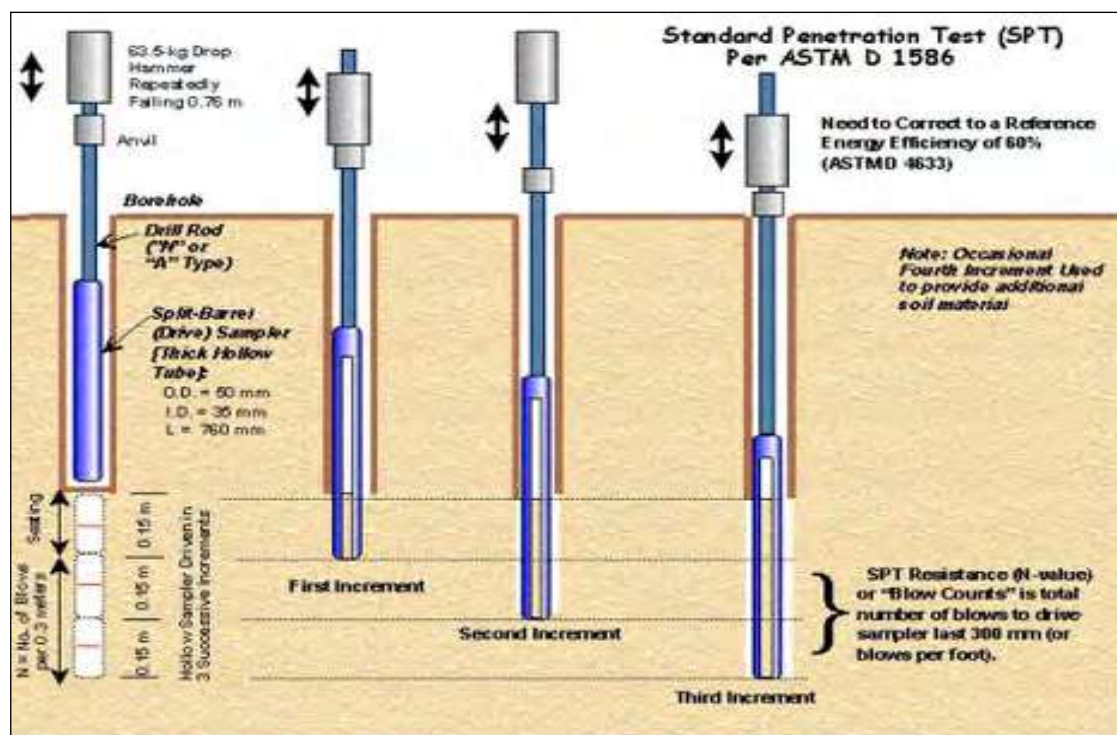
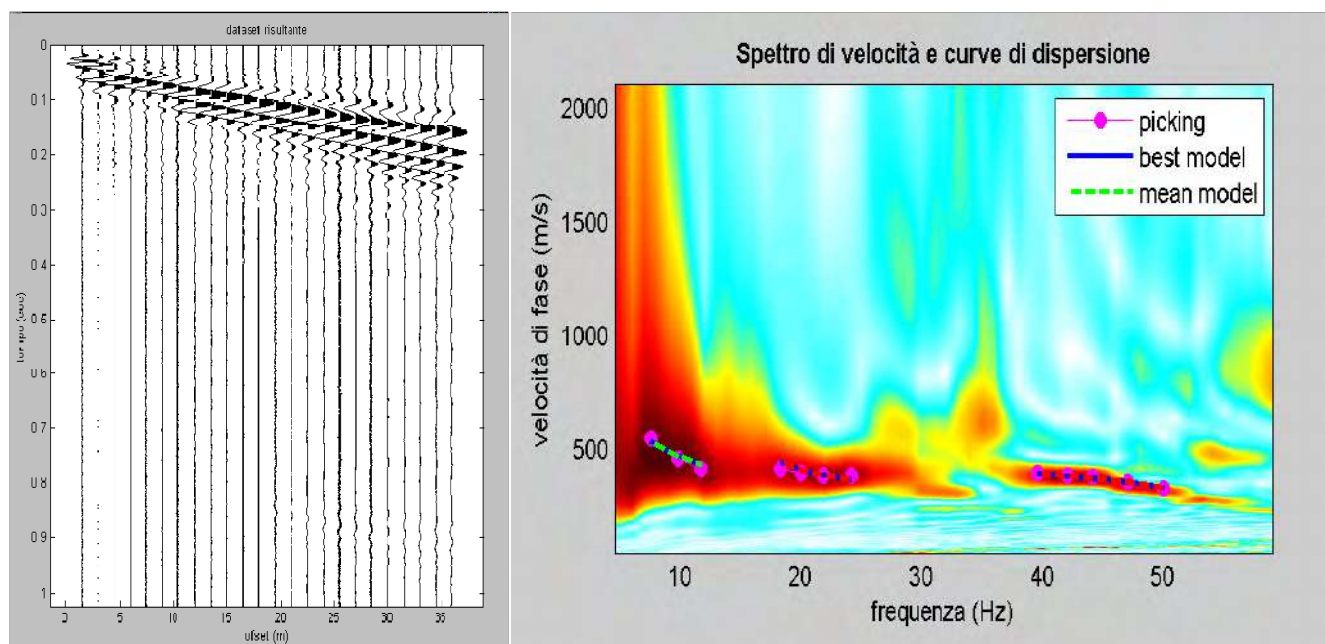


Fig n.8 – Schema di esecuzione della prova penetrometrica in foro SPT

### 3.2.2 Indagine sismica secondo metodologia MASW

Per poter caratterizzare il sottosuolo nei confronti della risposta sismica locale è stata svolta nel 2011, un'acquisizione in dispersione sismica attiva in occasione del precedente studio per la realizzazione del refettorio. Tale tipo di indagine geofisica sfrutta le onde superficiali tipo Rayleigh (MASW-Multichannel analysis of surface waves - Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999), registrate mediante array lineari. Sulla scorta di tali indagini è stato possibile definire le velocità di trasmissione delle onde di taglio S nel

sottosuolo. La tecnica in oggetto permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde di superficie (tipo Rayleigh). Partendo dal sismogramma registrato, generato mediante perturbazione indotta da una sorgente energizzante in asse con lo stendimento, è possibile condurre un'analisi spettrale in termini energetici. Successivamente, attraverso la trasformata di Fourier, si individua la distribuzione dell'energia (spettro) relativa alle velocità di fase e in funzione delle varie frequenze alle quali sono registrate. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità si ottiene la curva di dispersione. Attraverso una fase d'inversione del segnale è infine possibile calcolare il modello sismo-stratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). Tale fase si basa sul principio che le velocità delle onde di Rayleigh sono generalmente 1/9 delle velocità delle onde di taglio (*Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999*). La suddetta analisi è stata realizzata mediante array lineare costituito da n. 24 geofoni verticali, aventi frequenza propria di risonanza pari a 4.5 Hz, spaziatosi di offset pari a 2.00 m. Il segnale analogico derivante dalle apparecchiature geofoni che è stato convertito in segnale digitale mediante sismografo digitale a 24 bit. I parametri di acquisizione utilizzati hanno previsto una velocità di campionamento (sample rate) di 0.2 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Le energizzazioni, eseguite attraverso massa battente da 8.00 Kg, sono state eseguite a 15.00 m, in direzione opposta al geofono corrispondente al primo canale di acquisizione della strumentazione.



**Fig n.9** – a sinistra sismogramma delle onde rifratte, a destra spettro di velocità



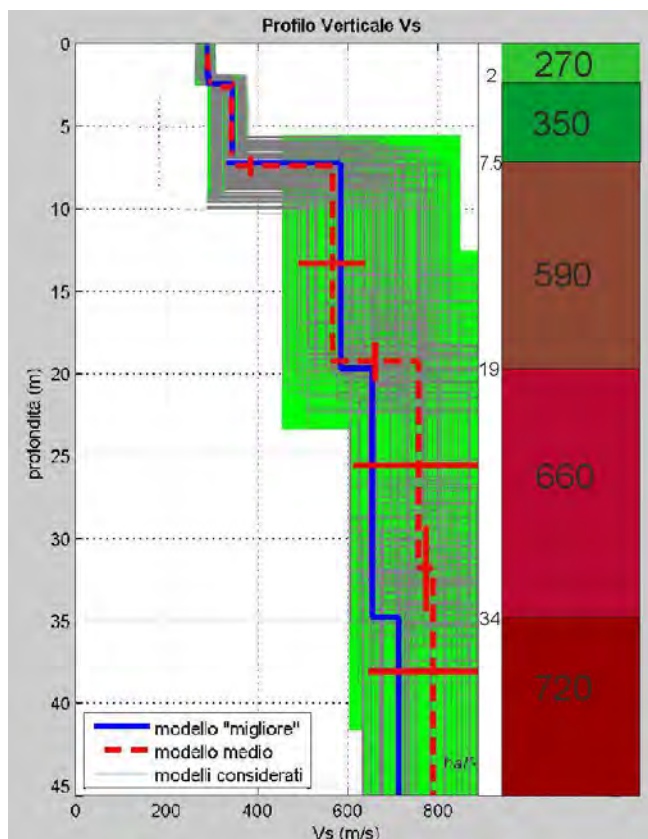


Fig n.10 – log. Vs30 -velocità

La  $V_{s30}$  è stata ricavata dalla formula:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Tale valore, nell'area indagata, per la classificazione sismica dei terreni di fondazione seguendo le indicazioni dell'O.P.C.M. 3274, è risultata di **508 m/s**

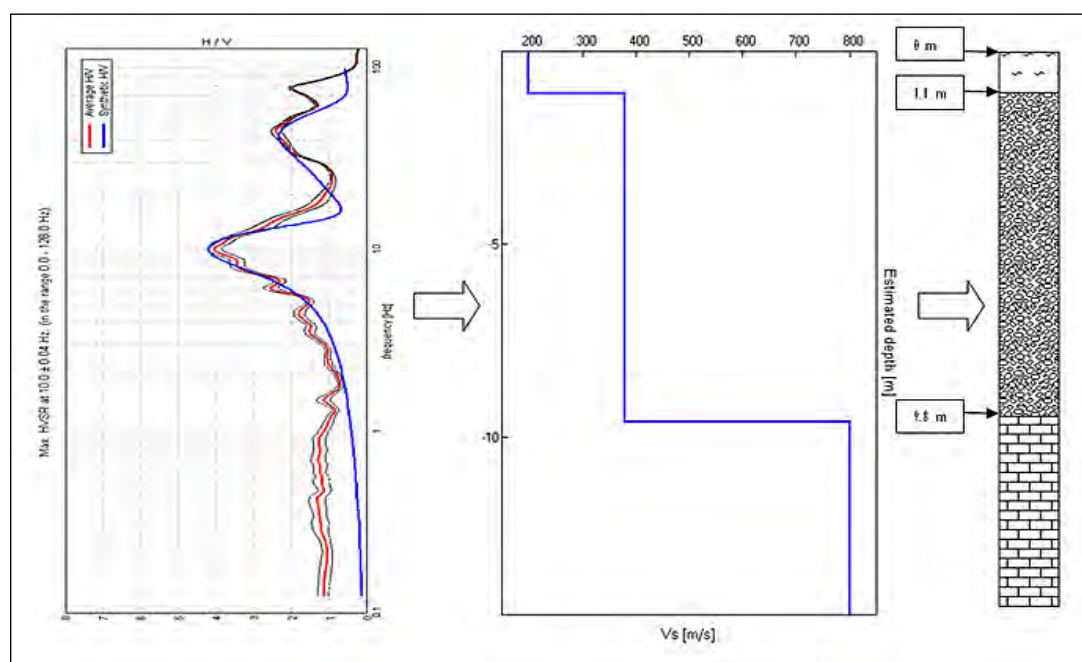
### 3.2.3 Indagine sismica a stazione singola secondo metodologia a microtremori HVSR

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando un sistema di terna geofonica da 0,1 a 2,5 Hz ed acquisendo passivamente i segnali di vibrazione prodotti da rumore ambientale. E' stata eseguita la caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva "Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura" (HVSR), al fine di individuare le frequenze caratteristiche di risonanza di sito e la categoria sismica del suolo. Si riporta in allegato una sintesi esplicativa di tale metodo e le caratteristiche della strumentazione utilizzata.

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso. L'utilizzo di algoritmi di calcolo finalizzati ad una modellizzazione sintetica dello spettro H/V, permette di correlare ogni picco spettrale con le discontinuità presenti nel sottosuolo (per esempio i cambi litologici). I dati che si possono ricavare sono spessori, profondità e velocità di propagazione delle onde di taglio all'interno del sismo-strato individuato. Tramite



l'elaborazione di modi superiori e l'analisi dell'andamento delle tre componenti del moto, è possibile distinguere i picchi di origine naturale da quelli generati dai modi superiori o da artefatti, al fine di garantire una corretta interpretazione dello spettro sismico registrato. La tecnica dei rapporti spettrali (**HVSR**) trova la sua massima applicazione negli studi di microzonazione sismica poiché fornisce un parametro fondamentale (frequenza propria di risonanza di sito) per una corretta **progettazione di edifici antisismici**. Negli ultimi anni si è affermata anche per la sua **versatilità** poiché si è dimostrato come lo spettro sismico può rappresentare un modello sismo – stratigrafico del sottosuolo (vedi esempio sotto).



**Fig. 11** modellazione sintetica curva HV

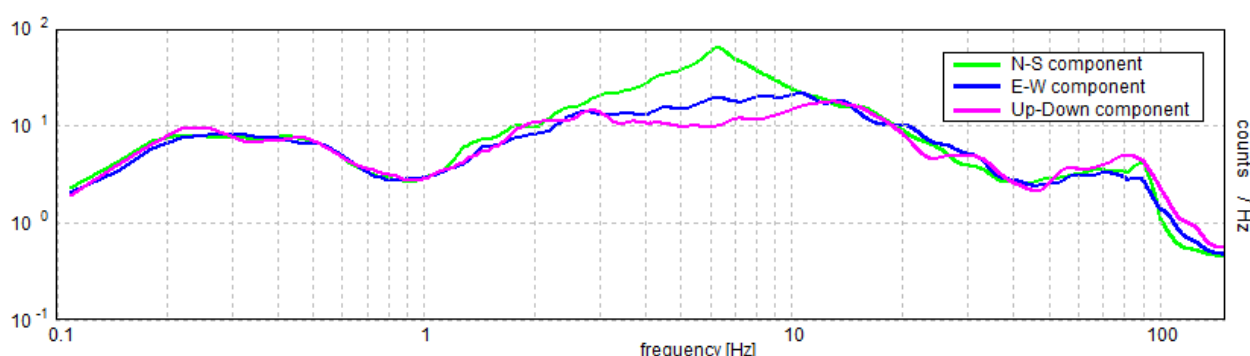
### **I risultati che si possono ottenere da indagini sismiche HVSR sono:**

- La frequenza caratteristica di risonanza del sito, che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici antisismici. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare strutture aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno, per evitare l'effetto di "doppia risonanza", fenomeno estremamente pericoloso per la stabilità delle costruzioni.
- 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 costruzione potrà essere o meno a rischio.
- La velocità media delle onde di taglio Vs calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, etc.) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la Vs30 e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018.

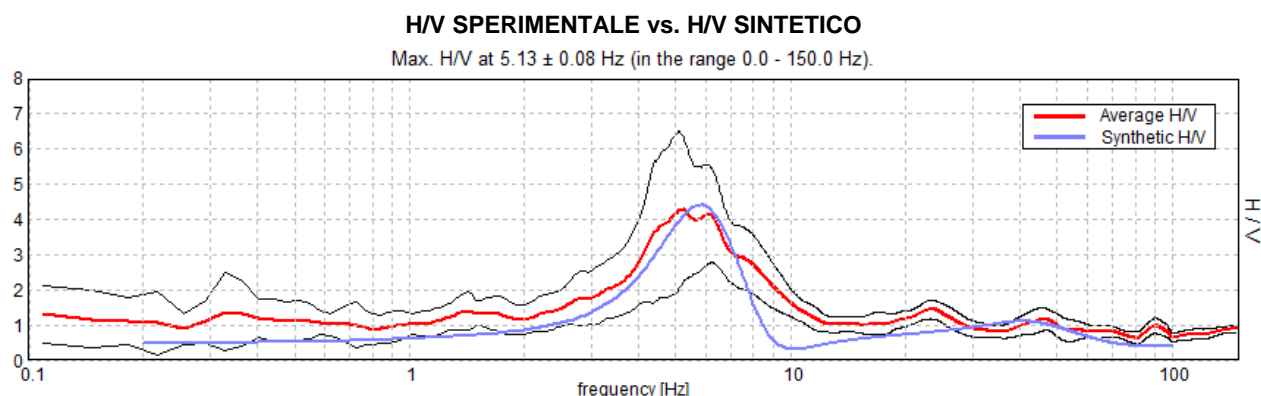
- La stratigrafia del sottosuolo con un range di indagine compreso nei primi 50 metri. Il principio su cui si basa la tecnica HVSR, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato, inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

### **Risultati ottenuti in sito dall' indagine sismica HVSR**

La curva HVSR ottenuta dall'indagine e riportata in figura 13, ha evidenziato un picco a 5.13 HZ, evidenziato anche dalla curva della componente verticale (up-down); tale dato indica il contrasto di impedenza tra la copertura superficiale e le sottostanti arenite addensate. L'inversione del flesso della curva evidenzia un cambio litologico corrispondente alla formazione coerente limo - argillosa e la formazione arenaceo siltosa.



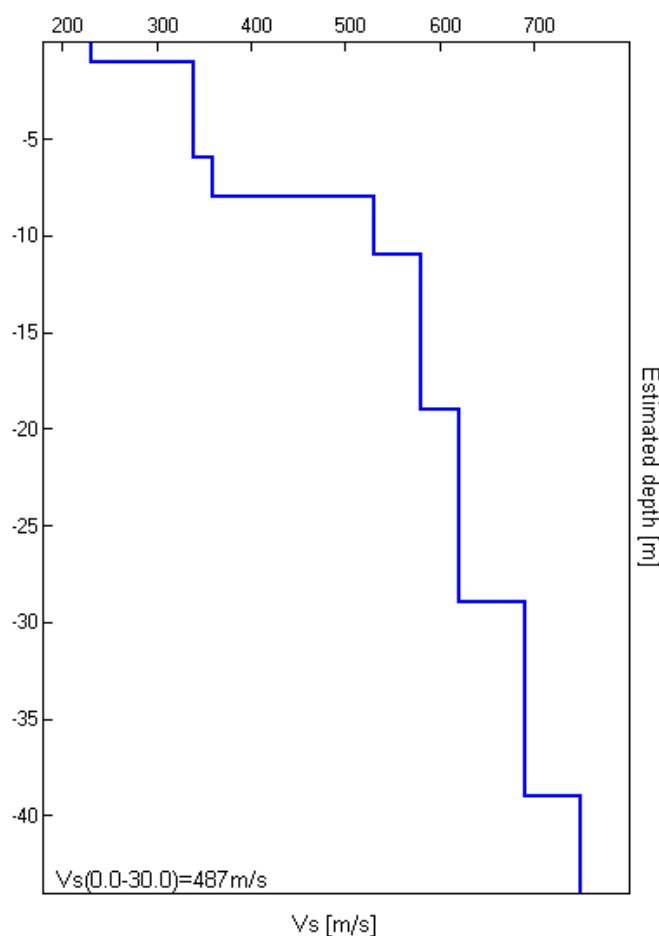
**Fig. 12** spettri singole componenti



**fig. 13** HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	230	0.45
6.00	5.00	340	0.40
8.00	2.00	360	0.35
11.00	3.00	530	0.35
19.00	8.00	580	0.35
29.00	10.00	620	0.35
39.00	10.00	690	0.30
inf.	inf.	750	0.30

$V_s(0.0-30.0)=435$  m/s



**fig. 14**, log sismostratigrafico Vs30

## 4. MODELLO GEOLOGICO/STRATIGRAFICO

### 4.1 Caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo

Nelle figure schematiche illustrate successivamente si riassumono le caratteristiche litologiche e il relativo assetto delle unità litostratigrafiche individuate nel corso delle indagini eseguite. Il modello stratigrafico è stato definito sulla scorta delle indagini eseguite, integrato dai dati diretti provenienti dal carotaggio continuo eseguito. Per quanto riguarda la soggiacenza della falda freatica, essa è strettamente connessa con gli eventi meteorici, trattasi di infiltrazioni superficiali che possono circolare all'interno dei primi 7,0/8,0 m di materiale detritico semi-permeabile e che lentamente defluiscono verso valle. Sulla scorta delle risultanze delle indagini eseguite, si sono definiti due profili di terreno data la variabilità areale e verticale degli stessi. **PROFILO 1**, zona Ovest e Sud: le prove 1-2-3-4-S1 (2017), 2.2 (2011) evidenziano un metro di riporto e, sino a circa -7,00 m, una sottostante copertura detritica a resistenza variabile costituita da detrito limoso sabbioso con presenza di trovanti arenaceo siltosi localmente molto fratturati e/o alterati, caratterizzati da Resistenze alla Penetrazione Dinamica QCd da 1,5 a 25,0 Mpa. Il Substrato, alterato/fratturato al tetto, è costituito da areniti siltose e peliti marnose stratificate sino a -15,00 m. **PROFILO 2**, zona Est-Valle e Nord Centrale: le prove 5-6 (2017), 1-3-4-1.2-3.2 (2011) evidenziano riporto detritico superficiale fine limoso – argilloso sabbioso dello spessore di circa 2,0 m (colpi 1-8, Resistenza alla Penetrazione Dinamica QCd da 1,0 a 6,0 Mpa). Successivamente, sino a circa -8,0 m, si riscontra la

copertura detritica costituita da detrito limoso sabbioso con presenza di trovanti e roccia arenacea siltosa localmente molto fratturata e/o alterata che ha impedito l'approfondirsi delle prove (colpi >50, Resistenza alla Penetrazione Dinamica QCd >30,0 Mpa). Il Substrato, alterato/fratturato al tetto è costituito da Areniti siltose e peliti marnose stratificate sino a -15,00 m.

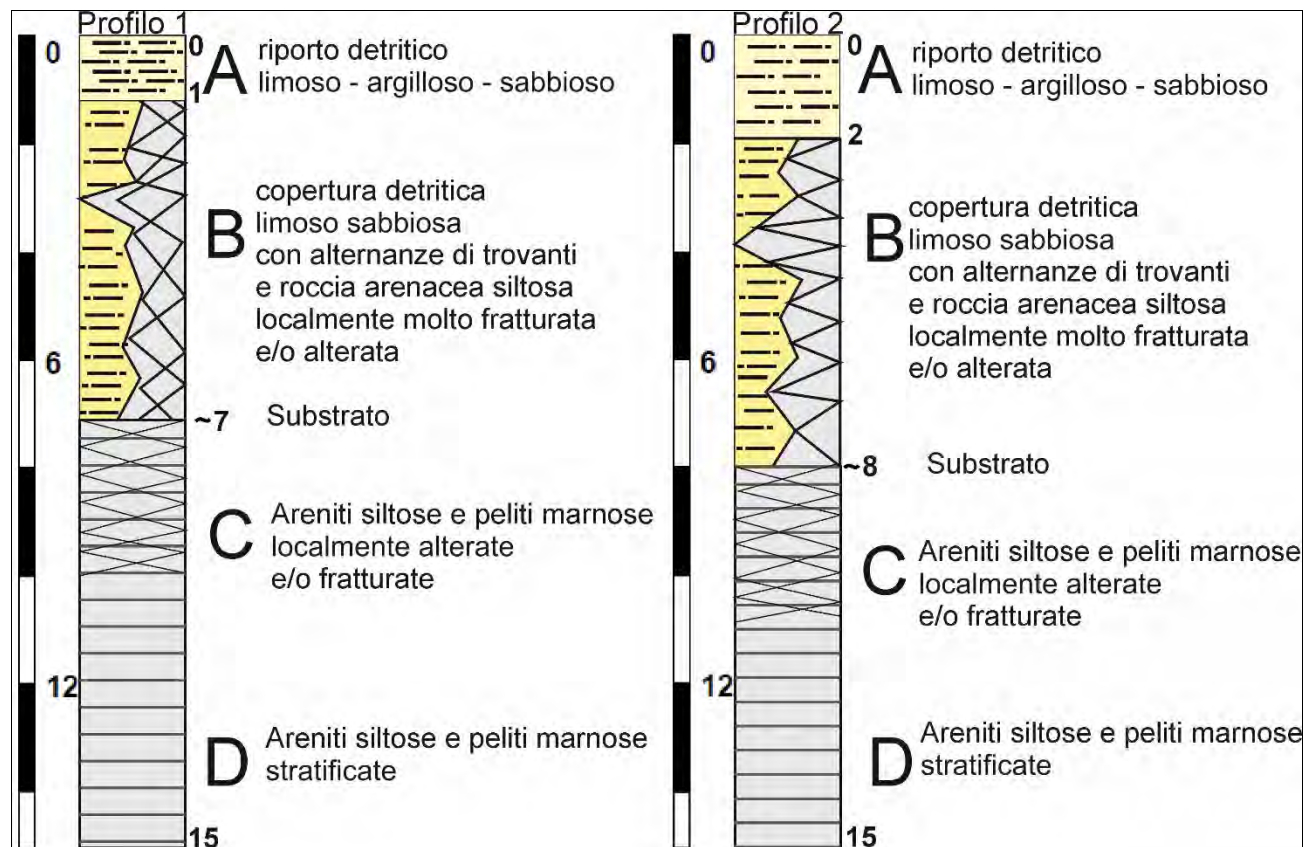


fig. 15, profili e modelli litostratigrafici

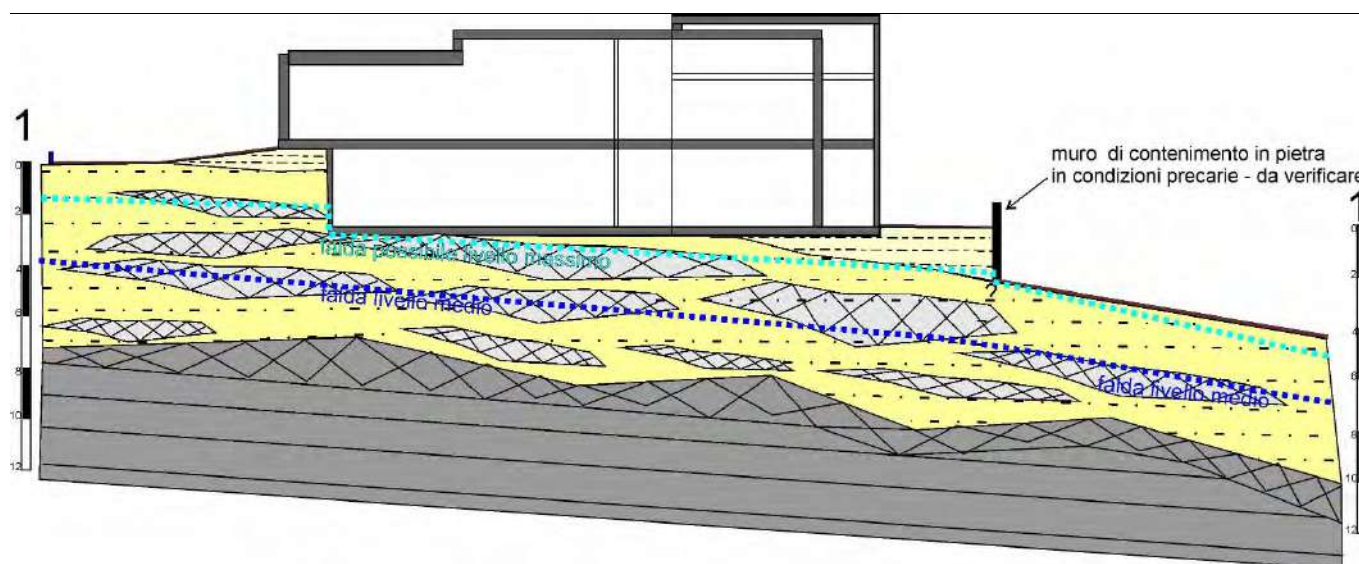


fig. 16, sezione stratigrafica 1-1



## 5. MODELLO GEOTECNICO

Sulla base delle indagini effettuate, e delle prove di laboratorio eseguite sulle carote di terreno estratte è stato possibile elaborare il seguente modello geologico e di parametrizzazione ai fini della valutazione preliminare delle resistenze geotecniche dei terreni indagati.



fig. 17, modello geotecnico

Cu=Coazione non drenata,  $\phi'$ =angolo di attrito interno, Y=peso di Volume, Y'= peso di volume saturo, G=modulo di Taglio dinamico, Mo=modulo di deformazione edometrico, E'= modulo di deformazione drenato, Nspt= numerodi colpi infissione Standard Penetration Test, Dr=densità relativa

## 6. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

### 6.1 Risultati delle indagini geofisiche e identificazione della categoria di sottosuolo secondo (D.M. 17/01/2018) APPROCCIO SEMPLIFICATO

Ai fini della caratterizzazione geofisica del sito, sono state eseguite indagini sismiche MASW (2011) e HVSr (2017). Si sono prese anche a riferimento le indagini geofisiche effettuate in zona durante gli studi di microzonazione sismica della frazione di Rocca Malatina. In allegato al presente elaborato viene illustrata l'elaborazione delle suddette indagini, con identificazione del profilo delle onde di taglio S.

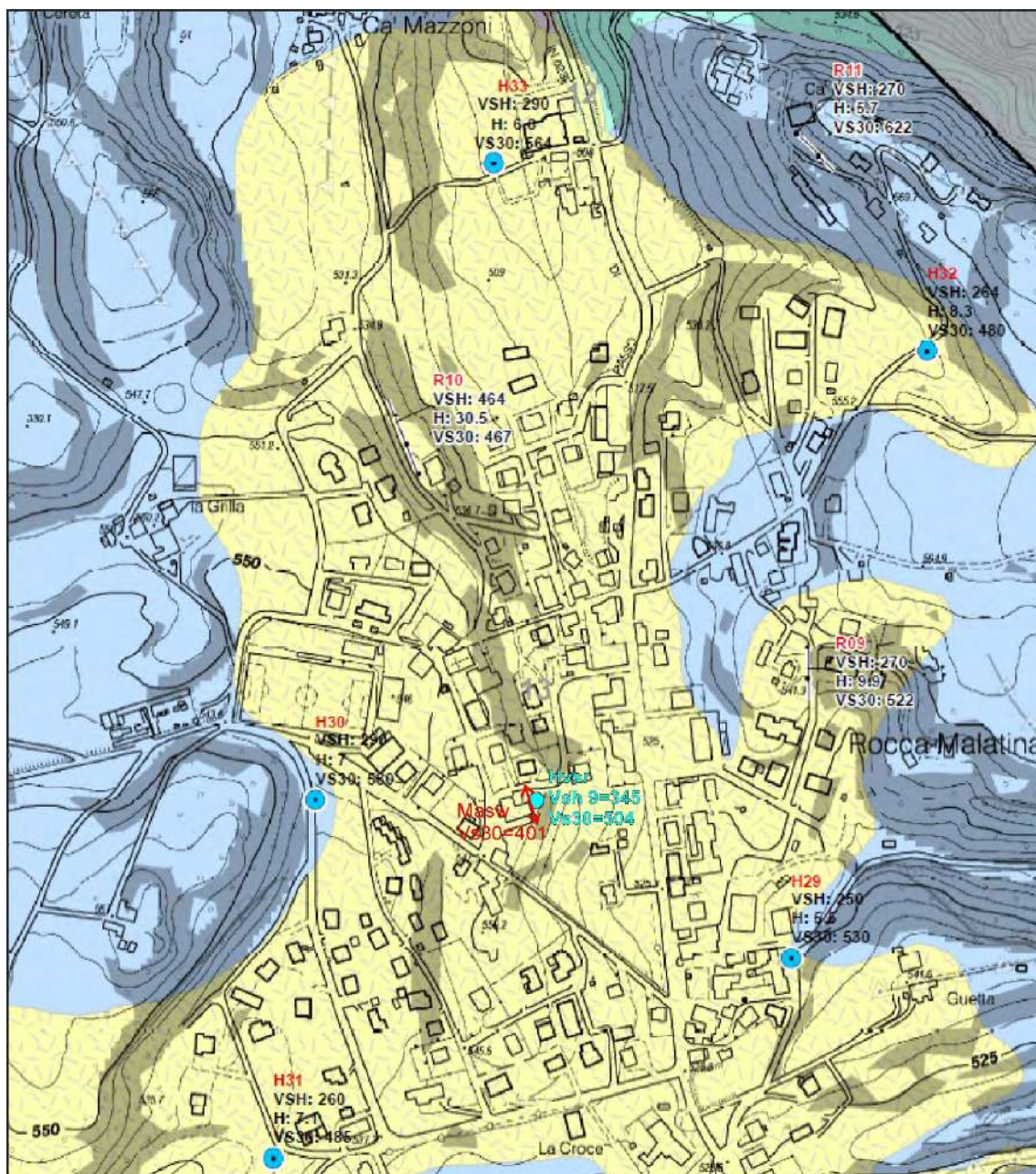


fig. 18, carta delle indagini geofisiche e delle velocità Roccamalatina

#### Determinazione del parametro $V_{s30}$ ai sensi del D.M. 17/01/2018

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore  $h(strato)$  e dalla velocità delle onde S  $V_s(strato)$ . Per H si intende la profondità del substrato SISMICO

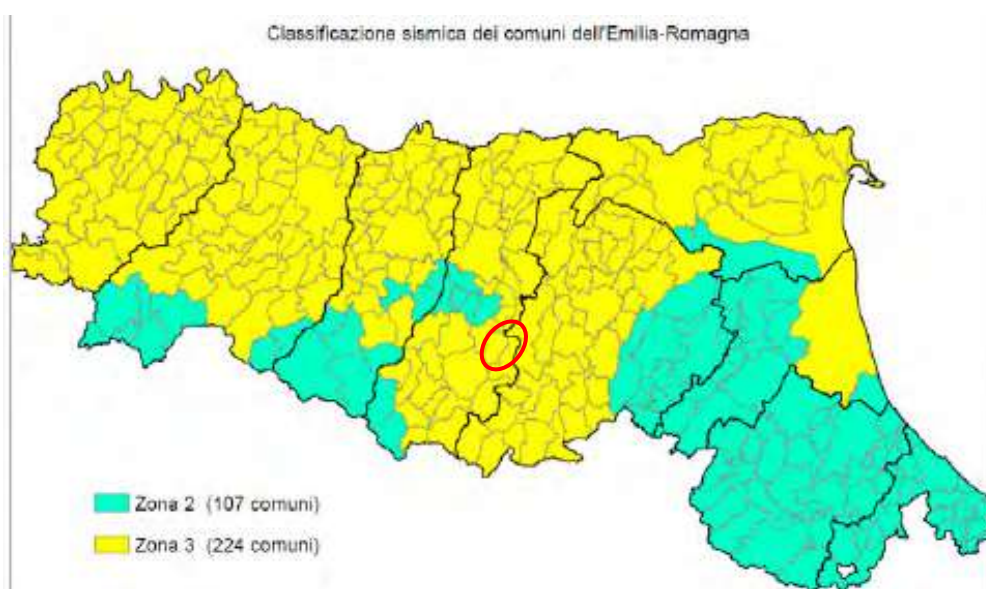


(in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s. Il Substrato può manifestare comportamento da bedrock sismico anche con  $V_s < 800$  m/s. Purchè il contrasto di impedenza sismica tra substrato e copertura sia significativo ( $>2$ ). Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

I successivi studi di Risposta Sismica locale hanno evidenziato una possibile amplificazione per effetti topografici. I profili di velocità individuati permettono di classificare il sottosuolo analizzato secondo la CATEGORIA **B** con amplificazione Topografica secondo normativa tecnica nazionale NTC 2018.

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO				
MASW 2011	$V_{s30} = 508$ m/s			Categoria B + T3 (1.20)
Hvsr 2017	$V_{s30} = 487$ m/s		5,13 HZ	Categoria B + T3 (1.20)

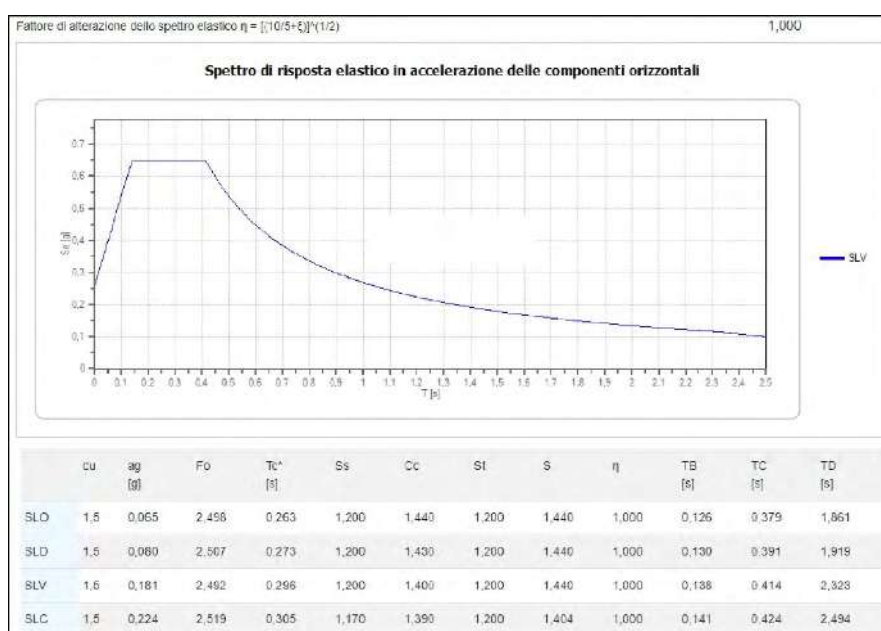
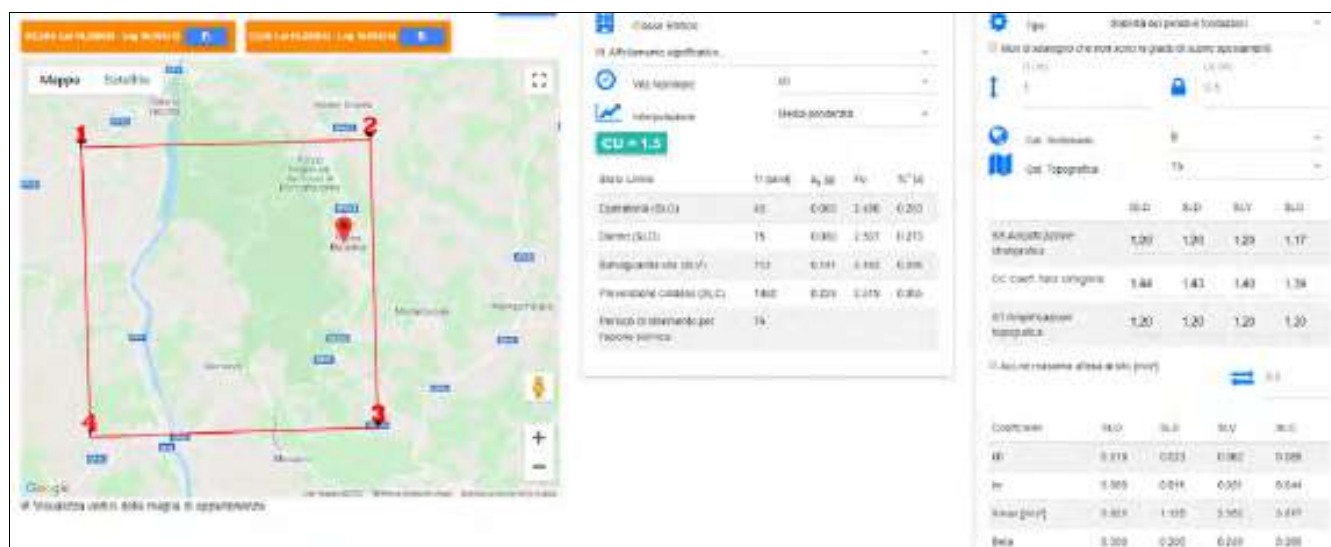
Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale proposta a partire dall'O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche, il **Comune di Guiglia (MO)** risulta appartenente alla classe di sismicità 3.



**fig. 19:** Classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna (DGR 1164/2018).

La suddivisione del territorio nazionale in zone a diversa classe di sismicità, caratterizzate da un valore di accelerazione di picco ed un corrispondente spettro di risposta elastico da utilizzare nella progettazione, risulta in realtà superata dall'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018. Sulla base dei contenuti delle NNTC 2008 e delle successive NTC 2018, per ogni costruzione deve essere definita un'accelerazione di riferimento propria, in funzione delle coordinate geografiche dell'area e della vita nominale dell'opera. Per l'area in oggetto, identificata dalle seguenti coordinate geografiche (Sistema di riferimento ED50): Latitudine: 44.389643°, Longitudine: 10.965310°, in relazione a un periodo di riferimento TR stimato di 712 anni, è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa ag pari a ag attesa= 0.181.

**Amministrazione Comunale di Guiglia – Demolizione e Ricostruzione scuola Primaria Roccamalatina – via Fosse Ardeatine – RELAZIONE GEOLOGICA – determina n°.... del ... Gennaio 2020 Cig.n°.....**



**fig. 20, Calcolo speteeo di Risposta Elastico SLU SLV con approccio semplificato**

L'accelerazione orizzontale di picco attesa  $a_g$  è definita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale. L'accelerazione  $a_g$  rappresenta uno dei parametri principali che definisce la pericolosità sismica di base, insieme ai parametri FO e Tc\* dello spettro di risposta elastico, desumibili nelle tabelle riportate sopra.

Per la definizione dell'azione sismica, sulla base di quanto previsto dalle N.N.T.C., si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche del sito, in funzione delle quali si definiscono l'entità dell'amplificazione stratigrafica e topografica. Sulla base delle NTC 2018, e tenendo conto dei dati ottenuti dalle indagini geofisiche eseguite in sito, si classifica il terreno di fondazione in oggetto, come appartenente alla categoria B.



Si ricava quindi il fattore stratigrafico  $S_s$ , caratteristico del sito secondo le N.N.T.C., mediante la seguente relazione, essendo in classe C si avrà:

$$S_s = 1.00 \leq 1.40 - (0.40 \times F_o \times a_g/g) \leq 1.2 \quad (4.1)$$

dove:

- $F_o$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2; per il sito oggetto di studio tale valore, calcolato mediante l'utilizzo di apposito software, risulta pari a 2.492;
- $a_g/g$  = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a 712 anni/accelerazione di gravità;
- $SS$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione 4.1; per il sito oggetto di studio risulta pari a 1.20.

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si calcola il fattore topografico  $ST$  dalla seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	1.2
T3	<b>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>15^\circ \leq i \leq 30^\circ</math></b>	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$	1.4

Per l'area studiata, sita in una zona di collina sulla sommità di una dorsale tra due versanti, si ritiene prudentiale considerare un'amplificazione T3, con fattore topografico  $ST$  pari a 1.2

In base a tali valori del fattore stratigrafico  $SS$  e del fattore topografico  $ST$  si procede al calcolo dell'accelerazione massima orizzontale  $A_{max}$ :

$$A_{max} = SS \cdot ST \cdot a_g = 1.20 \cdot 1.20 \cdot 0.181g = 0.261g$$

## 6.2 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE Azione sismica di riferimento con approccio III livello di approfondimento

Poiché l'opera in questione risulta essere di rilevante interesse pubblico, alla luce di quanto esposto nel § 7.11.3 del D.M. 17/01/2018 e in accordo con quanto esposto nella DGR n. 630 del 29 aprile 2019 della Regione Emilia Romagna, deve essere definita l'azione sismica di progetto secondo uno studio di risposta sismica locale di III livello di approfondimento. Per ottemperare ai riferimenti normativi citati l'analisi deve essere svolta attraverso analisi numerica monodimensionale in campo lineare equivalente.

Ai fini della restituzione dello spettro di risposta elastico, relativi allo stato limite considerato, deve essere svolta la verifica dell'amplificazione del sito mediante l'utilizzo di un modello simulato in campo lineare equivalente per verificare i parametri di rigidezza e smorzamento che sono dipendenti dallo stato di deformazione del terreno. Per fare ciò è stato utilizzato come strumento di lavoro il software di calcolo STRATA (University of Texas - Austin).

Ai fini della restituzione degli spettri di accelerazione, relativi allo stato limite SLV Tr 712 anni, è stata svolta la verifica dell'amplificazione del sito mediante l'utilizzo di un modello simulato in campo lineare equivalente.

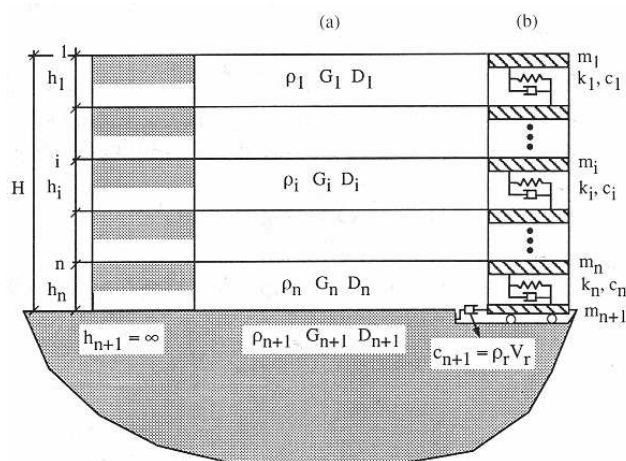
Utilizzando un modello lineare equivalente è possibile ottenere una soluzione di un modello non lineare, attraverso analisi lineari complete nelle quali al termine di ogni interazione vengono aggiornati i parametri di rigidezza e smorzamento che sono dipendenti dallo stato di deformazione del terreno. A seguito di un'iterazione di calcoli si raggiunge la convergenza prefissata a monte della fase di computazione.

Il software STRATA è in grado di valutare la risposta sismica di un deposito di terreno, considerando un profilo monodimensionale in cui si propagano linearmente le onde sismiche, in funzione dei parametri dinamici attribuiti al terreno. Il terreno viene schematizzato come un sistema di N strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici, sovrastanti un semispazio uniforme, attraversati da un treno di onde di taglio che incidono verticalmente le superfici. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore H, del modulo di taglio massimo Gmax o dalla corrispondente velocità massima Vmax, dal valore dello smorzamento D, dal peso dell'unità di volume  $\gamma$  e dalle curve di decadimento del modulo di rigidezza a taglio normalizzato ( $G / G_0 - \gamma$ ) e le corrispondenti curve dello smorzamento ( $D - \gamma$ ) con la deformazione di taglio  $\gamma$ . Il modello lineare visco-elastico fa riferimento al modello reologico di Kelvin-Voigt, costituito da una molla e uno smorzatore viscoso in parallelo. Tale modello è descritto quindi dalla rigidezza (G) e dallo smorzamento (D). L'onda monodimensionale viene descritta dall'equazione in cui lo spostamento provocato (u) è funzione della profondità (z) e del tempo (t):  $u(z,t) = A \exp[i(\omega t + k * z)] + B \exp[i(\omega t - k * z)]$ . Nell'equazione appena presentata A e B rappresentano le corrispettive amplificazioni del tetto e della base dello strato considerato. Il fattore  $k^*$  risulta dipendente dal modulo di taglio (G), dal grado di smorzamento (D) e dalla densità del terreno ( $\rho$ ). Le relazioni sono le seguenti:

$$k^* = \frac{\omega}{v_s^*}$$

$$v_s^* = \sqrt{\frac{G^*}{\rho}} \qquad G^* = G \left( 1 - 2D^2 + i2D \sqrt{1 - D^2} \right) \approx G(1 + i2D)$$

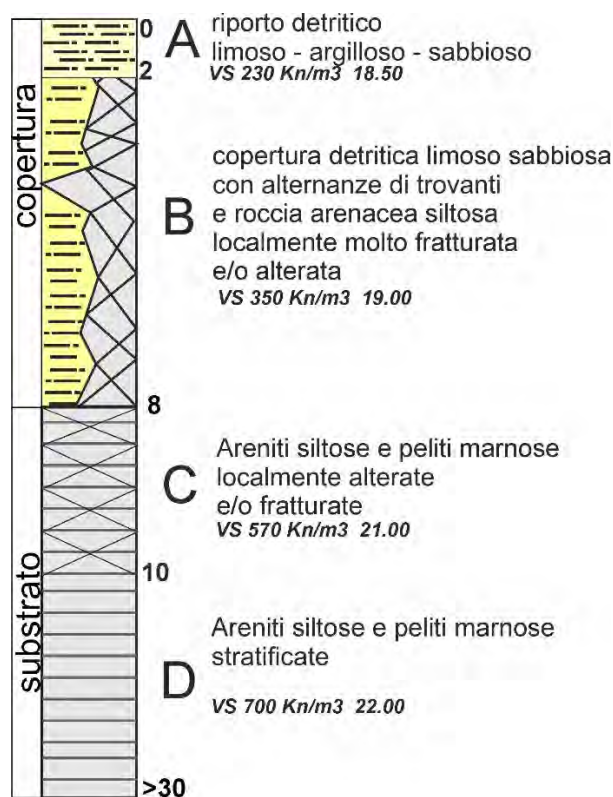
Dove  $G^*$  e  $v_s^*$  rappresentano il modulo di taglio e la velocità di taglio.



**Fig. 21** - Modello a strati continui adottato per la simulazione con il codice di calcolo STRATA.

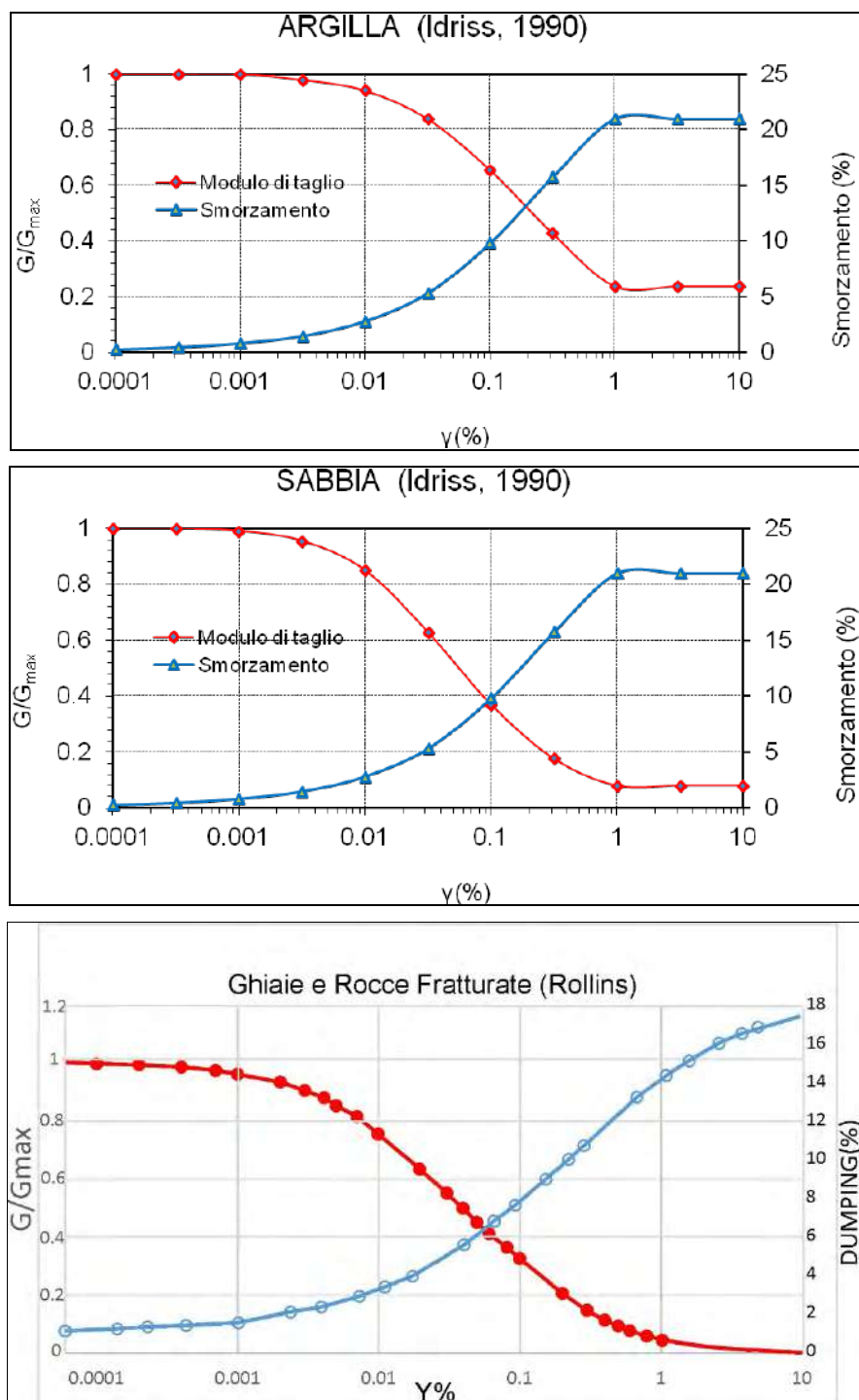
### MODELLO SIMULATO E DATI DI DISAGGREGAZIONE SISMICA

Il modello simulato deriva dai dati ottenuti dalle prove che compongono la campagna geognostica e geofisica eseguita in sito. Tale profilo approssima il comportamento del sottosuolo, dal punto di vista sismico, in corrispondenza dell'area studiata. Il profilo considerato deriva dall'interpolazione dei dati provenienti dalle indagini stratigrafiche e geofisiche eseguite, e i dati, di natura bibliografica, disponibili per il sito di riferimento. Il profilo sismico del sottosuolo utilizzato per la modellazione della RSL deriva dall'elaborazione delle indagini HVSR e MASW eseguite in sito integrate con dati derivanti dallo studio di Microzonazione sismica di II livello del territorio Comunale. Si illustra successivamente il modello utilizzato:



**Fig. 22** - Modello simulato sismostratigrafico utilizzato per la verifica RSL

Per descrivere il comportamento dinamico dei terreni costituenti il modello sono state considerate curve di decadimento dei moduli di rigidezza e smorzamento, al variare della deformazione percentuale  $\gamma(\%)$ . Si riportano successivamente le curve di decadimento considerate per l'esecuzione del calcolo di risposta sismica locale:



**Fig. 23** Curve di decadimento dei moduli  $G/G_{max}$  e  $D$ , utilizzate per descrivere il comportamento dei materiali coesivi e granulari che compongono il sottosuolo in oggetto.

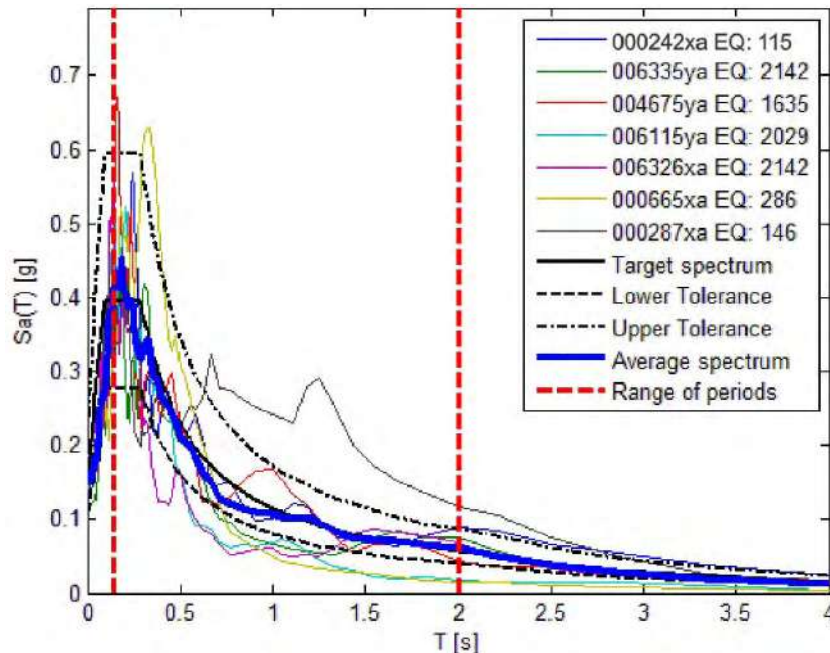


Trattandosi di una verifica diretta ai fini progettuali, in accordo con quanto esposto nel § 7.3 delle NTC 2018, l'analisi RSL in oggetto è stata svolta adottando come input sismico 7 accelerogrammi, corrispondenti allo stato limite SLV tr 712 anni. Gli accelerogrammi reali e misurati, sono stati individuati mediante l'utilizzo del software REXEL v. 3.5 (Computer aided code-based real record selection for seismic analysis of structures) realizzato dal Dipartimento di Strutture per l'ingegneria e l'architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Utilizzando le coordinate relative al sito di riferimento, considerando una categoria di sottosuolo A e una classe d'uso pari a III e una vita nominale pari a 50 anni, sono stati definiti n. 7 accelerogrammi per lo stato limite SLV. Si è inoltre valutato il grado di disaggregazione sismica che statisticamente dà i valori di magnitudo e distanza per il valore di ag sito specifico.



**Fig. 24** Dati di disaggregazione sismica

Gli accelerogrammi sono stati prelevati dal “European Strong-motion Database”.



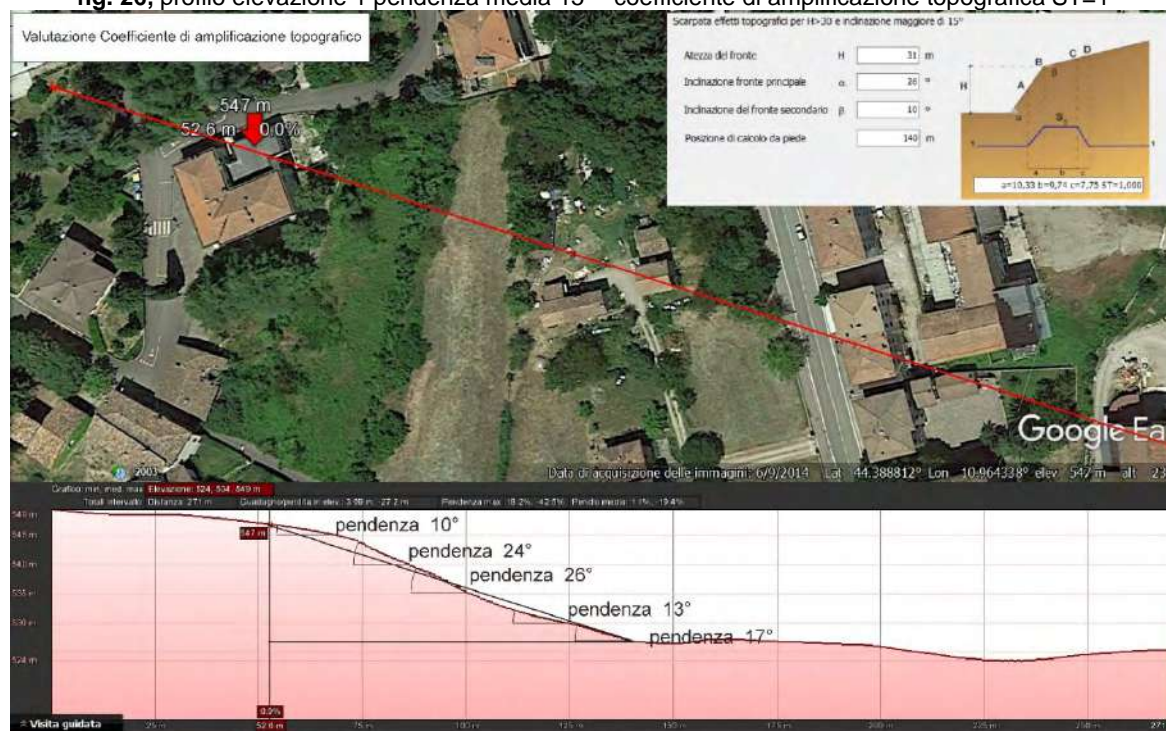
**Fig.25** Forme spettrali relative agli accelerogrammi considerati

### VALUTAZIONE GEOMETRICA DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Sulla base delle tracce di sezione evidenziate in figura 26-27-28 sono stati calcolati i potenziali fattori di amplificazione per particolari configurazioni topografiche di versante e di cresta. Ne risulta che è possibile un fattore topografico di amplificazione per una configurazione topografica di cresta (fig.28), con coefficiente calcolato di  $ST=1,065$ .

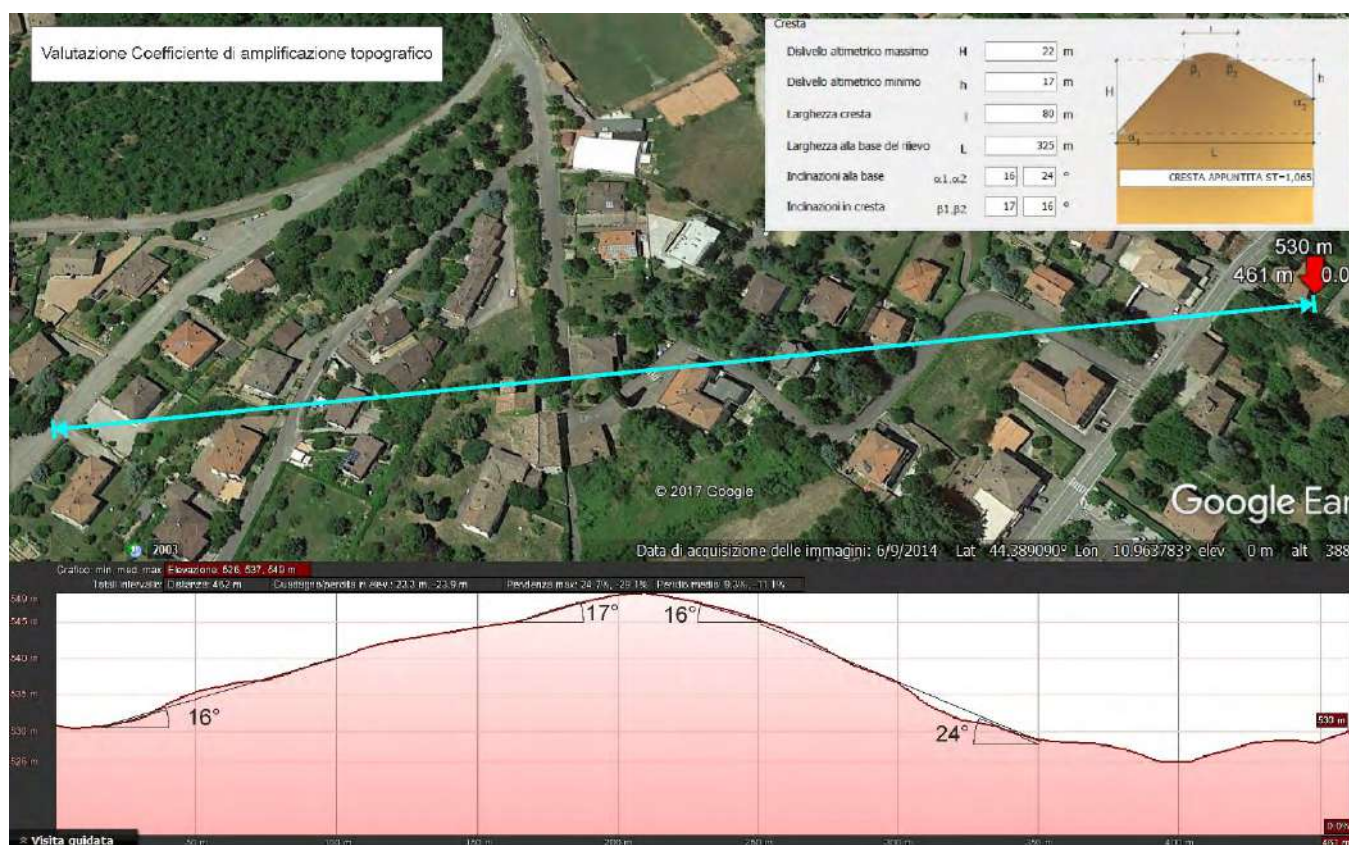


**fig. 26, profilo elevazione 1 pendenza media 15° coefficiente di amplificazione topografica  $ST=1$**



**fig. 27, profilo elevazione 2 pendenza media >15° coefficiente di amplificazione topografica  $ST=1$**





**fig. 28, profilo 3 configurazione topografica di cresta coefficiente di amplificazione topografica  $ST=1,065$**

## RISULTATI OTTENUTI

Sulla scorta delle verifiche svolte mediante software STRATA, in riferimento al modello considerato, è stato possibile definire, nel dominio delle frequenze, la funzione TF (Funzione di trasferimento) e rapporto spettrale di amplificazione associato. Per via grafica si inserisce successivamente la funzione di trasferimento TF ottenuta a seguito dell'analisi RSL in oggetto. Attraverso tale funzione è possibile definire il campo di frequenze entro il quale il sottosuolo, in corrispondenza del sito in oggetto, amplifica il segnale sismico, oltre che a quantificare l'amplificazione stessa.

Definiti i parametri che descrivono il comportamento del sottosuolo nel campo elastico lineare equivalente e descritti gli accelerogrammi su suolo rigido validi per il sito in oggetto, attraverso il software STRATA sono state definite le seguenti forme spettrali, in termini accelerazione e velocità alla superficie.

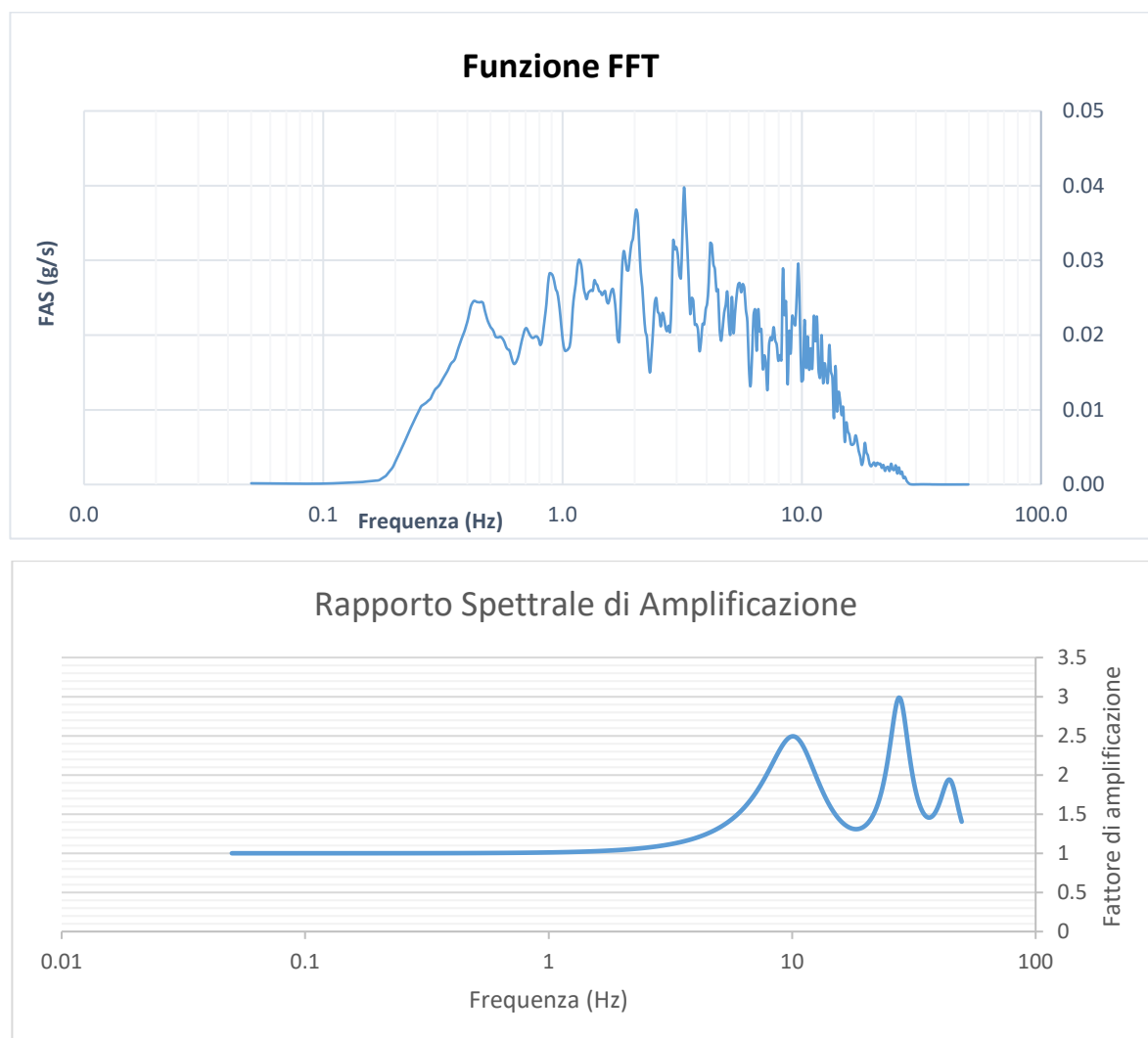


Fig. 29 Dall'alto: funzione FFT e rapporto spettrale di amplificazione.

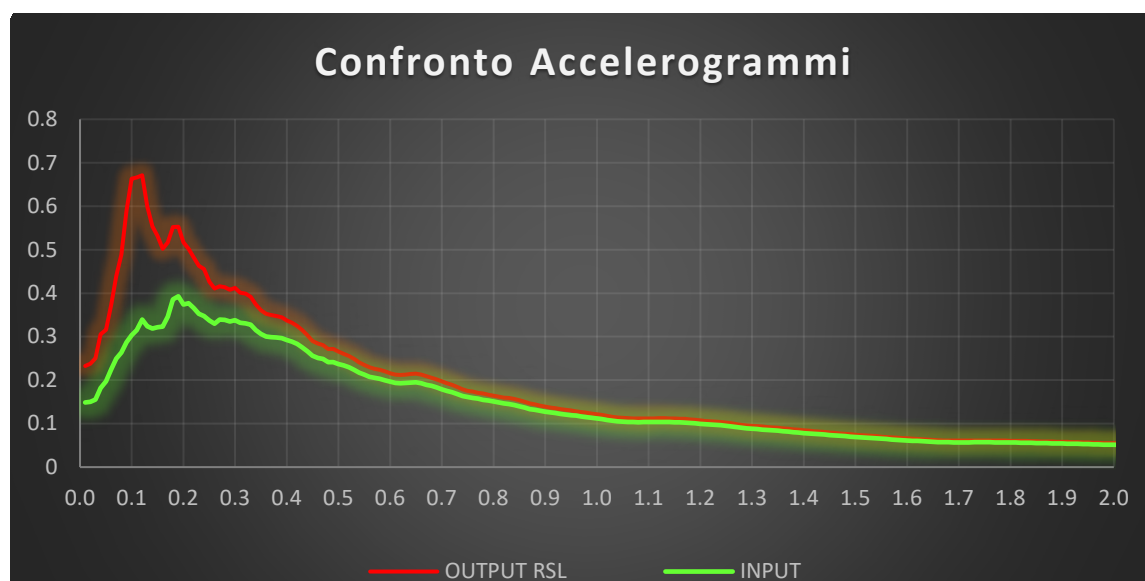




Fig. 30 Accelerazioni spettrali relative a un periodo di ritorno pari a 712 anni (SLV)

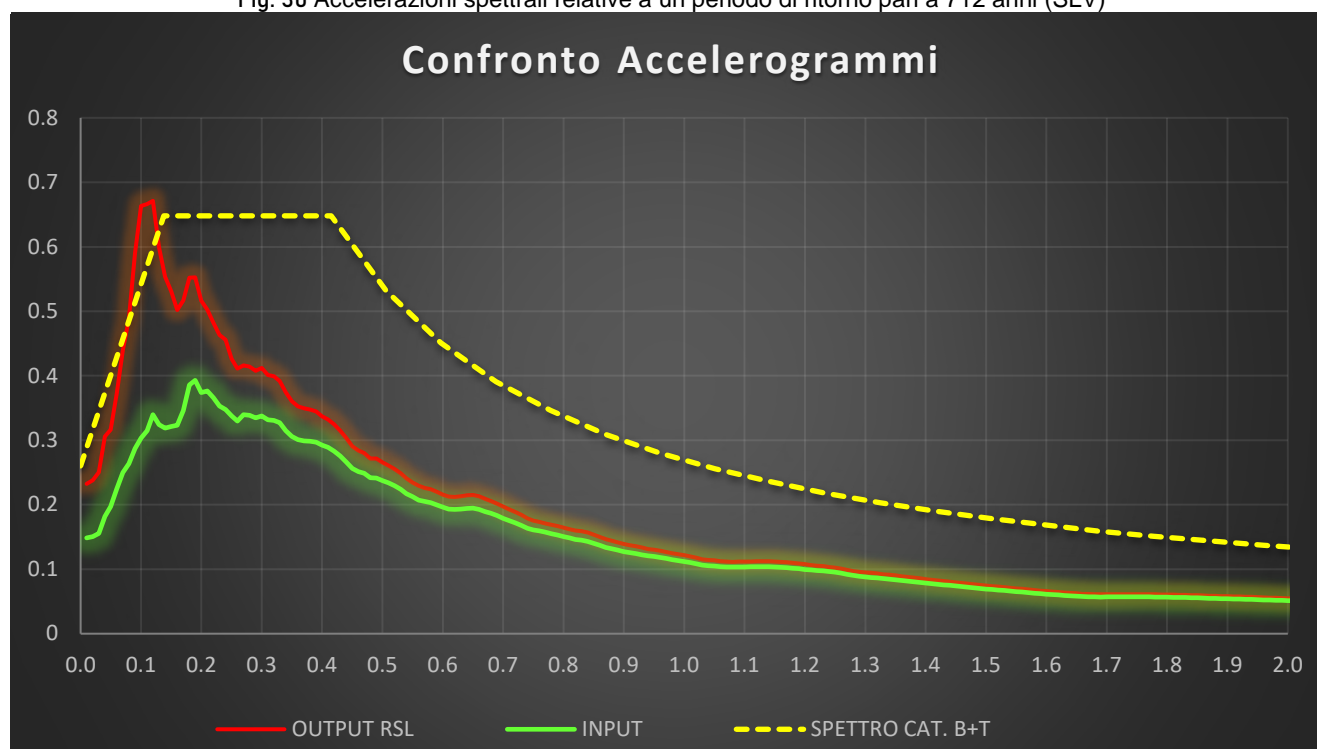


Fig. 31 confronto tra Spettro RSL e Spettro NTC

Dai risultati sopra esposti dell'analisi di risposta sismica locale si ottiene un valore di accelerazione massima attesa al suolo del valore  $PG_{Amax}=A_{max}=0.23g$  (per  $T=0$  s), valore che risulta minore rispetto al valore ottenuto mediante l'utilizzo dell'approccio semplificato dell'NTC 2018, pari a  $A_{max}=0.26g$ . Si ritiene pertanto più cautelativo adottare il valore ottenuto con l'approccio semplificato NTC 2018.

## 7. VERIFICA DELLA SUSCETTIVITÀ DEL SITO AL FENOMENO DI LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione interessa prevalentemente i terreni sabbiosi e sabbioso limosi scarsamente addensati, saturi e sottofalda che, in concomitanza con sollecitazioni cicliche ripetute, sono soggetti ad un rapido decadimento delle caratteristiche geotecniche di resistenza e di densità. I terreni indagati dei primi 2,0 m sono prevalentemente dei limi argilloso sabbiosi mediamente consistenti, caratterizzati da una densità relativa  $>40\%$  e drenati. I sottostanti terreni sino a 8,0 m sono delle alternanze di arenarie siltose addensate e limi argilloso sabbiosi consistenti. La granulometria effettuata su questo orizzonte riporta le seguenti percentuali: LIMO 58,4% - ARGILLA 28,8% e SABBIA 12,8%,  $D_{50}=0,01352$ . Le caratteristiche sopra evidenziate rendono i terreni indagati scarsamente suscettibili al fenomeno della liquefazione. Si è implementata ugualmente la verifica dell'IPL indice di potenziale liquefazione con il metodo di Seed&Idriss. La verifica, riportata in Allegato n° 5 ha restituito un indice IPL ( $I_{wasaki}=0$   $Z_{crit}=20$  m Rischio=Molto basso

## 8. CONCLUSIONI

Il presente elaborato è stato commissionato dall'Amministrazione Comunale di Guiglia ed ha per oggetto lo studio geologico idrogeologico, di parametrizzazione geotecnica e sismica dell'area su cui sarà demolito e ricostruito il corpo principale delle scuole primarie di Roccamalatina in via Fosse Ardeatine. Lo studio è finalizzato ad individuare le componenti geologico-geomorfologiche di interazione con la nuova struttura. A tal fine è stata eseguita un'apposita campagna di indagini geognostiche, geofisiche e di laboratorio geotecnico che ha evidenziato i seguenti aspetti:

**Stratigrafia:** in superficie il terreno è costituito da riporto superficiale eterogeneo, con litotipi coesivi limoso-argilloso sabbiosi da p.c. sino a -1,00 m/ -2,00 m a consolidazione media, presenti soprattutto nella parte a valle (Est) dell'area in studio. Successivamente sino a -7,00 / - 8,00 m si riscontra lo stato di copertura detritica costituita da alternanze di limi sabbiosi e trovanti rocciosi arenacei fratturati e alterati variamente addensati. Si sussegue il substrato arenaceo marnoso, alterato e fratturato nei primi metri.

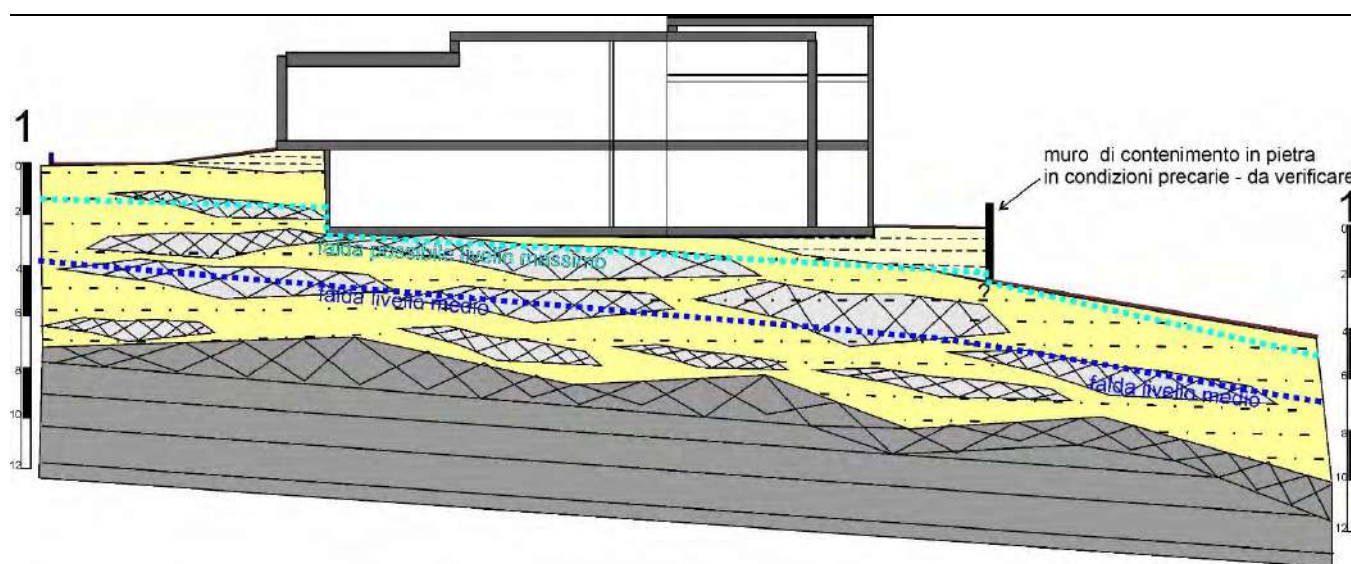


Fig. 32 Sezione stratigrafica esemplificativa

**Sismica:** Secondo le N.T.C. 2018 il terreno può essere classificato come di categoria "B T3". Lo studio geometrico approfondito ha infatti valutato una possibile amplificazione per effetti topografici. Poiché l'opera in questione risulta essere di rilevante interesse pubblico, alla luce di quanto esposto nel § 7.11.3 del D.M. 17/01/2018 e in accordo con quanto esposto nella DGR n. 630 del 29 aprile 2019 della Regione Emilia Romagna, è stata definita l'azione sismica di progetto secondo uno studio di risposta sismica locale di III livello di approfondimento. Ai fini della restituzione degli spettri di accelerazione, relativi allo stato limite SLV Tr 712 anni, è stata svolta la verifica dell'amplificazione del sito mediante il software STRATA e l'utilizzo di un modello simulato in campo lineare equivalente. Il modello simulato deriva dai dati ottenuti dalle prove che compongono la campagna geognostica (sondaggi e prove penetrometriche) e geofisica (MASW e HVSr) eseguita in sito. Tale profilo approssima il comportamento del sottosuolo, dal punto di vista sismico, in corrispondenza dell'area studiata

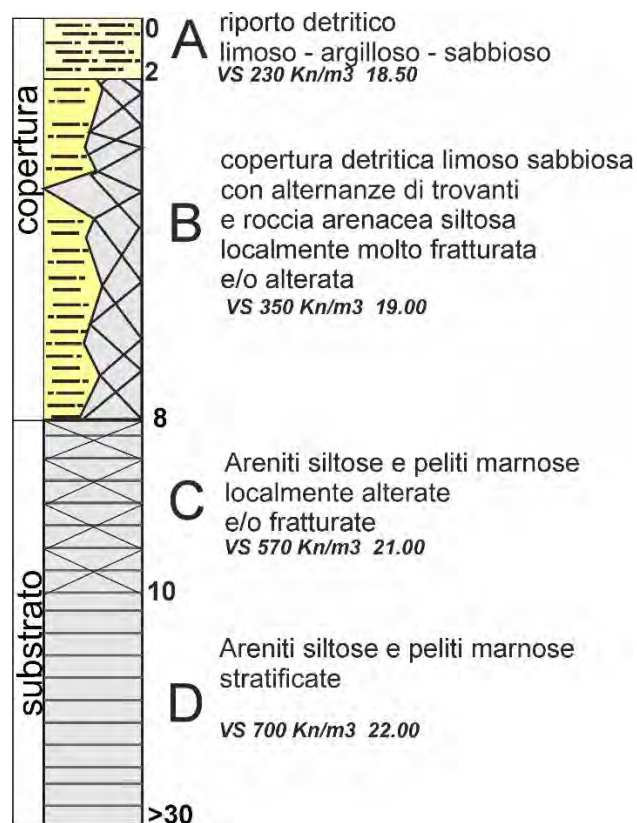


Fig. 33 modello simulato stratigrafico / sismico

Dai risultati dell'analisi di risposta sismica locale si ottiene un valore di accelerazione massima attesa al suolo del valore  $PGA_{max}=A_{max}=0.234g$  (per  $T=0$  s), valore che risulta minore rispetto al valore ottenuto mediante l'utilizzo dell'approccio semplificato dell'NTC 2018, pari a  $A_{max}=0.261g$ . Si ritiene pertanto più cautelativo adottare lo spettro di accelerazione delle NTC 2018.

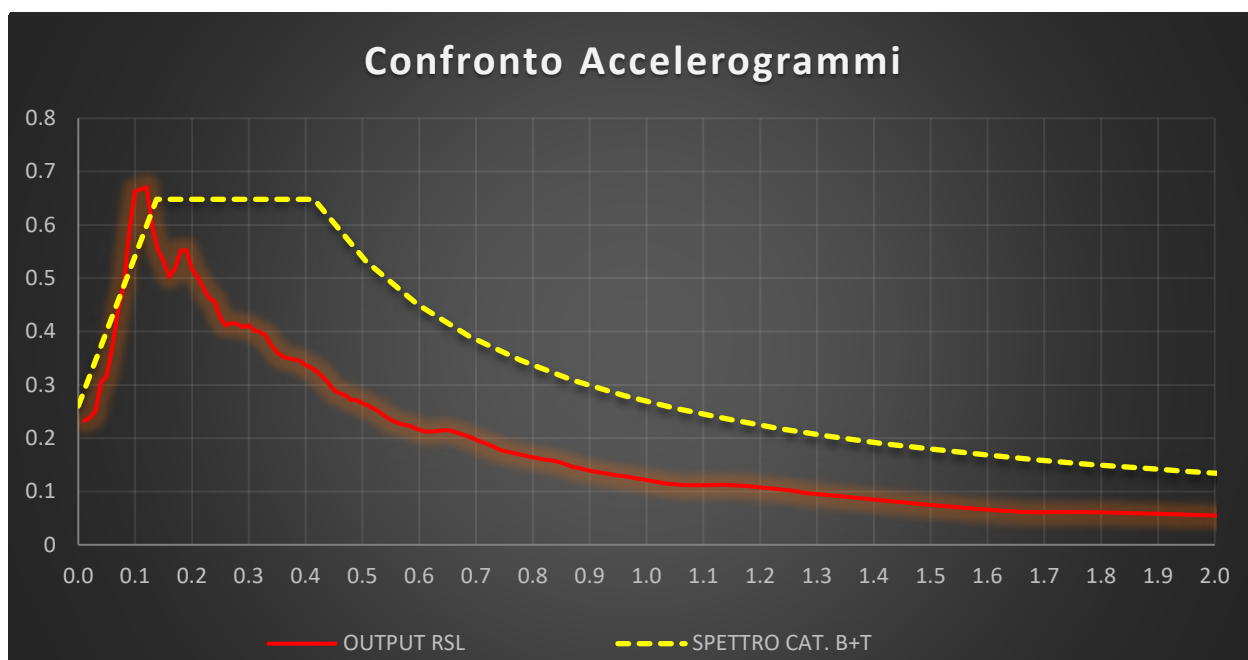


Fig. 34 confronto tra Spettro RSL e Spettro NTC

**Parametrizzazione Geotecnica:** A supporto della progettazione delle opere si è elaborato e fornito il modello geotecnico di riferimento. Tale modello riporta per strati omogenei i parametri di resistenza del materiale in condizioni caratteristiche, da utilizzare nelle verifiche geotecniche di progettazione.



Fig. 35 modello geotecnico

### Valutazioni di interazione terreno/struttura e Criticità:

Analizzate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni e visionato il progetto architettonico è possibile esprimere le seguenti valutazioni:

- 1) Per quanto riguarda la tipologia fondale è possibile valutare l'adozione di fondazioni dirette generali tipo platea privilegiando l'appoggio sullo strato "B" mediante nervature di approfondimento o vani tecnici semi-interrati. Fondazioni profonde su palificazione che raggiungano lo strato "C", seppur possibili, potrebbero risultare particolarmente difficoltose per la presenza di trovanti rocciosi, sono da escludere le tradizionali tecniche a trivellazione (elica continua o Bucket) non efficaci per perforare stratificazioni alternate di materiali fini e trovanti rocciosi.
- 2) Il nuovo progetto architettonico prevede lo sviluppo e lo spostamento del corpo scolastico principale verso valle in cui si ha il massimo spessore di riporto/detrito e la minima distanza (2,70 m) dal muro di contenimento di valle (vedi fig.36). E' opportuno valutare le condizioni del vetusto muro di contenimento in sasso poiché interagisce strettamente sulle condizioni di stabilità fondale della nuova struttura oltre che sulla sicurezza degli utilizzatori.



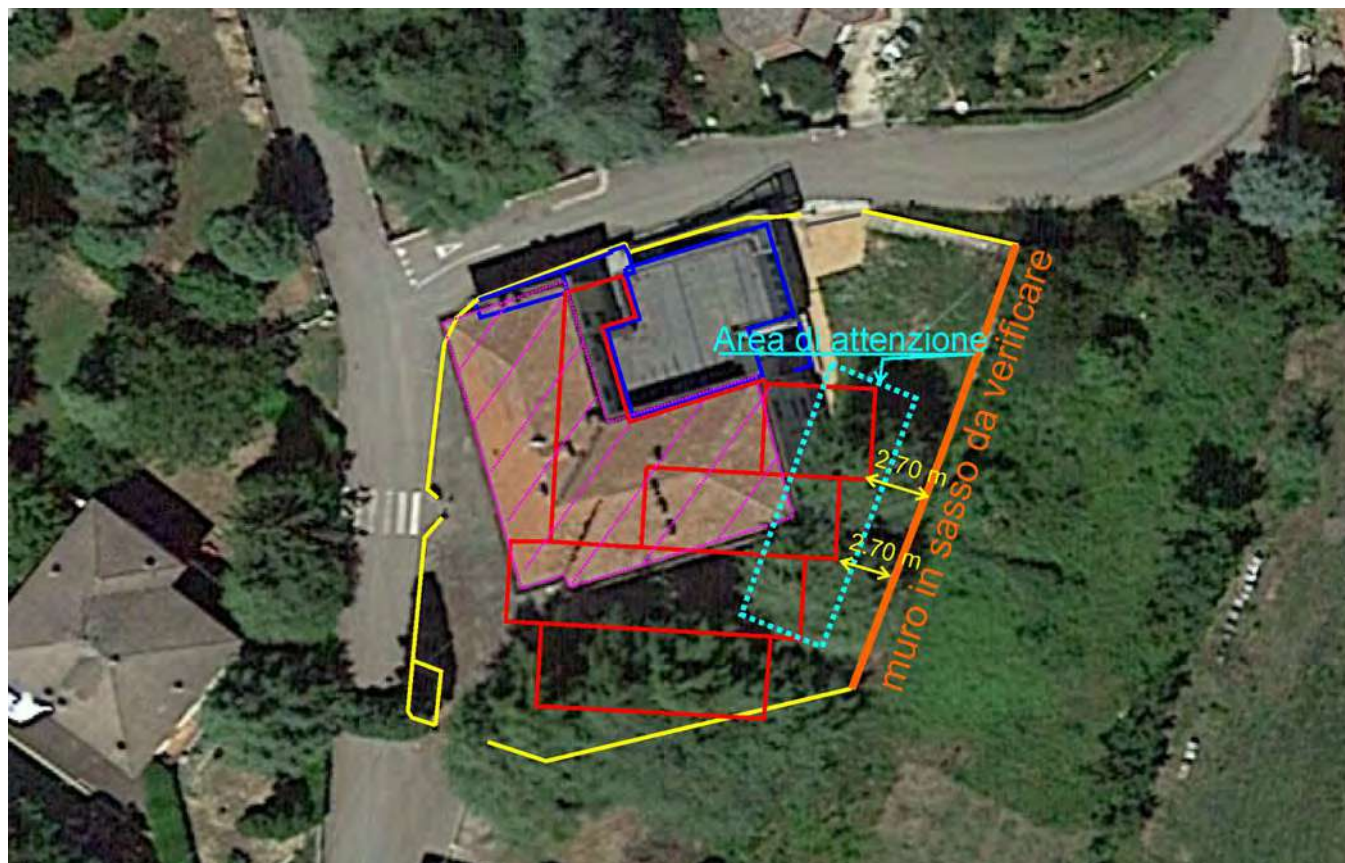


Fig. 36 planimetria intervento – vicinanza con il muro di contenimento di valle

In caso di adozione di fondazioni superficiali, la zona a cui prestare attenzione appare quella più prospiciente al muro di contenimento (area tratteggiata azzurra fig 36) sia per la stabilità e l'interazione con il muro di contenimento (deve essere indeformabile) sia per quanto riguarda il possibile differenziale di cedimento tra questa porzione di valle e l'area di sedime più centrale. Sarebbe opportuno approfondire lo scarico delle tensioni di fondazione sino allo strato "B" più addensato.

- 3) Data la presenza di terreni semipermeabili, in occasione di episodi meteorologici prolungati ed intensi può instaurarsi una falda freatica temporanea e sospesa, pertanto è opportuno prevedere l'impermeabilizzazione standard ed un vespaio con tubo dreno perimetrale a tutto il vano interrato, al fine di regimare le acque che si dovessero infiltrare e scorrere in profondità.

In fase di apertura del cantiere e dello scavo è opportuna la verifica delle valutazioni espresse nel seguente elaborato affinché sia possibile un riscontro dei modelli stratigrafici e geotecnici assunti.

Vignola, 31 Gennaio 2020

Dott. Geol. Marco Roli



**Dr. Geol. Marco Roli**

**Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche**

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: [marcoroli@inwind.it](mailto:marcoroli@inwind.it)

## ALLEGATO CARTOGRAFICO



Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

Tavola CTR n. 236\_NE



Tav. n. 1 "Carta Corografica"

Scala 1: 25000



Legenda



Area di interesse





Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche

via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

Sezione CTR n. 236040



Tav. n. 2 “Carta topografica”

Scala 1: 10000



Legenda



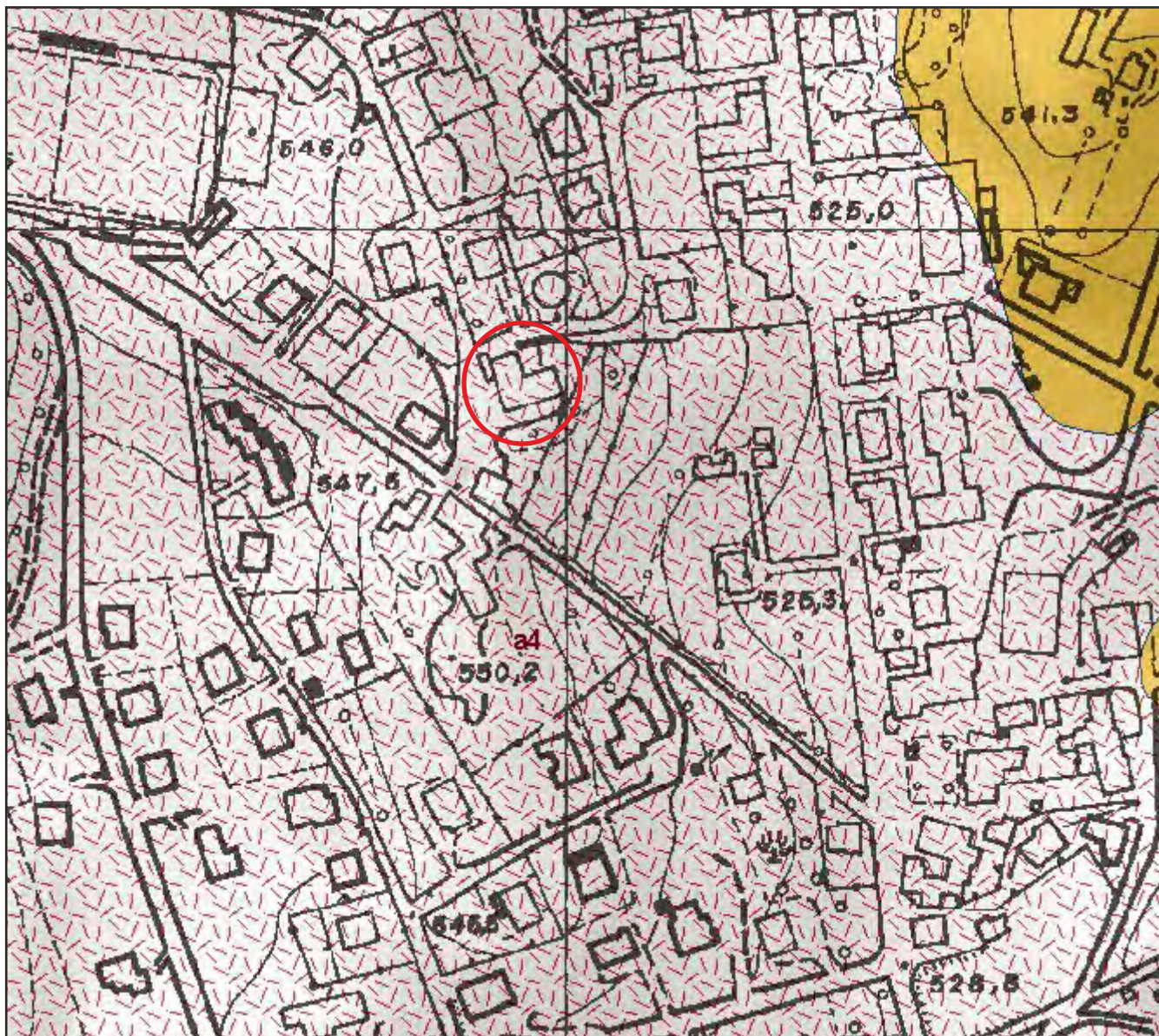
Area di interesse





Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - Fax. 328508689554 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it



### Tav. n. 3 "Carta della litologia di superficie" Scala 1: 2.500



Area di interesse



Coltre di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati



Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare

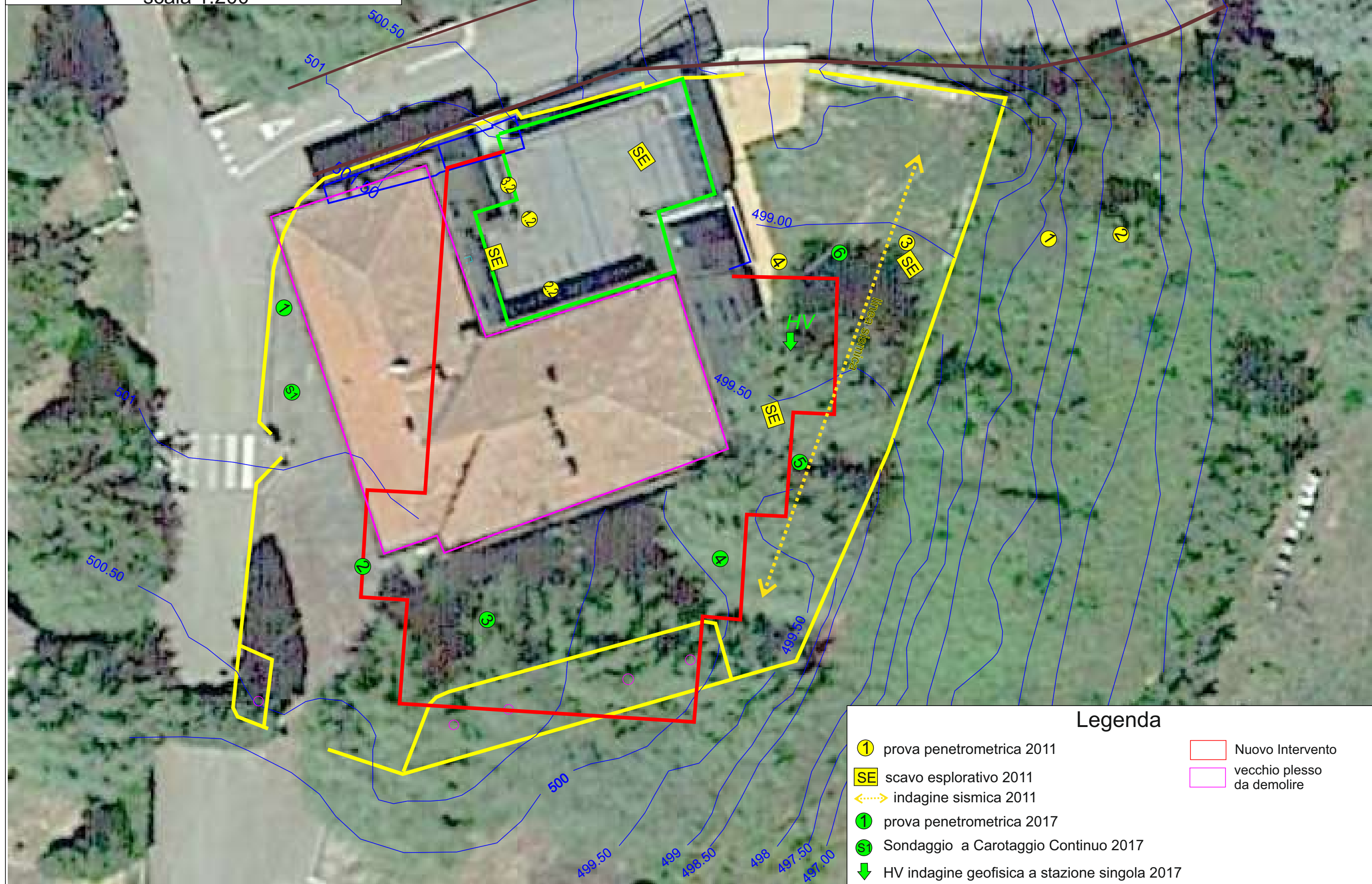




Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

## Tav.4 Ubicazione Indagini scala 1:200



### Legenda

- |   |   |
|---|---|
| ① prova penetrometrica 2011                     | <span style="border: 1px solid red; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Nuovo Intervento               |
| SE scavo esplorativo 2011                       | <span style="border: 1px solid magenta; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> vecchio plesso da demolire |
| ↔ indagine sismica 2011                         |   |
| ① prova penetrometrica 2017                     |   |
| ③ Sondaggio a Carotaggio Continuo 2017          |   |
| ↓ HV indagine geofisica a stazione singola 2017 |   |

## TAV. 6 Planimetria e Sezioni geologiche

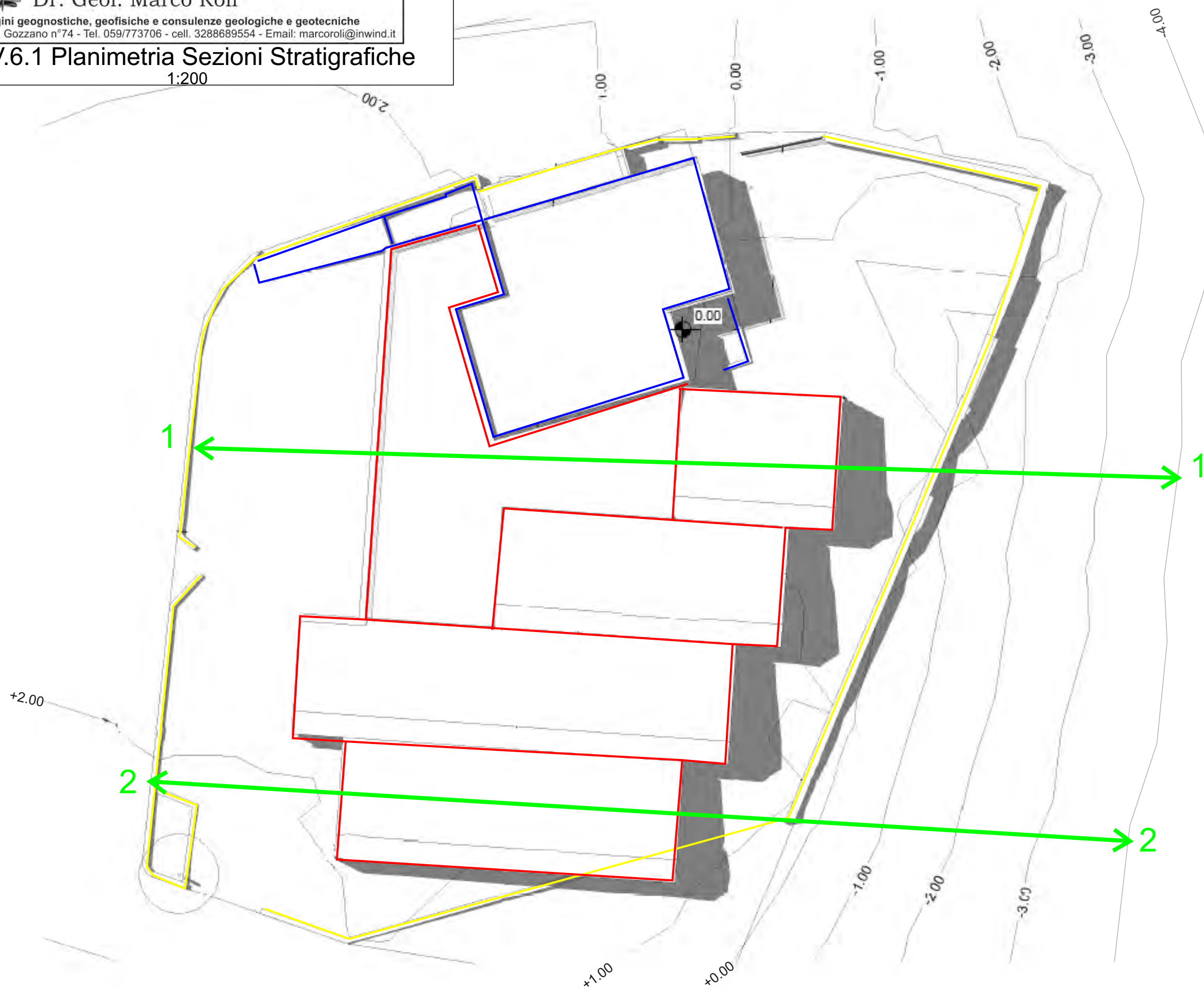
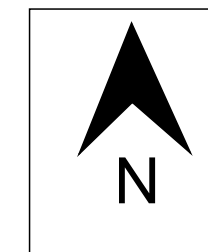


Dr. Geol. Marco Roli

Indagini geognostiche, geofisiche e consulenze geologiche e geotecniche  
via G. Gozzano n°74 - Tel. 059/773706 - cell. 3288689554 - Email: marcoroli@inwind.it

## TAV.6.1 Planimetria Sezioni Stratigrafiche

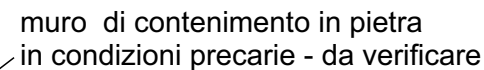
1:200





1:200

ATTENZIONE: i limiti stratigrafici sopra rappresentati riproducono una media ipotetica del sottosuolo che non è planare ma molto variabile, possono infatti presentarsi zone di riporto antropico e copertura di alterazione più spesse prima di raggiungere il substrato. Il progetto Architettonico inserito non definisce la tipologia fondale



Cu-C' <i>Kpa</i>	$\varnothing'$ <i>°gradi</i>	Y <i>KN/m²</i>	Y' <i>KN/m³</i>	G <i>Mpa</i>	Mo <i>Mpa</i>	Nspt	Dr %
38 - 5	20°-23°	18,5	20	7	4,0	7	40

copertura detritica limoso sabbiosa con alternanze di trovanti  
e roccia arenacea siltosa localmente molto fratturata e/o alterata

Cu-C' Kpa	Ø' °gradi	Y KN/m³	Y' KN/m³	G Mpa	Mo Mpa	E' Mpa	Nspt	Dr %
85 - 7	24°-26°	19	21	16	7	40	30	55

Substrato, alterato/fratturato al tetto  
Areniti siltose e peliti marnose stratificate,

Cu Kpa	Ø' °gradi	Y KN/m³	Y' KN/m³	G Mpa	Mo Mpa	E' Mpa	Nspt	Dr %
	35°-40°	21-22	23	34		74	70	>90

15