

# COMUNE DI MONTECAVALLO

PROVINCIA DI MACERATA

INDAGINE GEOLOGICA PER IL PROGETTO DI RIPARAZIONE DANNO E  
MIGLIORAMENTO SISMICO CHIESA CIMITERO DEL CAPOLUOGO  
DANNEGGIATA DAGLI EVENTI SISMICI 2016

COMUNE DI MONTECAVALLO

FOGLIO 18 Part. B

ELABORATO:

**RELAZIONE GEOLOGICA**

COMMITTENTE:

Comune di Montecavallo

STUDIO GEOLOGICO

GEOL. GIAN LUCA FAUSTINI FR. MORRO 13

62032 CAMERINO (MC)

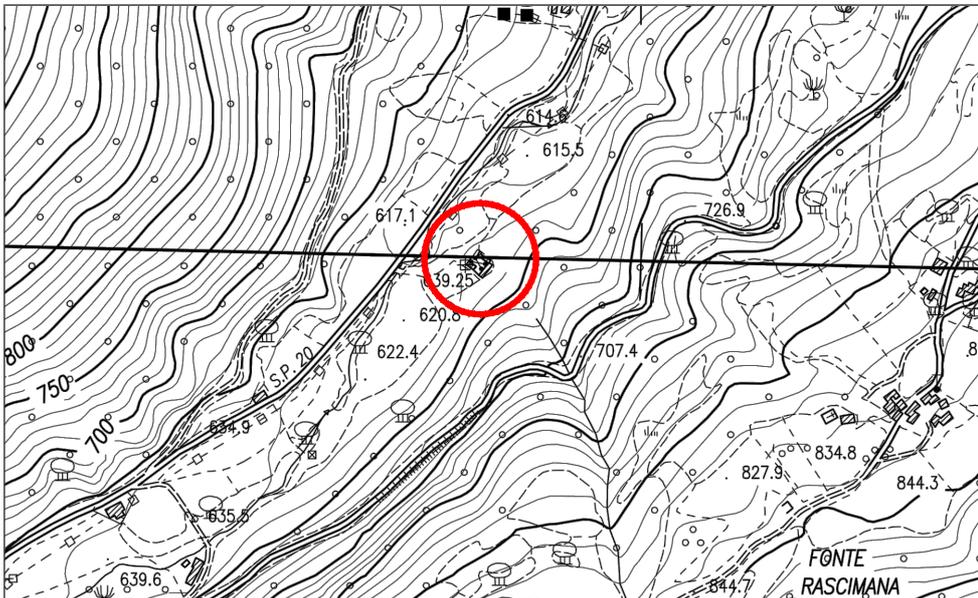
P.I. 01317830436 mail. gianluca.faustini@tiscali.it

DATA: LUGLIO 2020

Il Geologo Dr. Gian Luca Faustini



Ubicazione area di intervento Scala 1:10.000



TIMBRI:

## INDICE

<b>1. PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE</b>	<b>Pag. 1</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO</b>	<b>Pag. 1</b>
<b>3. TOPOGRAFIA, GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E STABILITA' DELL'AREA</b>	<b>Pag. 2</b>
<b>4. LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI</b>	<b>Pag. 3</b>
<b>5. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE</b>	<b>Pag. 4</b>
5.1 STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	Pag. 4
<b>6. CONDIZIONE SISMICA LOCALE</b>	<b>Pag. 5</b>
6.1 APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC 2018	Pag. 5
6.2 FREQUENZA DI RISONANZA DEI TERRENI	Pag. 9
<b>7. VERIFICA PAI</b>	<b>Pag. 9</b>
<b>8. ROCCE E TERRE DA SCAVO</b>	<b>Pag. 10</b>

### Allegati

- Certificati prove penetrometriche effettuate;
- Certificati Analisi MASW--Hvsr effettuate;
- Carta delle sorgenti sismogenetiche- faglie attive e capaci;
- Tav.1 Stralcio catastale; Carta geologica Scala 1:1.000, 10.000;
- Tav.2 Planimetri agenerale Scala 1:250, 1:100;
- Tav.3 Sezione stratigrafica e geotecnica A-A' - Scala 1:100;
- Tav.4 Stalcio PAI;
- Tav.5 Parametri sismici;

## RELAZIONE

### 1. PREMESSA E METODOLOGIA DI INDAGINE

A seguito dell'incarico ricevuto dall'Amministrazione comunale di Montecavallo è stata eseguita la presente indagine geologica a supporto del progetto di "Riparazione danno e miglioramento sismico della Chiesa del civico cimitero del capoluogo" danneggiata dal sisma del 24 Agosto, 26 e 30 ottobre 2016", allo scopo di ricercare le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche di un sito situato nel Comune di Montecavallo contenuto nel Foglio catastale n.18 Part.IIa B (Tav.1).

Tale studio fornirà dati qualitativi e quantitativi necessari al progettista per la migliore definizione delle opere di ristrutturazione della suddetta opera, ed è stato realizzato secondo le normative vigenti in zona sismica come previsto dal D.M. 11/03/1988 e successive modifiche e dall'O.D.PC.M. n.3274 del 20.03.2003, n. 3519 del 28.04.2006, dal D.M. 14.01.2008 e D.M. 17.01.2018, nel rispetto della Legge 189/2016 e successive ordinanze del Commissario straordinario per la ricostruzione;

Lo studio è stato articolato in tre fasi distinte:

- 1- inquadramento geologico e geomorfologico dell'area per la definizione dei caratteri litologici, strutturali e di stabilità del sito;
- 2- ricostruzione della superficie stratigrafica con conseguente caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati.
- 3- parametrizzazione sismica del sito.

Per la ricostruzione stratigrafica locale sono state effettuate osservazioni dirette su affioramenti di terreno presenti in prossimità del sito di intervento ed è stata effettuata n.1 prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH con penetrometro tipo Hydra Geo Easy 10. I dati ricavati da tale campagna di indagine hanno permesso di ricostruire in modo soddisfacente la stratigrafia dei terreni.

Per la caratterizzazione geotecnica, ci si è basati sui dati derivati dall'interpretazione delle suddette prove penetrometriche, confrontati con dati provenienti dalla bibliografia esistente.

La parametrizzazione sismica e la determinazione della velocità caratteristica delle onde Sismiche "S" nei primi 30 m. di terreno e oltre, è stata calcolata attraverso una analisi congiunta MASW - Analisi di microtremori a stazione singola HVSr. Tutte le indagini effettuate vengono allegate in appendice.

### 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-TETTONICO

Dal punto di vista strutturale, il sito in esame ricade all'interno dell'anticlinale M.Fema -M.Giulo, la quale si sviluppa all'incirca in direzione N-S ed è caratterizzata da formazioni geologiche, con strati che presentano generalmente giaciture a reggipoggio con pendenze varie verso ovest e con direzioni circa N-S. Essa, a monte del sito oggetto di intervento, risulta profondamente incisa in senso trasversale da due corsi d'acqua, il Torrente Piazza ed il Fosso della Valle della Madonna, i quali hanno generato, alla loro confluenza, una stretta piana alluvionale all'interno della quale sorge l'abitato di Piè del Sasso. I due corsi d'acqua, in prossimità dell'abitato di "Piè del sasso", confluiscono all'interno del Fosso "La Valle" il quale incide trasversalmente l'anticlinale di cui sopra.

In particolare l'edificio in oggetto è posto alla base del versante nord occidentale del Monte di Torricchio, all'attacco tra il versante stesso e la piana alluvionale del Torrente "La Valle" (lungo la sua destra idrografica);

Il corso d'acqua scorre a circa 85 m. di distanza dal manufatto in oggetto in direzione SW-NE ed il suo talweg di scorrimento presenta un dislivello di circa 15-20 m.

All'interno del sito oggetto di intervento risultano diffusamente affioranti depositi di versante caratterizzati da ghiaie eterometriche immerse in matrice sabbioso-limosa a tratti argillosa. Localmente sono presenti clasti di dimensioni decimetriche. Essi sono il prodotto dell'alterazione ed il relativo accumulo dei litotipi soprastanti, operata dagli agenti esogeni durante le fasi glaciali, avvenute nel Quaternario. Il loro spessore complessivo, in base alle indagini sismiche effettuate può essere stimato in circa 16-17 m.

Il substrato, dove affiorante, è costituito dalla formazione della Maiolica, caratterizzata da calcari micritici bianchi, ben stratificati, con selce grigio nerastra, intensamente alterati e fratturati.

In generale l'assetto strutturale, tipico della catena umbro marchigiana, è caratterizzato da un sistema di pieghe parallele, faglie inverse e sovrascorrimenti neogenici a vergenza orientale, generato da una tettonica compressiva. Tuttavia nell'area oggetto di studio non sono state rilevate faglie quaternarie attive con prevalenza di componente normale, che dislocano le strutture compressive.

Il sito esaminato ricade nel margine più esterno della fascia sismogenetica dell'appennino marchigiano interno denominata "ITCS028 "Colfiorito Campotosto" localizzata tra 12 e 22 Km di profondità, rappresentata da un "Thrust" che emerge verso est, lungo la costa adriatica (da DISS NGV). In particolare essa ricade nelle vicinanze di una sorgente sismogenetica denominata "Colfiorito South ITIS0185" con spiccate caratteristiche di sismicità responsabile del terremoto "Appennino Marchigiano Colfiorito" del 1997 con magnitudo stimata pari a  $M_w=5,7$ ). **Tuttavia all'interno ed in prossimità del fabbricato oggetto di intervento non si riscontrano accidenti tettonici particolari ne faglie attive superficiali capaci di generare fenomeni di amplificazione o di dislocazione sismica.**

### **3. TOPOGRAFIA, GEOMORFOLOGIA, IDROGEOLOGIA E STABILITA' DELL'AREA**

Come già accennato l'area in esame, ricade ai piedi del versante Nord ovest del Monte Torricchio ad una quota di circa 630 m.sl.m. all'interno di un terreno moderatamente pendente verso la sottostante piana alluvionale in cui scorre il Torrente La Valle. L'idrografia principale è caratterizzata dalla presenza del Torrente sopracitato, il quale scorre in direzione sudovest-nordest e confluisce poco più a valle all'interno del Fiume Chienti.

Il corso d'acqua scorre a circa 85 m. di distanza dal manufatto in oggetto in direzione SW-NE e presenta un dislivello rispetto al talweg di scorrimento di circa 15-20 m. Pertanto vista la distanza del corso d'acqua nonché l'elevato dislivello presente possiamo affermare che l'area oggetto di intervento non è soggetta a fenomeni di sovralluvionamento.

L'area, parzialmente modificata dalle azioni antropiche succedutesi nell'arco dei secoli, non è interessata da processi morfogenetici di nessun tipo, risultando attualmente stabile. Tale zona, inoltre, non è soggetta al dilavamento delle acque superficiali e non è attraversata da vie preferenziali di scorrimento delle medesime. Per quanto riguarda la circolazione idrica profonda esistono le condizioni all'instaurarsi di modeste falde idriche contenute all'interno dei depositi di versante sorrette da livelli argillosi presenti all'interno.



### Vista aerea con indicata area di intervento

Tuttavia per tutta la profondità indagata non è stata riscontrata la presenza di acqua e quindi, tenuto conto delle opere da effettuare, possiamo affermare che l'opera in progetto non interferirà negativamente con il locale regime idrico sia superficiale che profondo.

## 4, LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Andando dall'alto verso il basso sono stati riconosciuti i seguenti orizzonti stratigrafici raggruppati nei seguenti orizzonti geotecnici:

**TERRENO DI RIPORTO --LITOTIPO A--:** (spessore 0,70-1,60 m). Sono costituiti prevalentemente da limi sabbiosi marroni con elementi litici e pezzame lateritico sparso. Non sono stati caratterizzati geotecnicamente in quanto non influenti circa l'interazione terreno struttura.

**DETRITO DI VERSANTE --LITOTIPO B-- :** (spessore di circa 16-17 m.). Rappresenta il terreno di sedime del fabbricato. Sono costituiti da ghiaie eterometriche immerse in matrice sabbioso-limosa. Localmente sono presenti clasti di dimensioni decimetriche. A tale deposito sono stati attribuiti i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

Peso di volume	$\gamma$	=	1,95-2,00 t/mc
Angolo d'attrito	$\phi'$	=	33-40°
Densità relativa	$D_r$	=	50-62%
Modulo elastico (Young)	$E'$	=	270-530 Kg/cmq
Coefficiente di poisson	$\nu'$	=	0,30-0,26
Numero medio dei colpi	$N_{spt}$	=	23-40
Velocità delle onde di taglio	$V_s$	=	360-430 m/sec
Modulo di Winkler normale	$K_v$	=	3-4 Kg/cmc

## 5. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

La scelta fatta in progetto è stata quella di ristrutturare un piccolo fabbricato adibito ad edificio di culto, posto all'interno del civico cimitero di Montecavallo, danneggiato dal sisma del 26 Agosto e del 26 e 30 ottobre 2016. La Chiesa ha una pianta quadrata di circa 5,30 m di lato ed un'altezza massima in gronda di circa 4 m. ed è realizzata in muratura di pietra e mattoni.

Le attuali fondazioni sono costituite da una semplice prosecuzione delle murature portanti ed il piano di appoggio, dalle ricostruzioni stratigrafiche eseguite, con tutta probabilità risulta essere impostato all'interno dei depositi ascrivibili ai detriti di versante che presentano delle buone proprietà geomeccaniche.

Dall'analisi esterna della struttura non si evidenziano lesioni attribuibili a fenomeni di cedimento differenziale del terreno di fondazione; le lesioni presenti, risultano tipiche delle spinte sismiche. Il fabbricato risulta essere in continuità laterale con altri fabbricati adibiti a colombari cimiteriali.

In base a quanto emerso da tale studio, viste le condizioni stratigrafiche e geotecniche dei terreni interessati dalle fondazioni, per il recupero funzionale dell'edificio si consiglia quanto segue:

- verifica della compatibilità dei carichi trasmessi con la capacità portante dei terreni di fondazione;
- nel caso in cui i carichi in fondazione superino la capacità portante del terreno o nel caso in cui la ristrutturazione comporti significativi aumenti di carico in fondazione, dovranno essere eseguite opportune opere di sottofondazione, attraverso la realizzazione di travi in c.a in aderenza e sottostanti alle fondazioni esistenti, intestate in ogni loro punto, all'interno del detrito di versante, allo scopo di ottenere un ampliamento ed approfondimento della struttura fondale con una riduzione della pressione di contatto terreno-struttura;

Dall'analisi preliminare della locale morfologia, dai dati pregressi, dall'assenza di corsi d'acqua e di vie preferenziali di scorrimento delle stesse, si ritiene che l'area interessata dal fabbricato non possa essere interessata da fenomeni di sovralluvionamento.

**Non esistono quindi contro indicazioni di alcun genere alla realizzazione dell'intervento.**

Per motivi di sicurezza e per prevenire sia alterazioni delle caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, sia problemi di stabilità dell'opera stessa, sono necessariamente da controllare le opere di smaltimento delle acque di gronda dell'intero fabbricato e, se necessario, provvedere alla loro corretta regimazione. Eventuali riporti dovranno essere realizzati con materiale arido, ben compattato ed adeguatamente drenato.

### 5.1 STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE (cap.7.11.3.4.2 NTC 2018)

All'interno del sito oggetto di studio, non esistono le condizioni perché si possa verificare il fenomeno della liquefazione. Infatti perché si possa verificare tale fenomeno, devono coesistere principalmente le seguenti condizioni fondamentali:

- 1- Presenza di falda acquifera a profondità non inferiore a -15 m. dal p.c.;
- 2- Presenza di sabbie monogranulari sotto falda.

Invece nel nostro riscontriamo:

4- Assenza di Falda;

5- Presenza, generale di terreni granulari grossolani ad elevato grado di addensamento;

Quindi possiamo omettere la verifica alla liquefazione in funzione del fatto che non esistono le condizioni minime perché essa si possa verificare. Pertanto possiamo affermare che il sito oggetto di studio è stabile nei confronti della liquefazione.

## 6. CONDIZIONE SISMICA LOCALE

Il territorio compreso all'interno del Comune di Montecavallo è classificato sismico di I<sup>a</sup> categoria con grado di sismicità  $S=12$ . Secondo L'Ordinanza del Presidente del consiglio dei Ministri n.3519 del 28.04.2006 "Criteri generali per l'individuazione delle Zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", del D.M. 17.01.2018 "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici" vengono forniti i seguenti valori inerenti il calcolo delle azioni sismiche in funzione della stratigrafia e della tipologia del terreno di fondazione.

La parametrizzazione sismica e la determinazione della velocità caratteristica delle onde Sismiche "S" nei primi 30 m. di terreno e oltre, è stata calcolata attraverso la realizzazione di una analisi congiunta MASW Onde di Rayleigh--Analisi di microtremori a stazione singola HVSR.

La tecnica MASW è una procedura non invasiva che consente di estrapolare il valore della  $V_s$  sulla base della stima di un possibile profilo verticale della velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di sottosuolo e oltre; si contraddistingue per l'utilizzo di una sorgente impulsiva che genera onde superficiali, la cui propagazione dipende dalle caratteristiche stratigrafiche del sito, viene registrata da una serie di sensori (geofoni) posti lungo uno stendimento rettilineo.

Le misure sismiche, effettuate attraverso la tecnica HVSR con tomografo digitale, permettono la determinazione delle frequenze di risonanza proprie dei terreni in sito e da queste risalire alla velocità delle onde "S" nei primi 30 m. degli stessi ed oltre, individuando così la categoria di suolo, come prescritto dalle NTC 2018. Ai fini dell'interpretazione della misura, sono state effettuate in loco, mediante l'ausilio di tomografo, n.3 registrazioni di 20 minuti, successivamente elaborate ed interpretate. Di tali registrazioni è stata scelta quella ritenuta più significativa.

Per la stima delle  $V_{seq}$  vengono individuati sul grafico "Single component spectra" i tratti in cui l'andamento delle tre componenti che indicano la velocità delle onde nel sottosuolo, subiscono variazioni, sovrapposizioni o bruschi decadimenti. Mediante la correlazione (in questo caso in base all'analisi congiunta con la misura MASW) si ricostruiscono le velocità delle onde "S" nel sottosuolo.

### 6.1 APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC 2018

La determinazione della velocità caratteristica delle onde Sismiche "S" così come prescritto dalle NTC 2018 (par. 3.2.2.) è stata calcolata nei primi 30 m. di terreno, in quanto il "substrato sismico" con  $V_s > 800$  m/sec. si riscontra oltre tale profondità.

Tale calcolo ha indicato una velocità media pari a:  $V_{seq}=539$  m/sec (Calcolata a 1,00 m. dal p.c.), il che fa assimilare il terreno ad un suolo di **Categoria "B"** da cui ne deriva un coefficiente di amplificazione stratigrafico pari a  $S_s=1,17$  (riferito allo SLV) e  $S_s=1,20$  (riferito allo SLD).

- Zona Sismica 1 Ag compreso tra 0,25-0,35 (0,35 Accelerazione orizzontale massima su suolo di cat.A);
- Categoria Topografica T1 (Fabbricato sito lungo un versante con inclinazione media  $\leq 15^\circ$ , (Tab.3.2 V ntc 2018). Valore del Fattore di amplificazione topografico **St=1,00**.

Riassumendo si hanno i seguenti fattori amplificativi:

**IN SLV**  
**Ss= 1,17**  
**St= 1,00**  
**S= StxSs = 1,17**  
**Ag=0,238**  
**AgxS=0,278**

**IN SLD**  
**Ss= 1,20**  
**St= 1,00**  
**S= StxSs= 1,20**

### Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo	Tc [s]
Operatività (SLO)	30	0.075	2.404	0.273
Danno (SLD)	50	0.096	2.382	0.283
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.238	2.384	0.321
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.303	2.386	0.334
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

### Coefficienti sismici

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

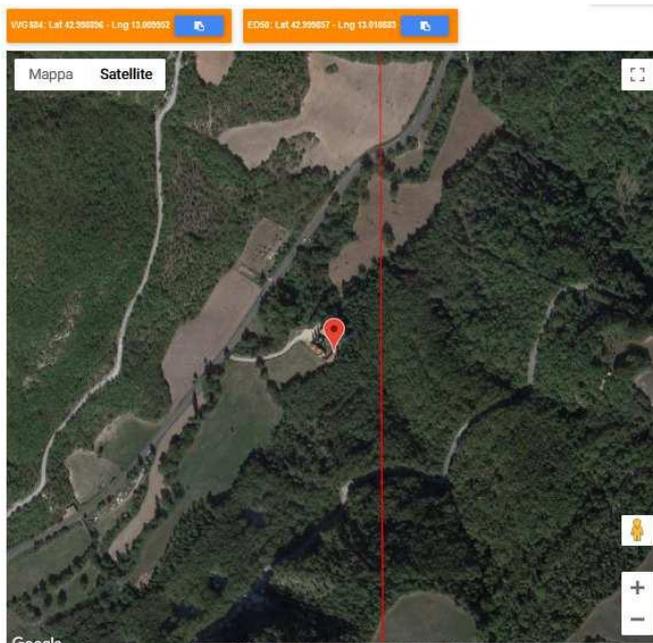
Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,17	1,11
CC Coeff. funz categoria	1,43	1,42	1,38	1,37
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.018	0.023	0.078	0.094
kv	0.009	0.011	0.039	0.047
Amax [m/s²]	0.883	1.126	2.730	3.301
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,238 g
$F_o$	2,384
$T_c$	0,321 s
$S_s$	1,173
$C_c$	1,381
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,173
$\eta$	1,000
$T_B$	0,148 s
$T_C$	0,443 s
$T_D$	2,552 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

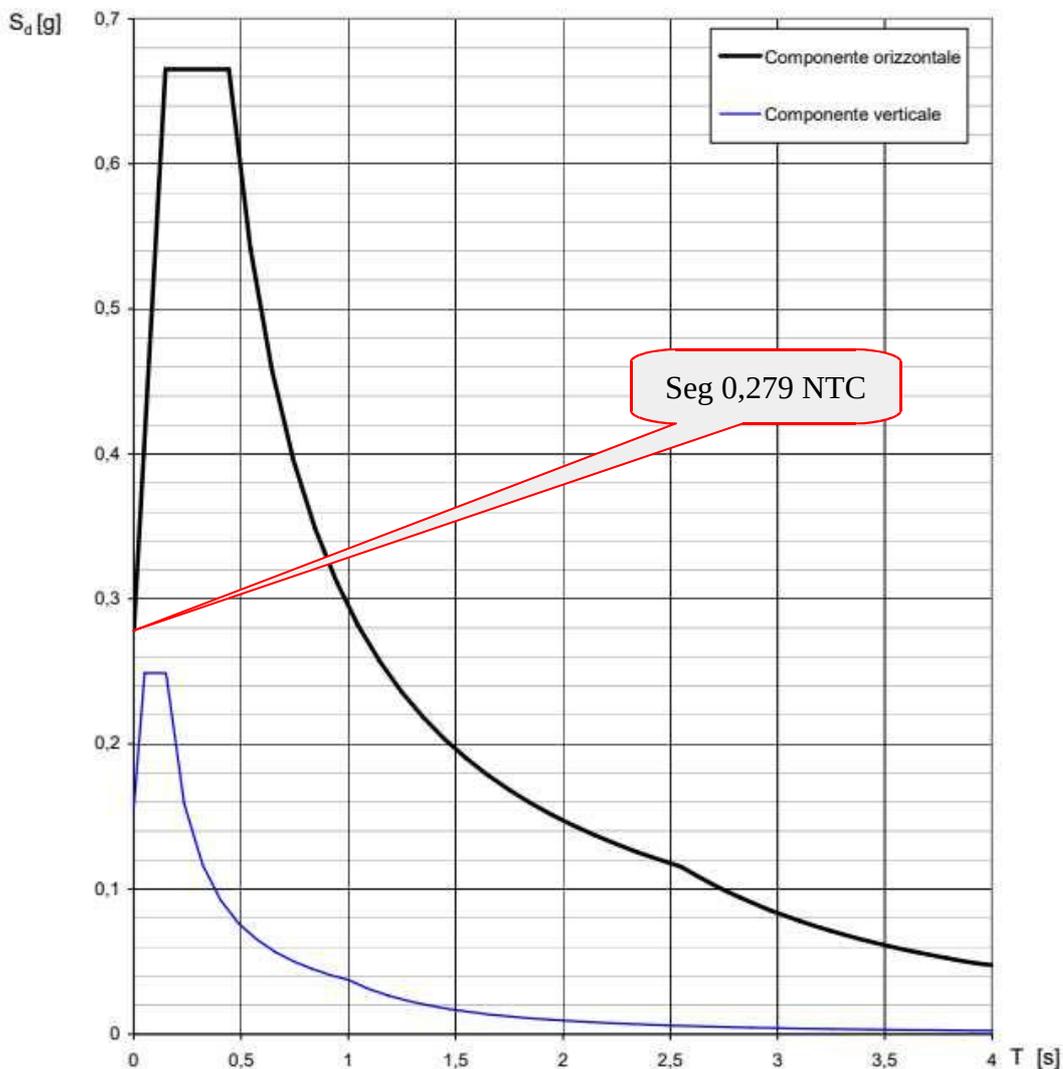
Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	$S_e$ [g]
	0,000	0,279
$T_B \leftarrow$	0,148	0,665
$T_C \leftarrow$	0,443	0,665
	0,543	0,542
	0,644	0,458
	0,744	0,396
	0,844	0,349
	0,945	0,312
	1,045	0,282
	1,146	0,257
	1,246	0,236
	1,347	0,219
	1,447	0,204
	1,547	0,190
	1,648	0,179
	1,748	0,168
	1,849	0,159
	1,949	0,151
	2,049	0,144
	2,150	0,137
	2,250	0,131
	2,351	0,125
	2,451	0,120
$T_D \leftarrow$	2,552	0,115
	2,621	0,109
	2,690	0,104
	2,758	0,099
	2,827	0,094
	2,896	0,090
	2,965	0,085
	3,034	0,082
	3,103	0,078
	3,172	0,075
	3,241	0,072
	3,310	0,069
	3,379	0,066
	3,448	0,063
	3,517	0,061
	3,586	0,058
	3,655	0,056
	3,724	0,054
	3,793	0,052
	3,862	0,050
	3,931	0,049
	4,000	0,048

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



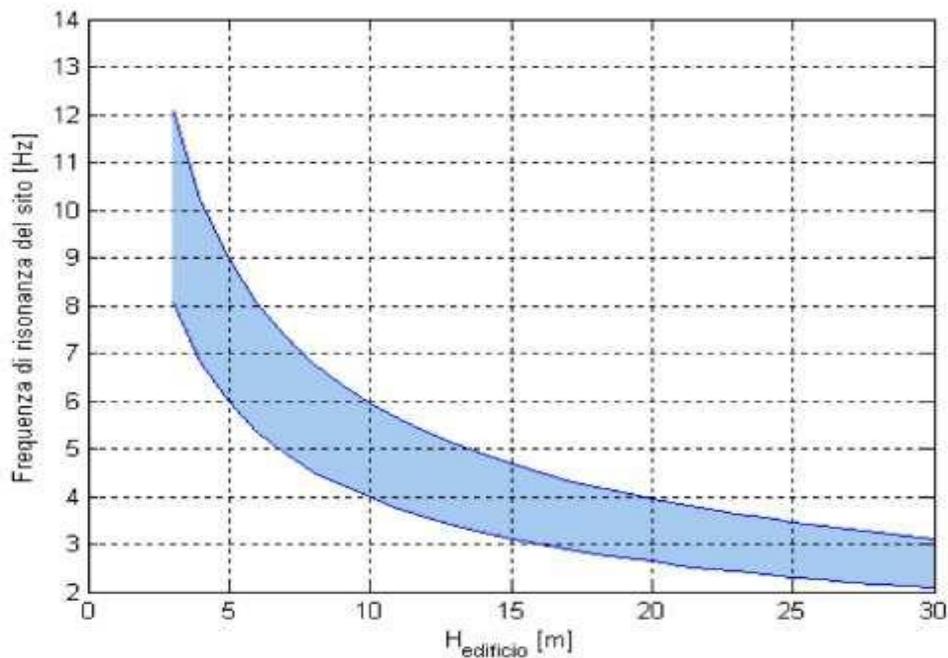
La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

**All'interno dell'area di intervento non sono stati effettuate indagini di Microzonazione sismica di III Livello. Pertanto ai sensi delle NTC 17.01.2018 emerge, che lo spettro di Normativa Può essere utilizzato per la progettazione. I valori di accelerazione derivanti dallo spettro di normativa si ritengono sufficientemente cautelativi anche in rapporto allo stato di danno dei fabbricati.**

## 6.2 FREQUENZA DI RISONANZA DEI TERRENI

### *Correlazione tra altezza delle strutture e frequenza di risonanza dei terreni*

Il grafico seguente descrive la correlazione tra l'altezza dell'edificio e il suo periodo di risonanza con i relativi intervalli di confidenza (sebbene il periodo di risonanza di una struttura dipenda da molti fattori, altezza, rapporto altezza/base, materiali di costruzione ecc., l'altezza è il fattore che influisce maggiormente).



L'area azzurra indica la zona in cui la coincidenza della frequenza di risonanza (sito ed edificio) produce effetti di amplificazione che devono essere attentamente valutati perché sono tali fenomeni che incidono pesantemente sulla stabilità delle strutture.

### *Frequenza naturale dell'edificio-frequenza fondamentale di risonanza del sito.*

Dal punto di vista della risposta sismica, il rilievo dei microtremiti con il metodo di Nakamura ha posto in luce, nell'interno sito, la presenza di un picco di impedenza, a circa **5,28 Hz**, da valutare attentamente in fase di progettazione ai fini della verifica del fenomeno della doppia risonanza terreno-struttura.

## 7. VERIFICA PAI

E' stata effettuata una verifica dei vincoli riguardanti la struttura geologica e geomorfologica del PAI (Piano per l'assetto idrogeologico della Regione Marche). Da tale verifica è risultato che l'area in oggetto non ricade all'interno di zone interessate da dissesti di tipo gravitativo ne aree esondabili.

## 8. ROCCE E TERRE DA SCAVO

L'intervento in progetto, potrebbe prevedere la produzione di un modestissimo quantitativo di terre e rocce da scavo provenienti da eventuali scavi da effettuare all'interno o nell'intorno del fabbricato. All'interno dell'area i terreni, la cui stratigrafia è sopra riportata, dalle indagini effettuate, sono risultati privi di materiali estranei, provenienti da attività antropiche sia recenti che passate. Il terreno infatti, risulta, seppur in parte di riporto, proveniente dallo sterro effettuato in loco per la realizzazione dei manufatti del cimitero quindi da un sito non contaminato, potendo essere equiparato ad un terreno naturale in sito. Quindi può essere considerato a tutti gli effetti terreno naturale non alterato da alcun tipo di materiali né sostanza inquinante o che possa aver modificato la sua naturale composizione chimica e tessiturale, risultando idoneo per qualsiasi tipo di utilizzo (compatibile con la qualità del materiale) anche al di fuori del cantiere di produzione.

Il terreno in oggetto, infatti, non è stato sottoposto in epoche passate a nessun tipo di lavorazione, non è mai stato interessato, né da accumulo di materiali estranei, né da altro tipo di attività antropiche che possano aver modificato la natura dei terreni stessi.

Inoltre l'area non è iscritta nell'anagrafe dei siti da bonificare o di siti sottoposti a procedura di bonifica e comunque non è un'area che è stata interessata da attività o eventi di potenziale contaminazione ambientale.

Camerino li, 17.07.2020

Dott. Geol. Gian Luca Faustini



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di Montecavallo  
Descrizione: Ristrutturazione Chiesetta Civico  
Cimitero  
Località: Montecavallo

G.M. PERFORAZIONI DI GIACOBBI MAURIZIO  
Località Arcofiato, 16  
62032 Camerino (MC)  
P.I. 01436670432  
C.F. GCBMRZ58C09D564K  
N. REA MC-152641  
N. iscrizione reg. Imprese Macerata GCBMRZ58C09D564K  
N. Albo Artigiani MC -49093  
CC Dedicato Sisma 2016: UBI Banca Filiale di Camerino IBAN:  
IT 15 A 03111 68830 000000003928

## Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



## Fasi di esecuzione P1



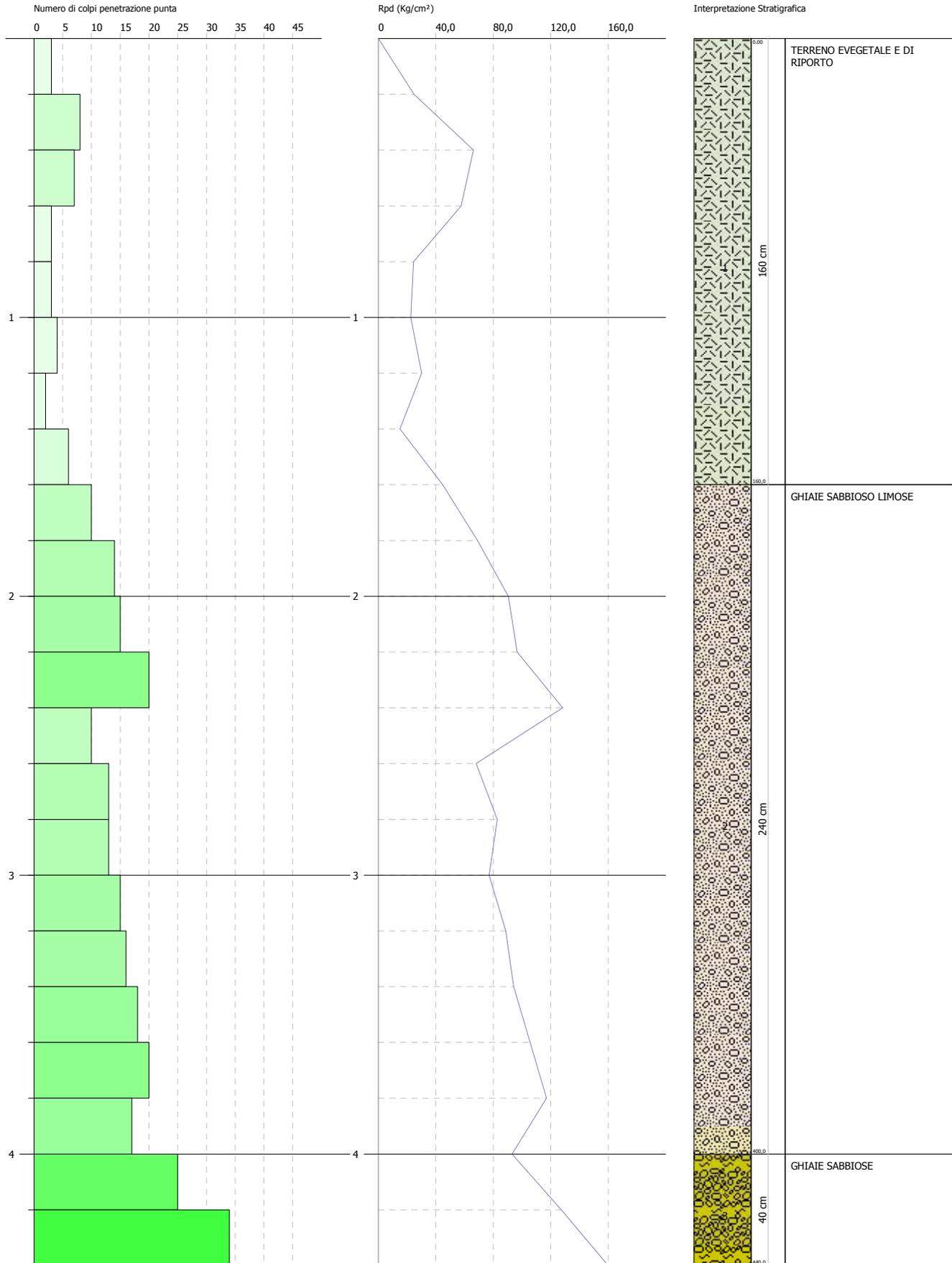
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1

## Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: Comune di Montecavallo  
 Descrizione: Ristrutturazione Chiesetta Civico Cimitero  
 Località: Montecavallo

Data: 13/07/2020

Scala 1:20



**PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE**  
**(DYNAMIC PROBING)**  
**DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

**Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici**

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

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

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 sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

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

**penetrometri in uso in Italia**

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (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  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha=60-90^\circ$ ), 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  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha= 60-90^\circ$ ), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento  $\delta=30$  cm, punta conica

( $\alpha = 60^\circ$ ), 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  $\delta=20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

### Correlazione con $N_{spt}$

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi  $N_{spt}$  ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con  $N_{spt}$ . Il passaggio viene dato da:

$$N_{SPT} = \beta_t \cdot N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{spt}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
$\delta$	passo di avanzamento.

### Valutazione resistenza dinamica alla punta $R_{pd}$

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

$R_{pd}$	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo ( $\delta/N$ ).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa'/\sigma_{vo})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60	rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
$C_S$	parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
$C_d$	funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
$C_r$	parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

## **Valutazioni statistiche e correlazioni**

### **Elaborazione Statistica**

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

#### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media (+ s)**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Media (- s)**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

#### **Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

#### **Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

### **Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

### **Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

#### **Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

#### **Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda**

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

#### **Angolo di Attrito**

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

#### **Densità relativa (%)**

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.

- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### ***Modulo Edometrico***

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Peso di volume saturo***

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

#### ***Modulo di poisson***

- Classificazione A.G.I.

#### ***Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)***

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

#### ***Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)***

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

#### ***Modulo di deformazione di taglio ( $G$ )***

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### ***Modulo di reazione ( $K_0$ )***

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

## Correlazioni geotecniche terreni coesivi

### *Coesione non drenata*

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

### *Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )*

- Robertson (1983) -  $Q_c$

### *Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )*

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cm<sup>2</sup>)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

### *Modulo Di Young ( $E_\gamma$ )*

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$ .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

### *Stato di consistenza*

- Classificazione A.G.I. 1977.

### *Peso di Volume*

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

### *Peso di volume saturo*

- Meyerhof ed altri.

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 13/07/2020

Profondità prova 4,40 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	3	0,855	24,92	29,15	1,25	1,46
0,40	8	0,851	66,14	77,74	3,31	3,89
0,60	7	0,847	57,62	68,02	2,88	3,40
0,80	3	0,843	24,59	29,15	1,23	1,46
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	4	0,836	30,07	35,96	1,50	1,80
1,40	2	0,833	14,97	17,98	0,75	0,90
1,60	6	0,830	44,75	53,94	2,24	2,70
1,80	10	0,826	74,29	89,90	3,71	4,49
2,00	14	0,773	90,53	117,09	4,53	5,85
2,20	15	0,770	96,61	125,45	4,83	6,27
2,40	20	0,767	128,32	167,27	6,42	8,36
2,60	10	0,814	68,10	83,63	3,40	4,18
2,80	13	0,761	82,78	108,72	4,14	5,44
3,00	13	0,759	77,11	101,64	3,86	5,08
3,20	15	0,756	88,66	117,28	4,43	5,86
3,40	16	0,753	94,25	125,10	4,71	6,25
3,60	18	0,751	105,67	140,73	5,28	7,04
3,80	20	0,748	117,03	156,37	5,85	7,82
4,00	17	0,746	93,09	124,78	4,65	6,24
4,20	25	0,694	127,30	183,51	6,36	9,18
4,40	34	0,641	160,08	249,57	8,00	12,48

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tension e efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1,6	4,5	42,37	Incoerente	0	1,61	1,9	0,13	1,49	6,71	TERRENO VEGETALE E DIRIPORTO
4	15,08	121,5	Incoerente	0	2,04	2,0	0,5	1,51	22,83	GHIAIE SABBIOSE LIMOSE
4,4	29,5	216,54	Incoerente	0	2,22	2,14	0,79	1,53	45,16	GHIAIE SABBIOSE

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI INCOERENTI I**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPORTO	6,71	0,00-1,60	6,71	Gibbs & Holtz 1957	30
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	Gibbs & Holtz 1957	49,66
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	Gibbs & Holtz 1957	61,95

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPORTO	6,71	0,00-1,60	6,71	Japanese National Railway	29,01
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	Japanese National Railway	33,85
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	Japanese National Railway	40,55

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPORTO	6,71	0,00-1,60	6,71	Schmertmann (1978) Sabbie	53,68
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	270,09
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	533,59

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPORTO	6,71	0,00-1,60	6,71	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	41,25
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	74,36
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	120,22

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPORTO	6,71	0,00-1,60	6,71	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPORTO	6,71	0,00-1,60	6,71	Terzaghi-Peck 1948	1,44
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	Terzaghi-Peck 1948	1,63
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	Terzaghi-Peck 1948	1,82

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPORTO	6,71	0,00-1,60	6,71	Terzaghi-Peck 1948	1,89
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	Terzaghi-Peck 1948	2,01
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	Terzaghi-Peck 1948	2,13

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPORTO	6,71	0,00-1,60	6,71	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	(A.G.I.)	0,31
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPOORTO	6,71	0.00-1,60	6,71	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	399,98
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	845,20
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)	1282,23

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPOORTO	6,71	0.00-1,60	6,71	Ohta & Goto (1978) Limi	91,08
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	Ohta & Goto (1978) Limi	143,37
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	Ohta & Goto (1978) Limi	174,45

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPOORTO	6,71	0.00-1,60	6,71	Navfac 1971-1982	1,38
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	Navfac 1971-1982	4,53
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	Navfac 1971-1982	7,53

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) TERRENO EVEGETALE E DI RIPOORTO	6,71	0.00-1,60	6,71	Robertson 1983	13,42
Strato (2) GHIAIE SABBIOSO LIMOSE	22,83	1,60-4,00	22,83	Robertson 1983	45,66
Strato (3) GHIAIE SABBIOSE	45,16	4,00-4,40	45,16	Robertson 1983	90,32

**G.M. PERFORAZIONI di Giacobbi Maurizio**  
**Loc. Arcofiato, 16**  
**62032 Camerino (MC)**  
**P.I. 01436670432**  
**C.F. GCBMRZ58C09D564K**

**Ristrutturazione Chiesetta Cimitero Montecavallo**



**Data: luglio 2020**

**Il committente Comune di Montecavallo**

**IL Tecnico**

**Geol. Gian Luca Faustini**



**Analisi congiunta tramite tecnica MASW e HVSR**

# Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

## Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

## Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

## Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

## Modi di vibrazione

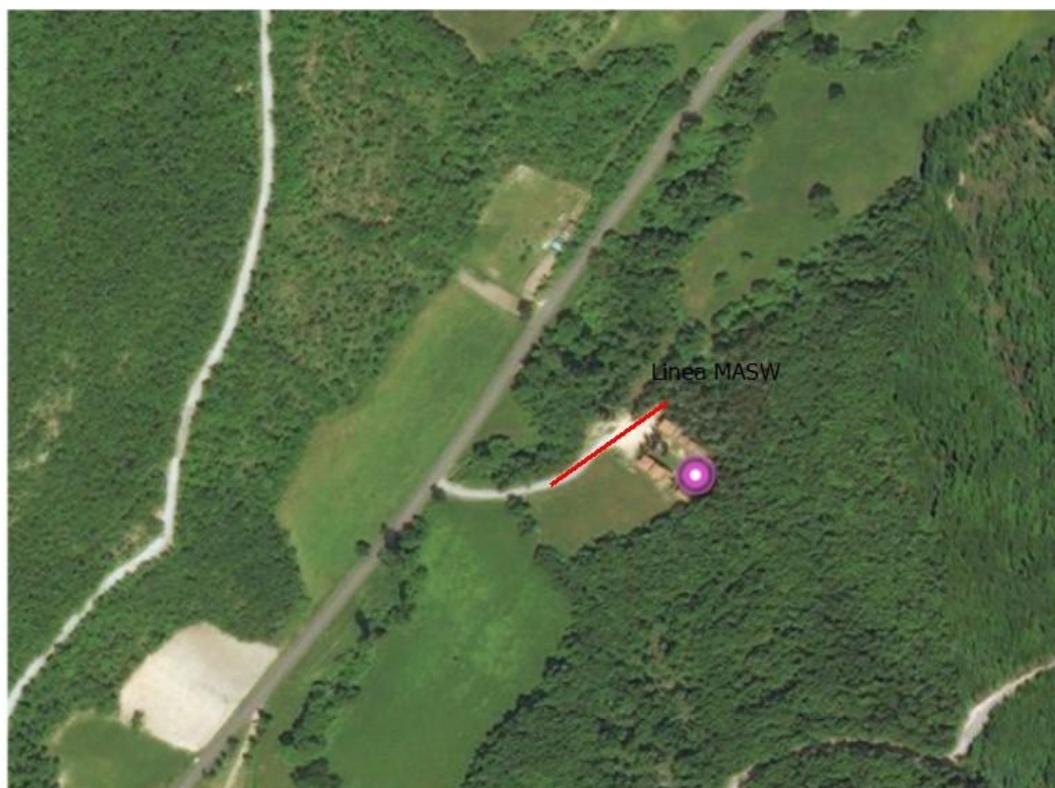
Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

## Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

## Dati generali

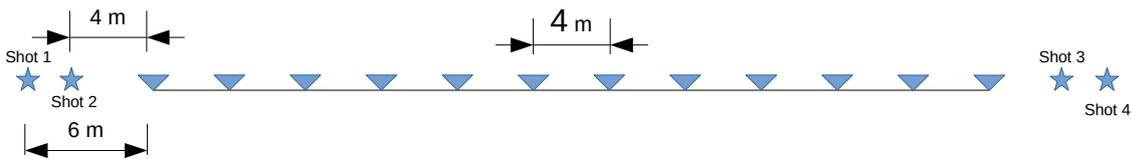
<b>Committente</b>	Comune di Montecavallo
<b>Cantiere</b>	Civico Cimitero
<b>Località</b>	Montecavallo
<b>Data</b>	08/07/2020 03:44
<b>Latitudine</b>	42.9989
<b>Longitudine</b>	13.0101



## Tracce

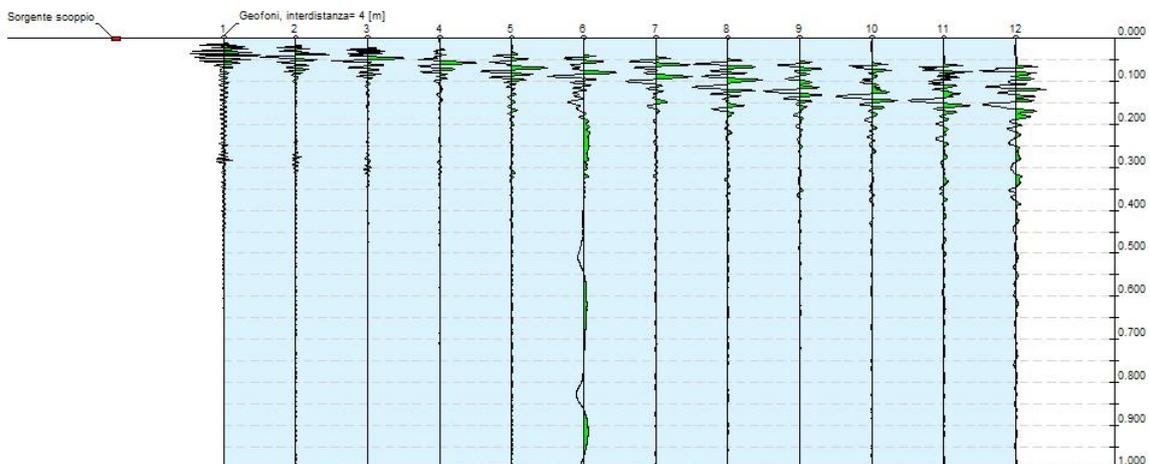
<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione</b> [msec]	2000.0
<b>Interdistanza geofoni</b> [m]	4.0
<b>Periodo di campionamento</b> [msec]	1.00

Durante la fase di acquisizione sono stati eseguiti 4 shots totali posti rispettivamente a 4 e 6 m di distanza dalle due estremità dello stendimento.



Le curve di dispersione ottenute, risultando simili, confermano l'applicabilità della tecnica MASW che si basa sul principio di un semispazio stratificato con strati paralleli ed orizzontali.

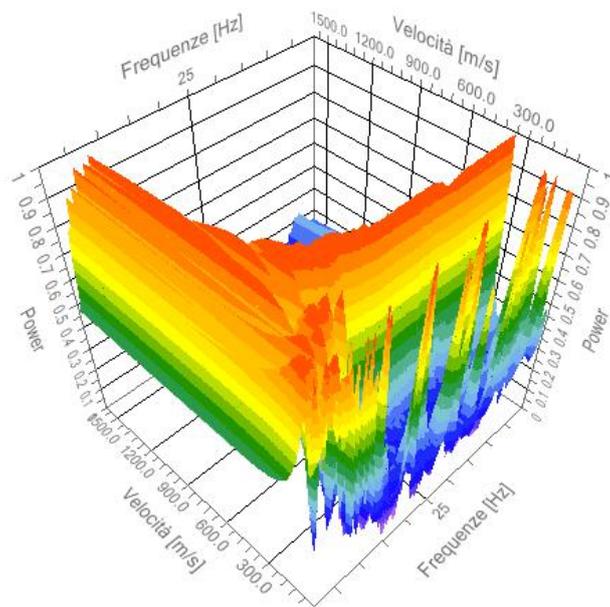
Il processo di inversione è stato eseguito sulla curva ottenuta dallo shot 1 in quanto risulta essere la curva con miglior rapporto segnale/rumore e con il miglior fitting con la curva di dispersione sperimentale.



## Analisi spettrale

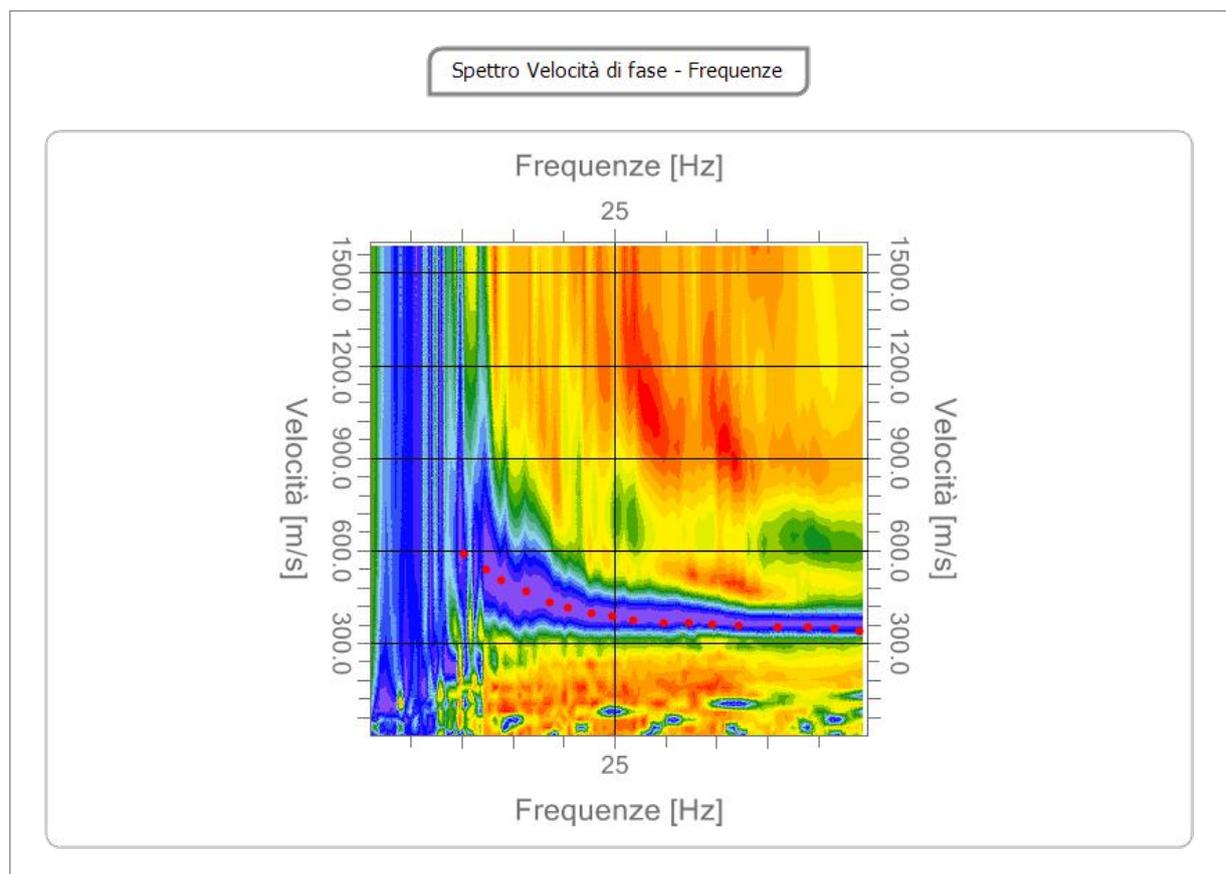
<b>Frequenza minima di elaborazione [Hz]</b>	1
<b>Frequenza massima di elaborazione [Hz]</b>	50
<b>Velocità minima di elaborazione [m/sec]</b>	1
<b>Velocità massima di elaborazione [m/sec]</b>	1600
<b>Intervallo velocità [m/sec]</b>	1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	10.2	586.9	0
2	12.3	538.4	0
3	13.9	503.9	0
4	16.4	466.0	0
5	18.7	432.8	0
6	20.4	413.8	0
7	22.7	394.8	0
8	24.8	385.3	0
9	26.8	375.8	0
10	29.8	366.4	0
11	32.3	366.4	0
12	34.6	361.6	0
13	37.2	356.9	0
14	41.0	352.1	0
15	44.0	352.1	0
16	46.6	347.4	0
17	49.1	337.9	0



## STATION INFORMATION

*Station code:* 1633

*Model:* GEOBOX SARA

*Sensor:* SARA SS45PACK (integrated 4,5 Hz sensor)

*Notes:* -

## PLACE INFORMATION

*Place ID:* Ristrutturazione Chiesetta Cimitero di Monte cavallo

*Address:* Loc. Civico Cimitero di Monte Cavallo

*Latitude:* 42,998990 N

*Longitude:* 13,009774 E

*Coordinate system:* WGS84

*Elevation:* 639 m s.l.m.

*Weather:* -

*Notes:* -

## PHOTOGRAPHIC REFERENCES



## SIGNAL AND WINDOWING

*Sampling frequency:* 300 Hz

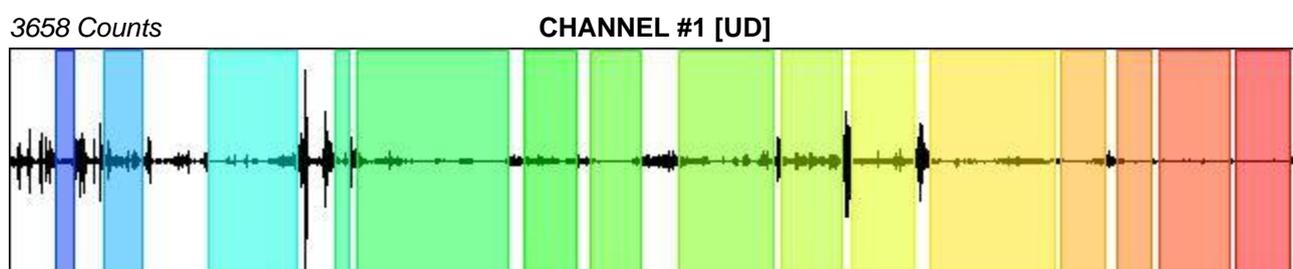
*Recording start time:* 2020/07/08 17:05:02

*Recording length:* 20 min

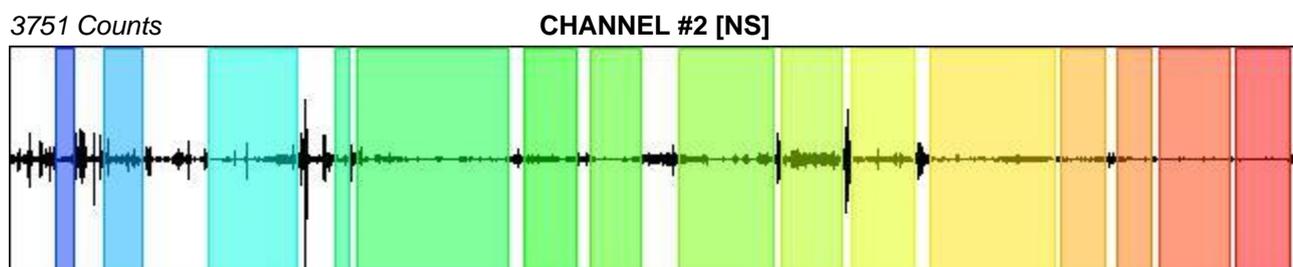
*Windows count:* 15

*Average windows length:* 59.3

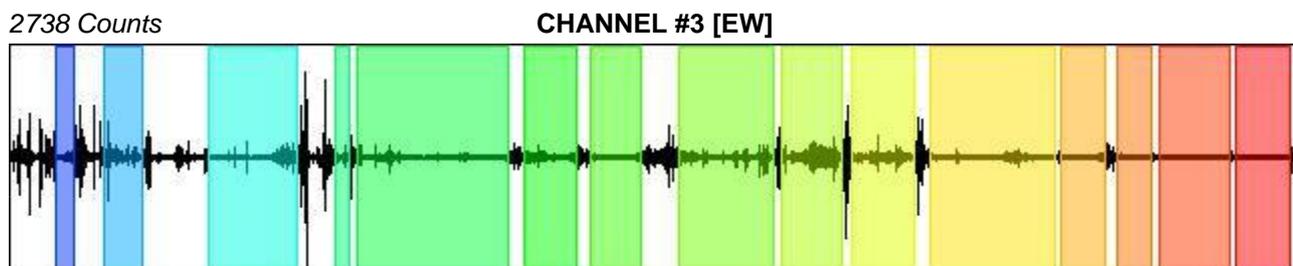
*Signal coverage:* 74.12%



-4431 Counts



-6968 Counts



-3554 Counts

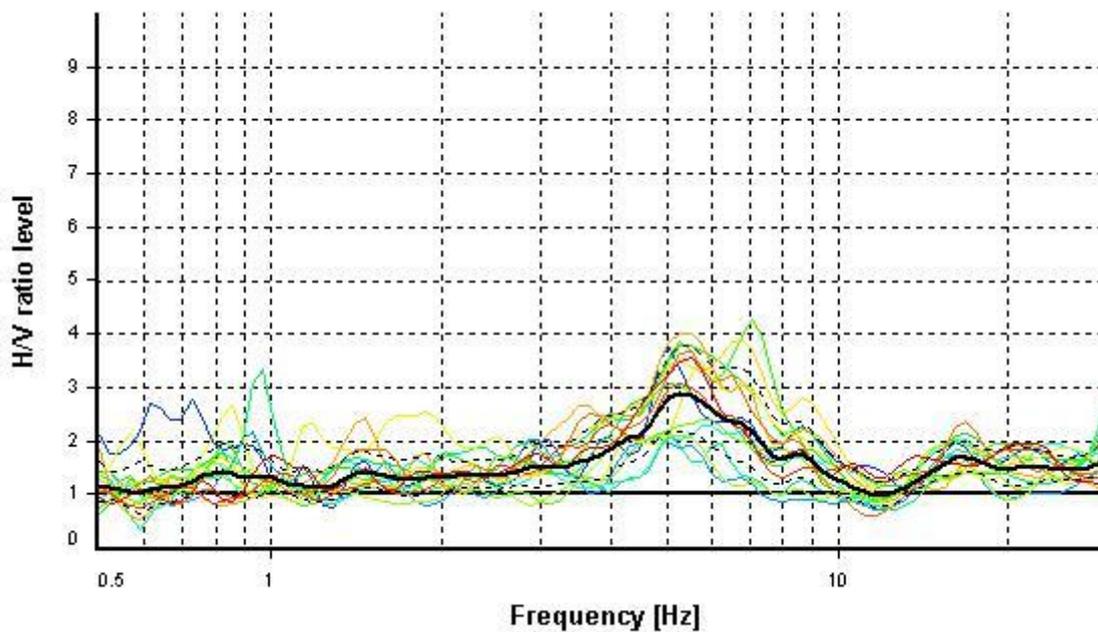
## HVSR ANALYSIS

*Tapering:* Enabled (Bandwidth = 5%)

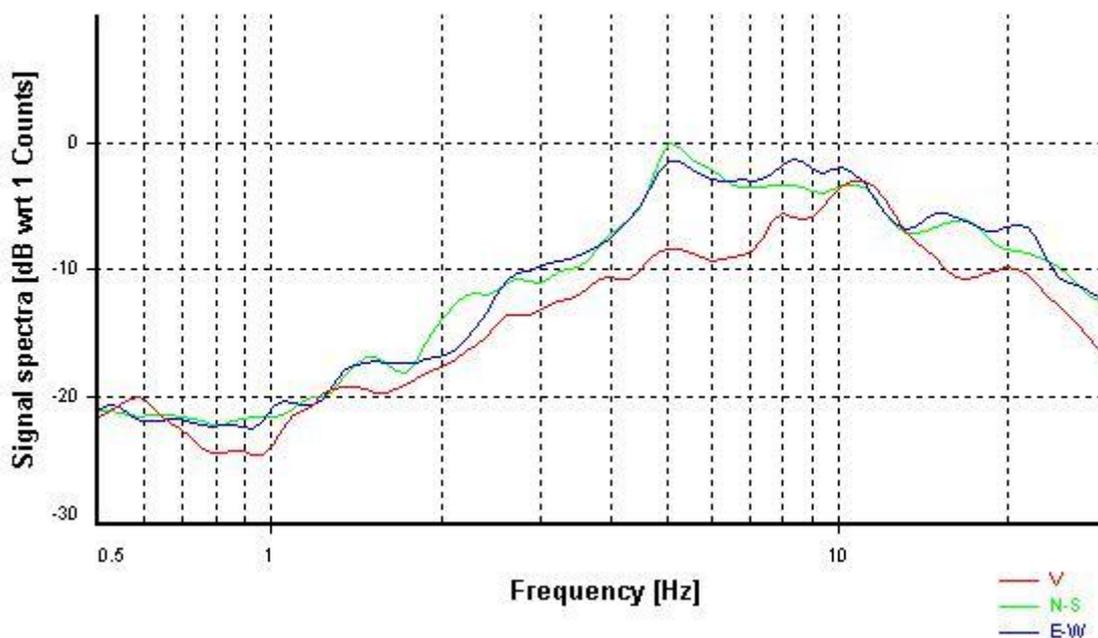
*Smoothing:* Konno-Ohmachi (Bandwidth coefficient = 40)

*Instrumental correction:* Disabled

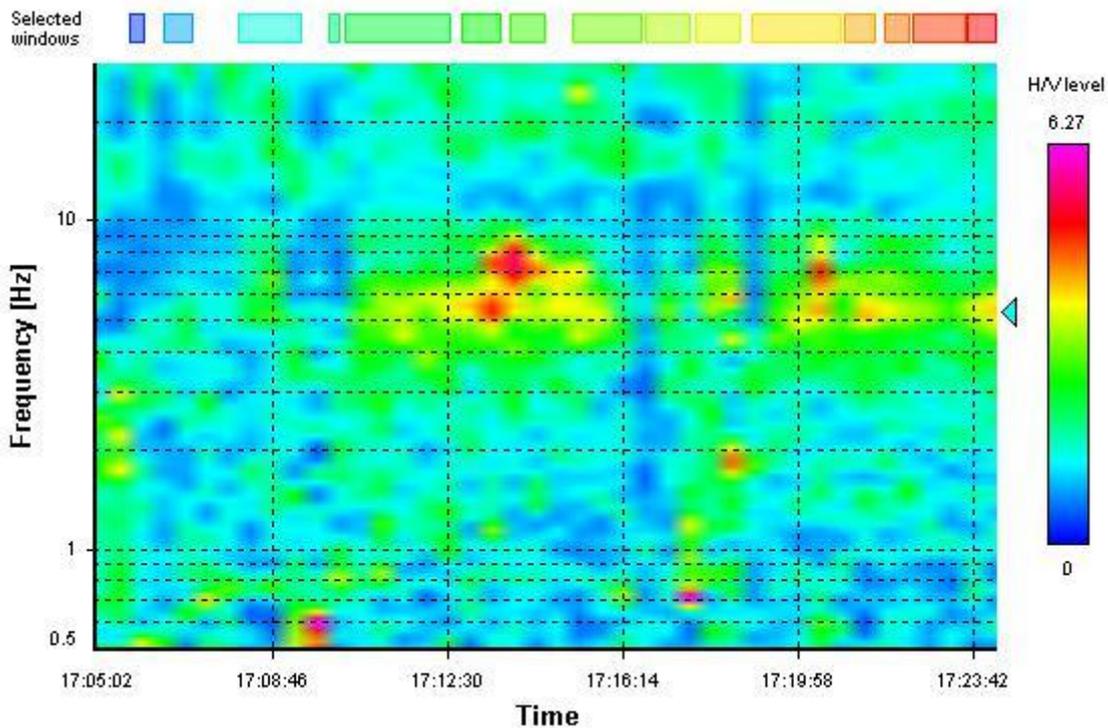
### HVSR average



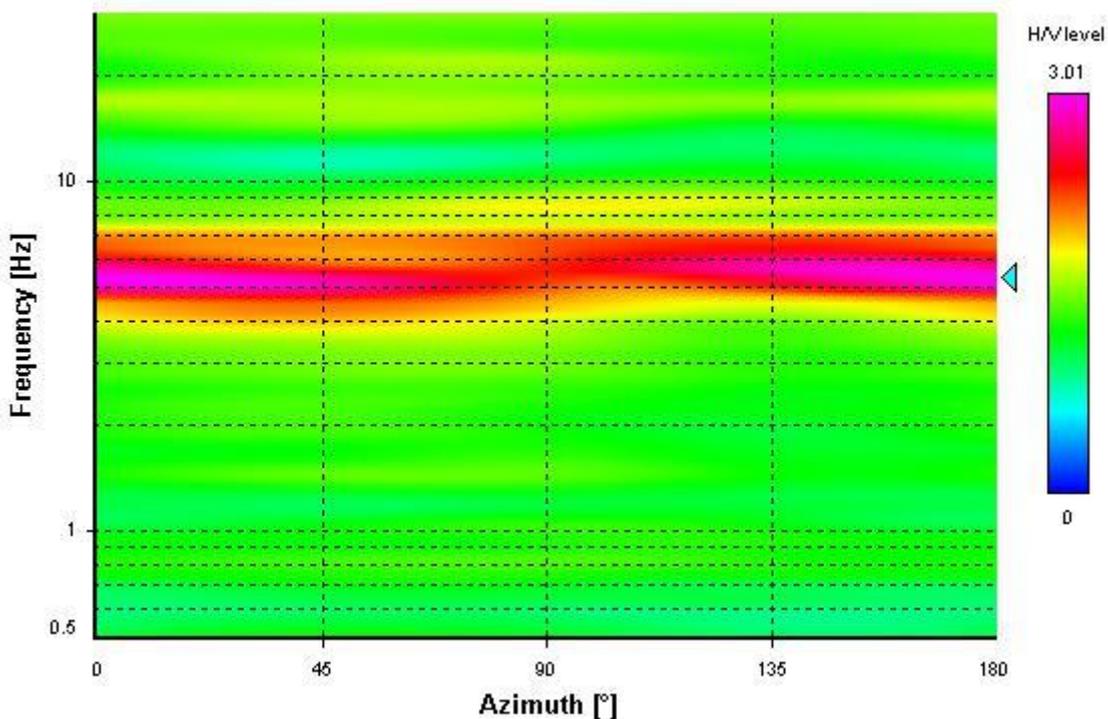
### Signal spectra average



### HVSR time-frequency analysis (28 seconds windows)



### HVSR directional analysis



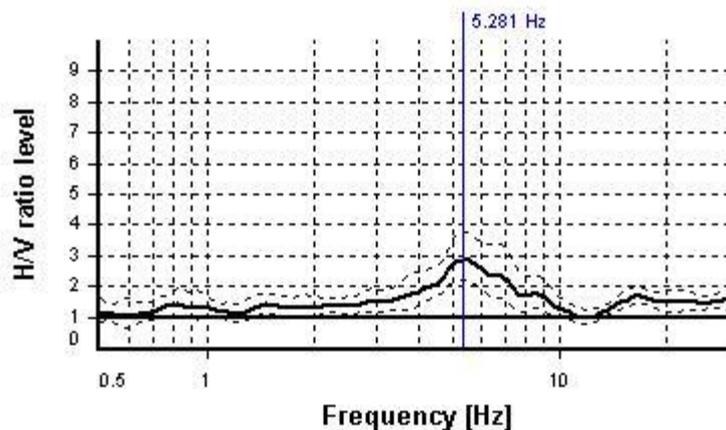
## SESAME CRITERIA

**Selected  $f_0$  frequency**

**5.281 Hz**

**$A_0$  amplitude = 2.871**

**Average  $f_0 = 5.597 \pm 0.633$**



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	15 valid windows (length > 1.89 s) out of 15	OK
$n_c(f_0) > 200$	4697.68 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 33	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$	2.72506 Hz	OK
$\exists f^*$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$	9.82134 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.87 > 2	OK
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.63276 >= 0.26407	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.31853 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

## PROCEDURA DI INVERSIONE CONGIUNTA

La buona riuscita della procedura consiste nel minimizzare la funzione di misfit (M):

$$M = \sum_{i=1}^N (d_i - f_i)^2$$

ovvero la sommatoria degli scarti quadratici tra i valori sperimentali ( $d_i$ ) e quelli teorici ( $f_i$ ) calcolati dalla modellazione diretta del processo fisico sotto studio (ovvero le leggi che mettono in relazione la propagazione delle onde S nel sottosuolo e i risultati delle misure di vibrazioni ambientali).

Risulta quindi evidente che la modellazione diretta è una parte fondamentale della procedura di inversione.

La procedura di inversione è un problema fortemente non lineare (più profili di Vs possono corrispondere ai dati osservati), per questo la non-univocità delle soluzioni gioca un ruolo fondamentale nella stima del risultato finale e nelle incertezze.

Per far fronte a questo problema, comunemente si seguono due strategie:

1. aumentare le informazioni disponibili:

- aggiungendo informazioni 'a priori' riguardanti altri parametri del modello (valori di  $V_p$ , densità, ecc.);
- invertendo congiuntamente differenti tipi di dati sperimentali dipendenti dagli stessi parametri del sottosuolo.

2. aggiungere limitazioni alle soluzioni possibili:

- vincolando tra un valore minimo e uno massimo i parametri del modello;
- adottando restrizioni al trend complessivo della soluzione (per es. costringendo i valori di Vs ad aumentare con la profondità).

Nel nostro caso per limitare al massimo tale problematica si procede con l'inversione congiunta di:

- **Curva di dispersione**, ottenuta da misure a stazione multipla attive (MASW) la quale vincola maggiormente la parte superficiale del profilo di Vs;
- **Curva HVSR** ottenuta da misure a stazione singola, la quale vincola maggiormente la profondità e l'entità del contrasto d'impedenza

L'inversione congiunta è eseguita con software free **HV-INV** all'interno del quale la modellazione diretta si basa sull'apporto di tutte le fasi sismiche (campo completo: onde di volume e onde superficiali) seguendo la teoria del Campo Diffuso (Sanchez-Sesma et al. 2011).

Sono presenti metodologie di inversione globali (Monte-Carlo, Simulated Annealing, Modified Simulated Annealing) e locali (Simplex Downhill, Interior-Point).

In particolare il software HV-INV riproduce la curve HVSR tenendo conto sia delle onde di volume sia delle onde superficiali, compresi i loro modi superiori. Questo permette in linea teorica una maggiore facilità nella riproduzione dell'ampiezza del picco e dell'andamento complessivo della curva.

Per quanto riguarda la curva di dispersione, la modellazione diretta si basa sull'apporto del modo fondamentale delle onde di Rayleigh.

# RISULTATI

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dall'inversione congiunta.

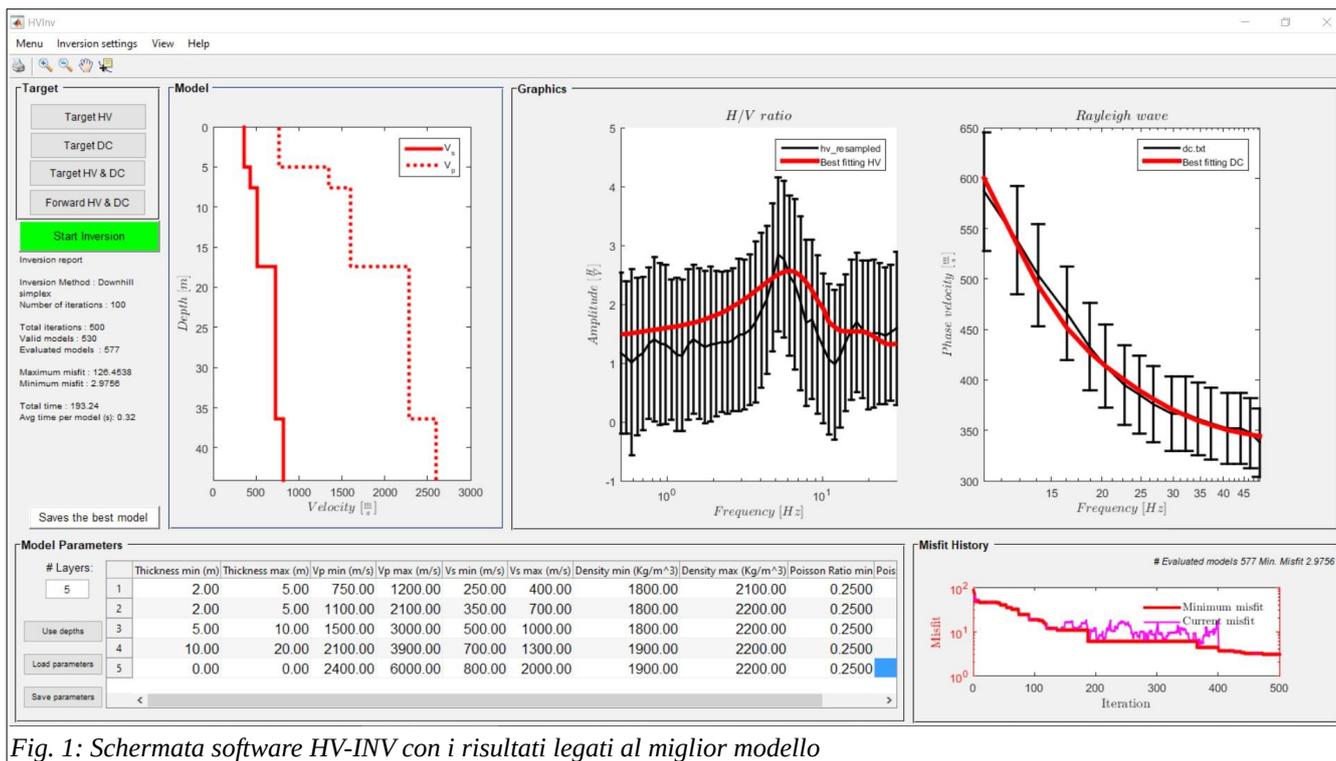


Fig. 1: Schermata software HV-INV con i risultati legati al miglior modello

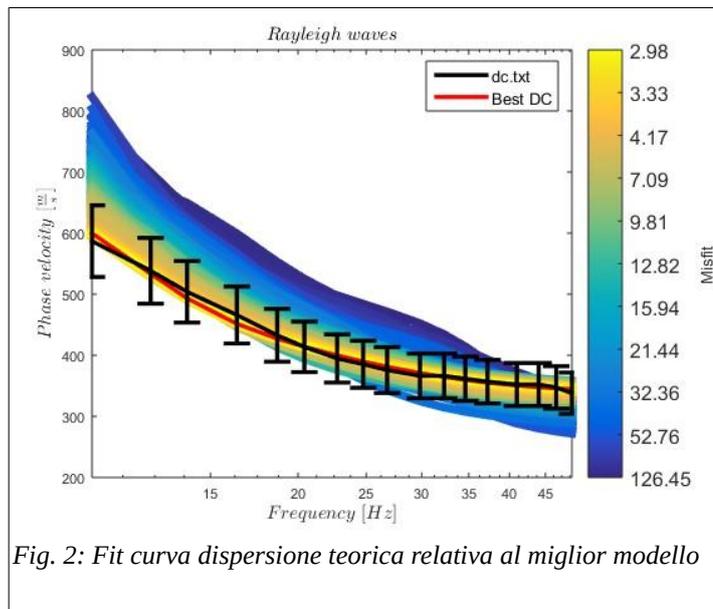


Fig. 2: Fit curva dispersione teorica relativa al miglior modello

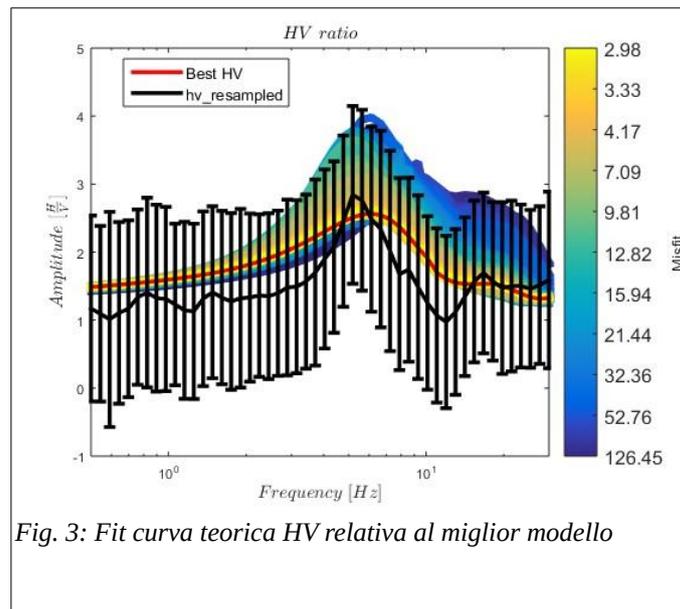
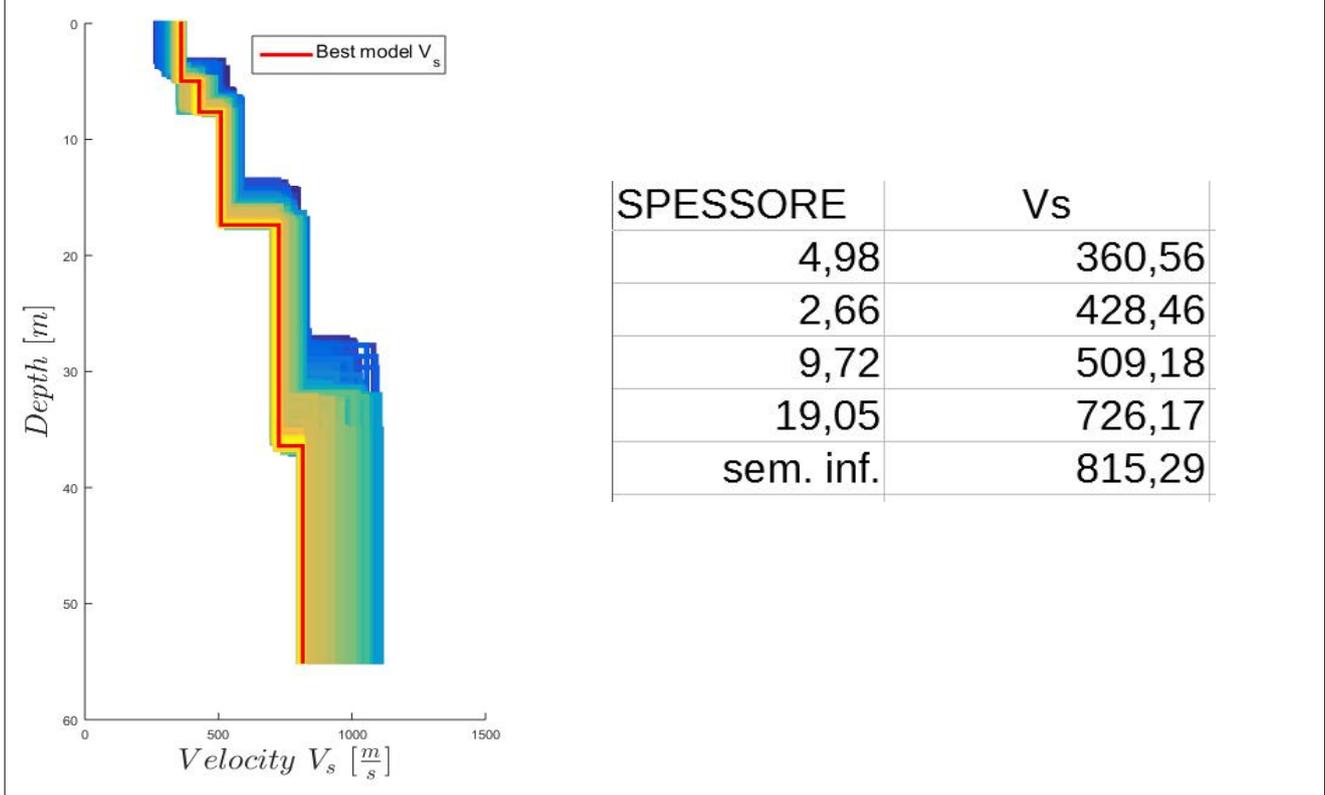
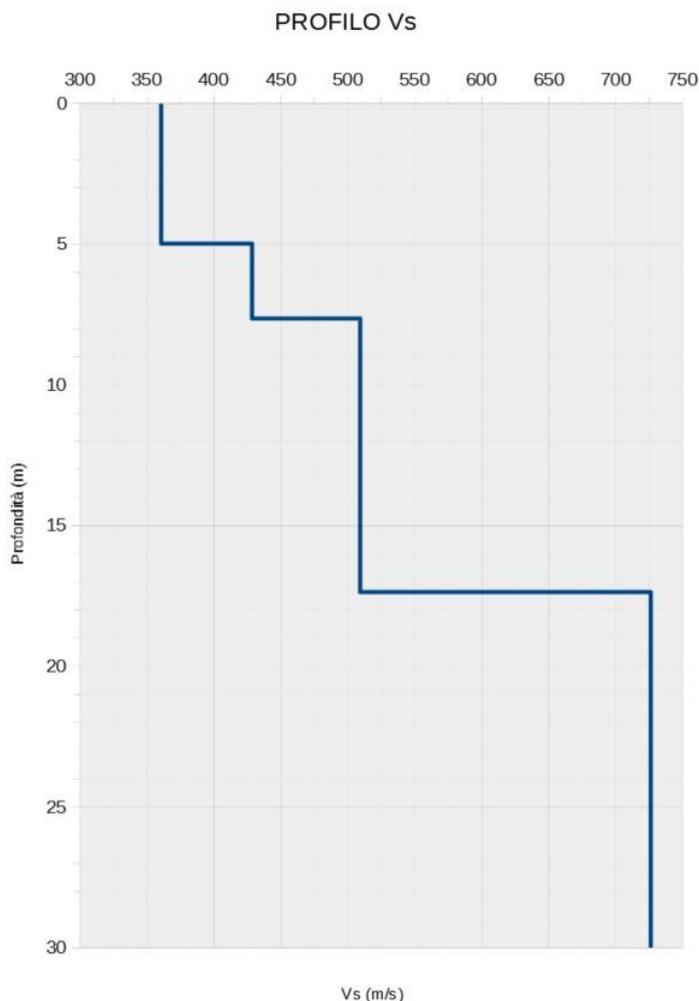


Fig. 3: Fit curva teorica HV relativa al miglior modello

Fig. 4: Modello sismostratigrafico



Il modello estrapolato sulla base dei dati MASW e HVSR permette di stimare un valore della  $V_s$  equivalente a diverse profondità di riferimento rispetto l'attuale piano campagna.



$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo;

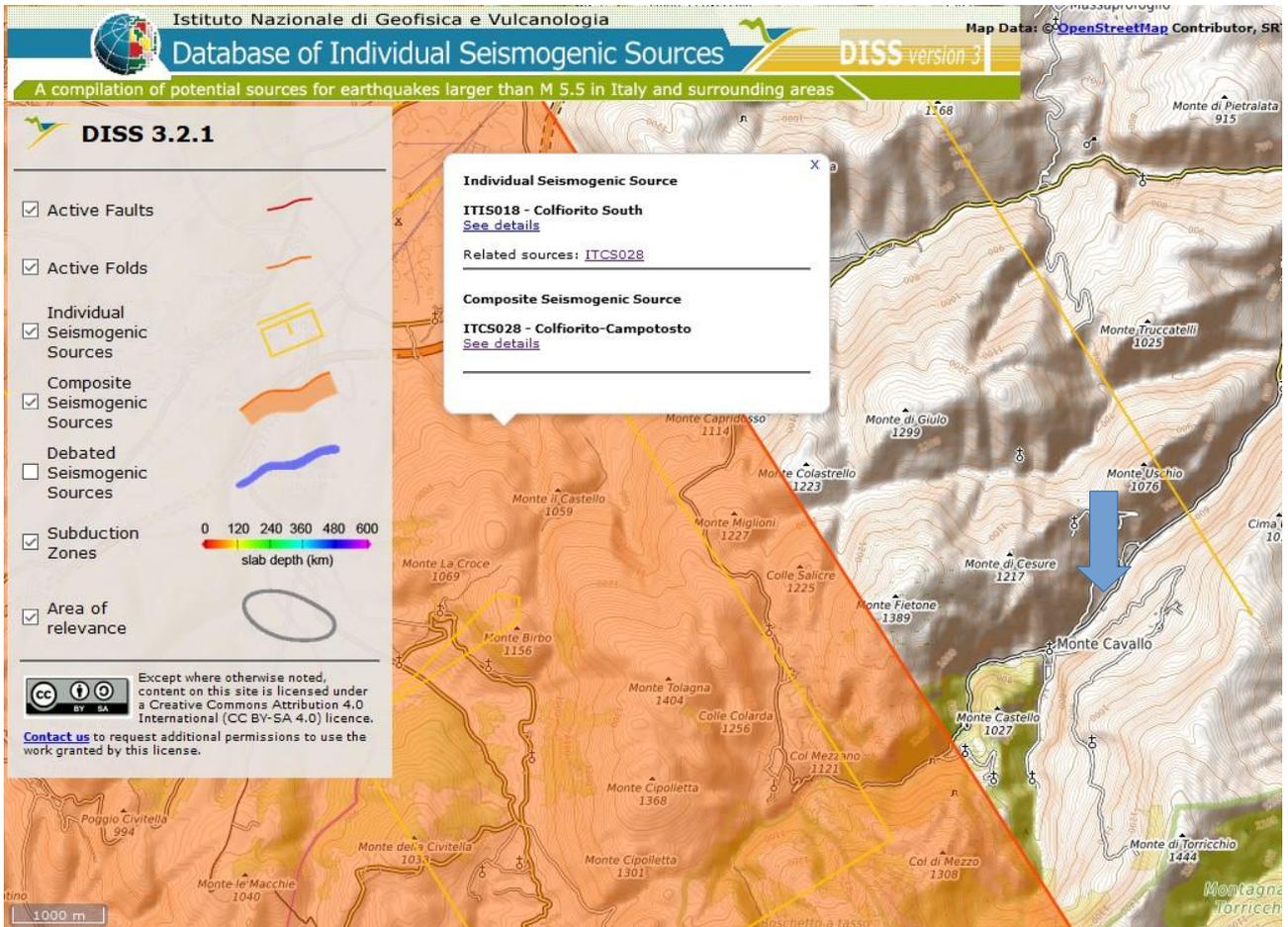
$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/sec.

PROFONDITA'	Vs eq. (m/s)
0 m	530,82
1 m	539,61
2 m	549,35
3 m	560,22

# CARTA DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE FAGLIE ATTIVE E CAPACI



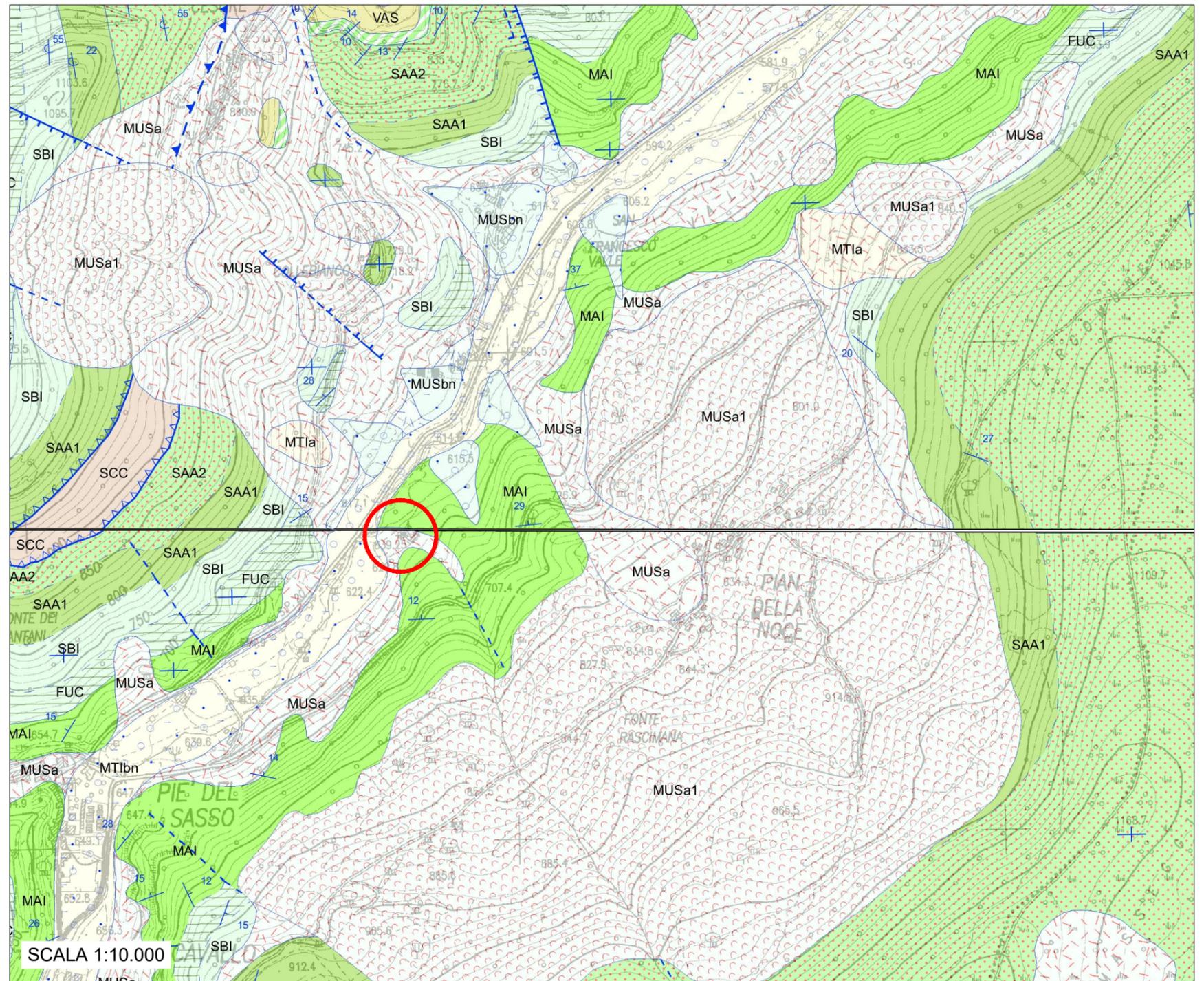
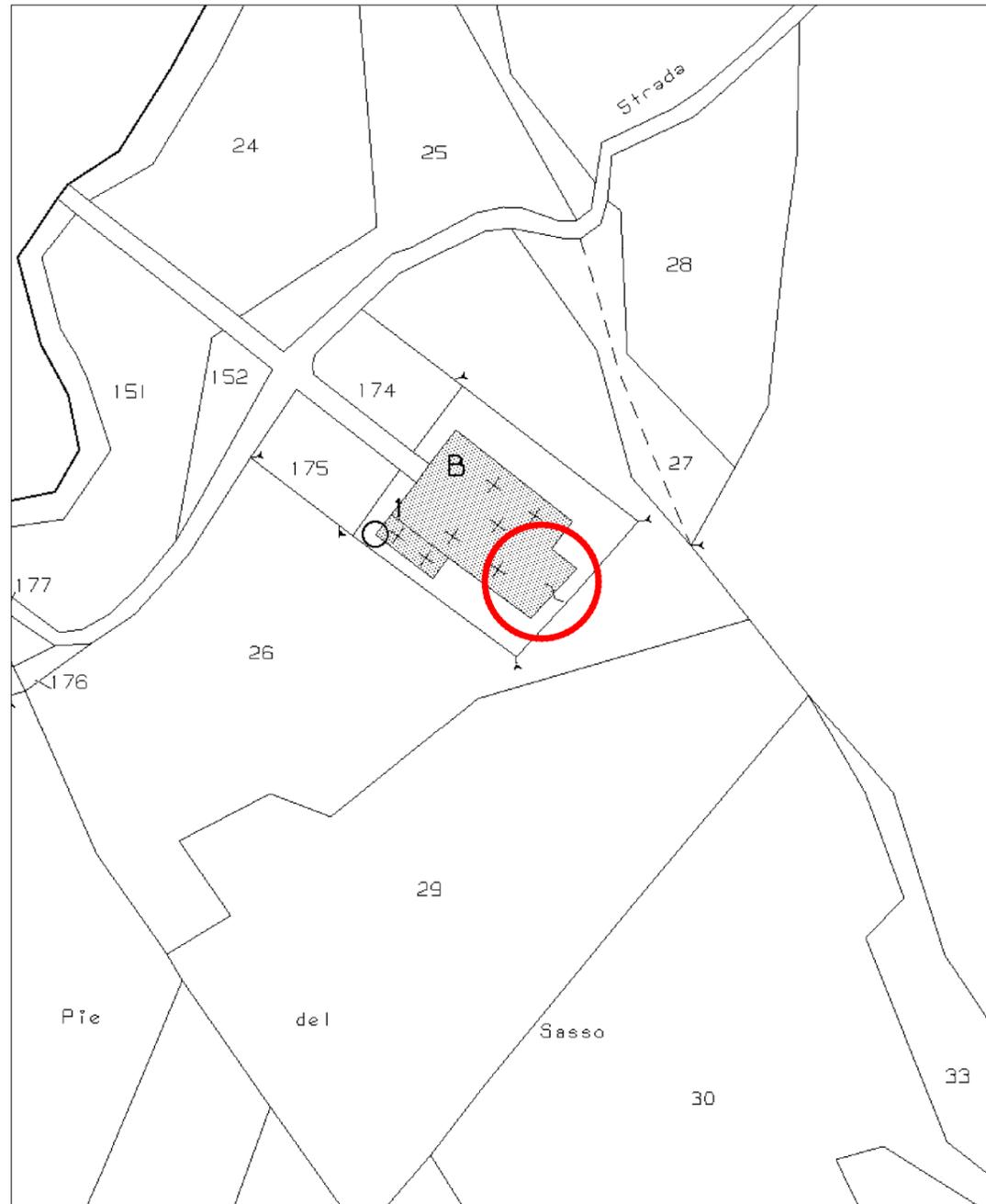
INDAGINE GEOLOGICA PER IL PROGETTO DI RIPARAZIONE DANNO E MIGLIORAMENTO SISMICO CHIESA CIMITERO DEL CAPOLUOGO DANNEGGIATA DAGLI EVENTI SISMICI 2016  
 COMUNE DI MONTECAVALLO  
 FOGLIO 18 Part. B  
 STRALCIO CATASTALE -- CARTA GEOLOGICA

TAV.1

LUGLIO 2020

FOGLIO 56 PART. 116

SCALA 1:1.000



SCALA 1:10.000

**DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI**

**VERSANTE MARCHIGIANO**

**SISTEMA DEL MUSONE (OLOCENE)**

MUSa1 Frane in evoluzione

MUSa Depositi di versante

MUSb2 Depositi eluvio-colluviali

MUSbn Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

MUSbn Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

**SISTEMA DI MATELICA (PLEISTOCENE SUPERIORE)**

MTlbn Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

**SUCCESSIONE CALCAREO E/O MARNOSA CRETACICO-MIOCENICA**

CRR MARNE CON CERROGNA Burdigaliano - Tortoniano

BIS BISCIAIO Aquitaniano p.p. - Burdigaliano p.p.

SCC SCAGLIA CINEREA Priaboniano p.p. - Aquitaniano p.p.

VAS SCAGLIA VARIEGATA Lutetiano p.p. - Priaboniano p.p.

SAA3 SCAGLIA ROSSA Membro superiore Turoniano inf. p.p. - Lutetiano p.p.

SAA2 SCAGLIA ROSSA Membro intermedio Turoniano inf. p.p. - Lutetiano p.p.

SAA1 SCAGLIA ROSSA Membro inferiore Turoniano inf. p.p. - Lutetiano p.p.

SBI SCAGLIA BIANCA Albiano sup. p.p. - Turoniano inf. p.p.

FUC MARNE A FUCOIDI Aptiano inf. p.p. - Albiano sup. p.p.

MAI MAIOLICA Titoniano sup. p.p. - Aptiano inf. p.p.

**SUCCESSIONE GIURASSICA COMPLETA**

BU GRUPPO DEL BUGARONE Toarciano sup. p.p. - Bajociano inf.

MAS1 CALCARE MASSICCIO DEL M. NERONE Calcare massiccio B, membro superiore coltico Hettangiano - Carixiano p.p.

MAS2 CALCARE MASSICCIO DEL M. NERONE Calcare massiccio A, membro inferiore ciclotemico Hettangiano - Carixiano p.p.

--- Contatto stratigrafico e/o litologico

--- Faglia

--- Faglia diretta

--- Faglia inversa

--- Stratificazione dritta

--- Stratificazione orizzontale dritta

--- Stratificazione verticale con indicazione della polarità

--- Stratificazione rovesciata

--- Stria di faglia

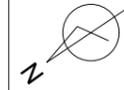
--- Asse di piega asimmetrica

INDAGINE GEOLOGICA PER IL PROGETTO DI RIPARAZIONE DANNO E MIGLIORAMENTO SISMICO CHIESA CIMITERO DEL CAPOLUOGO DANNEGGIATA DAGLI EVENTI SISMICI 2016  
 COMUNE DI MONTECAVALLO  
 FOGLIO 18 Part. B  
 PLANIMETRIA GENERALE

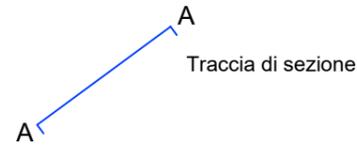
TAV.2

SCALA 1:250  
 SCALA 1:100

LUGLIO 2020



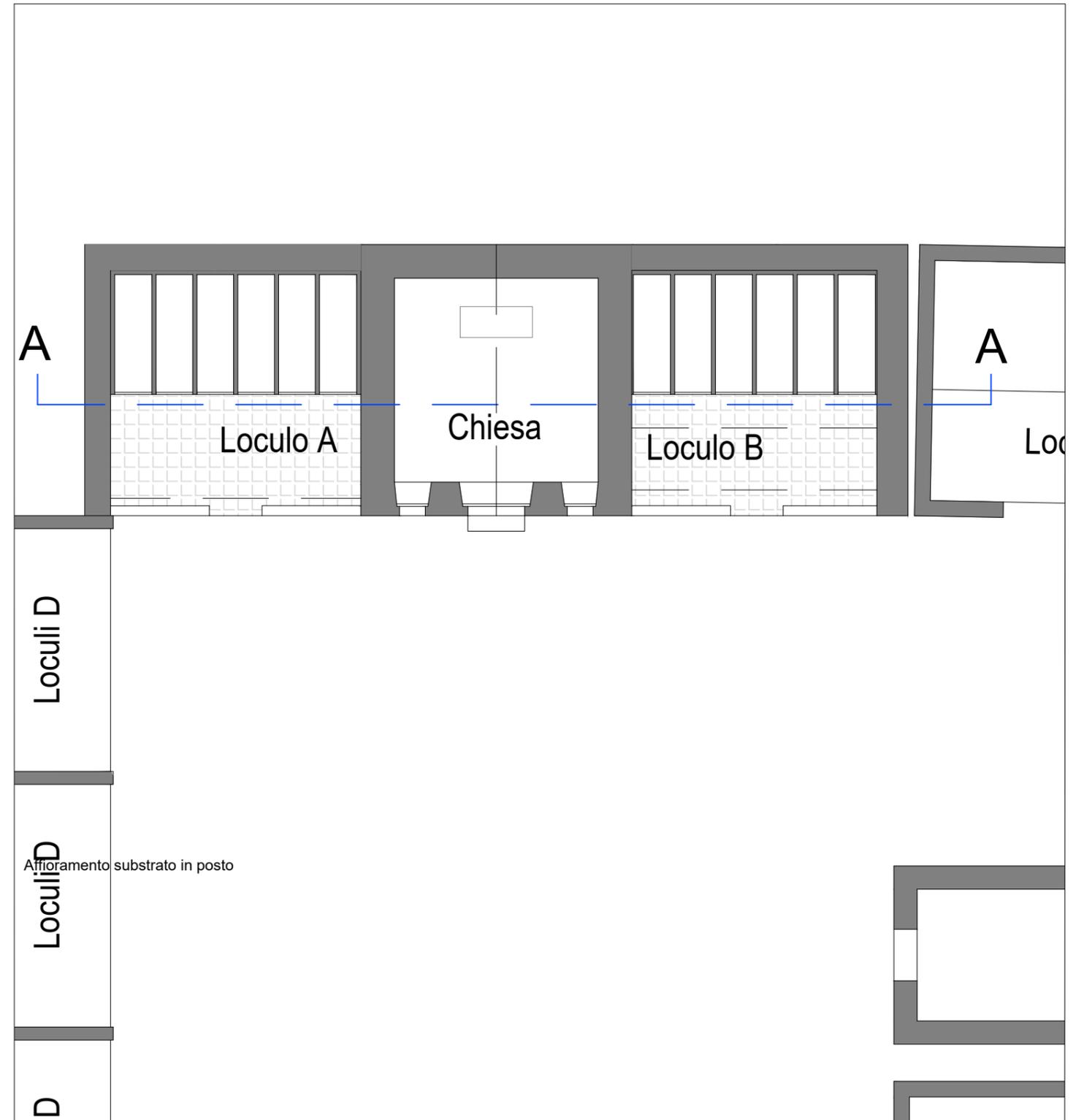
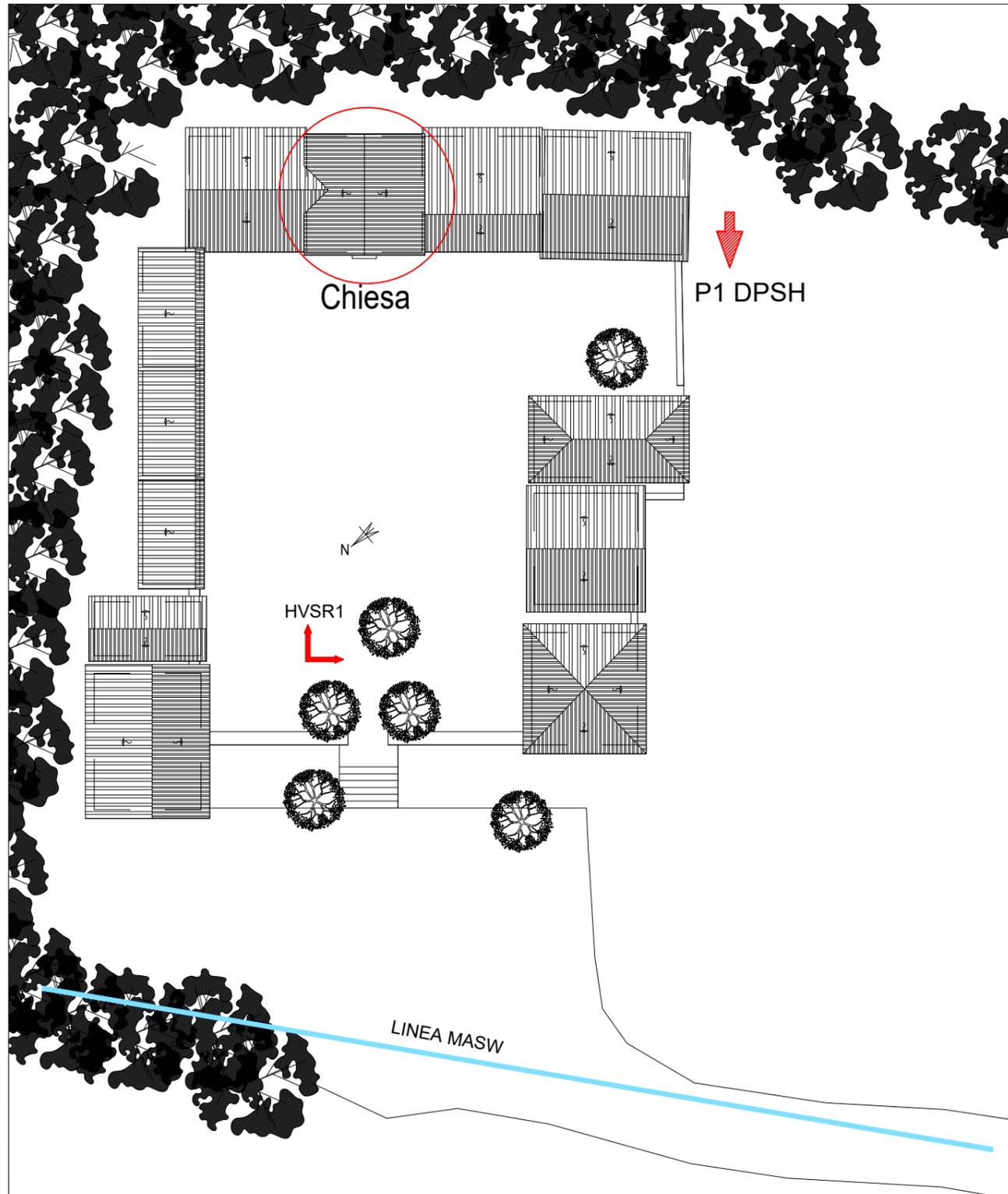
LEGENDA:



P1 DPM ↓ Prova penetrometrica effettuata e relativo numero d'ordine

HVSR1 ↱ Prova sismica HVSR effettuata e relativo numero d'ordine

↘ Stendimento prova sismica MASW



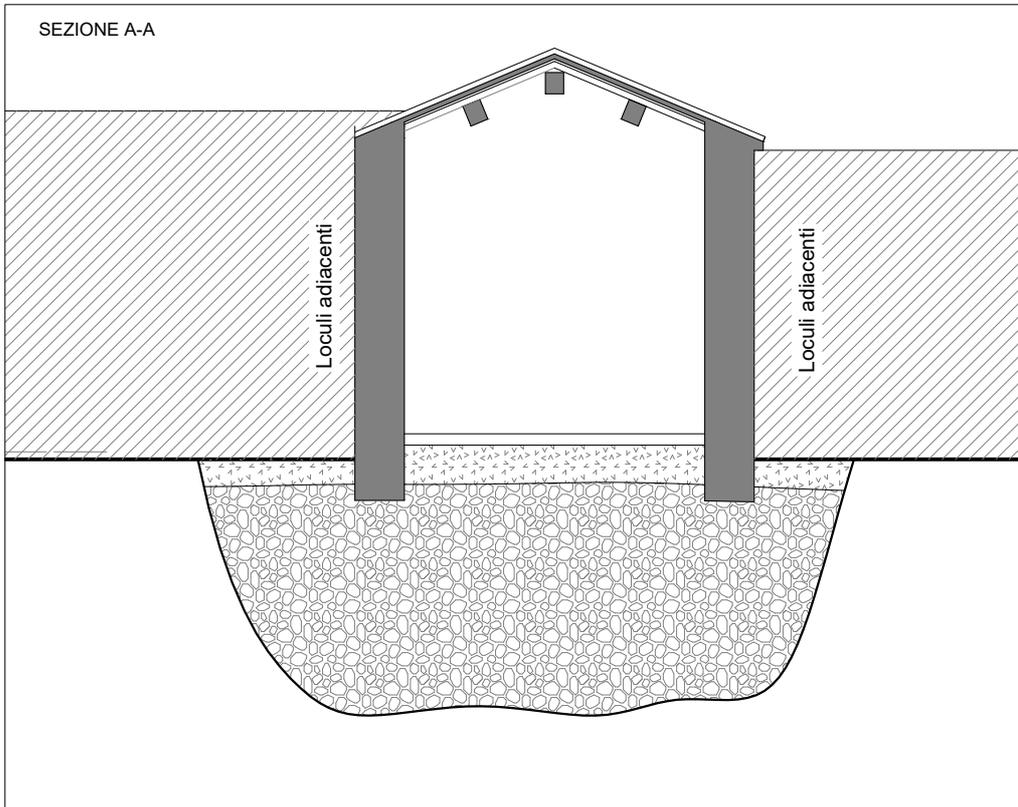
INDAGINE GEOLOGICA PER IL PROGETTO DI RIPARAZIONE DANNO E  
MIGLIORAMENTO SISMICO CHIESA CIMITERO DEL CAPOLUOGO  
DANNEGGIATA DAGLI EVENTI SISMICI 2016  
COMUNE DI MONTECAVALLO  
FOGLIO 18 Part. B

TAV.3

SCALA 1:100

LUGLIO 2020

SEZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA



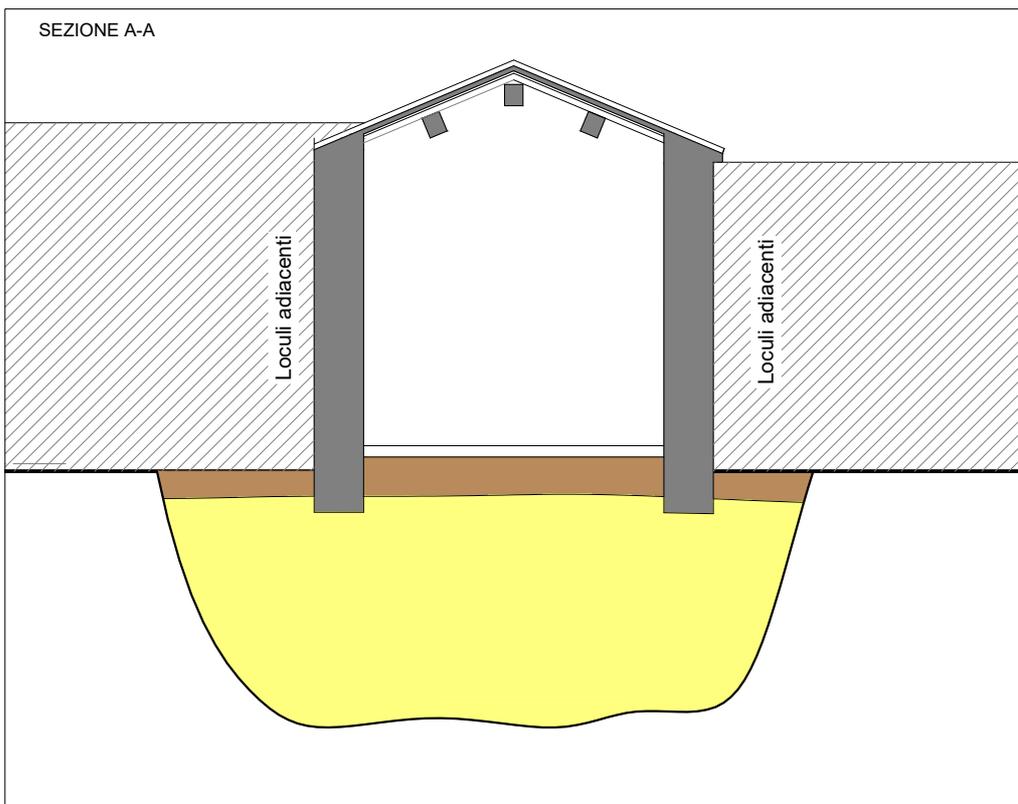
LEGENDA:

Terreno di riporto:

 Limi sabbiosi con  
elementi litici sparsi

Depositi di versante

 Ghiaie sabbioso limose



LEGENDA:

Terreno di riporto:

 Limi sabbiosi con  
elementi litici sparsi  
LITOTIPO A

Depositi di versante

 Ghiaie sabbioso limose  
LITOTIPO B

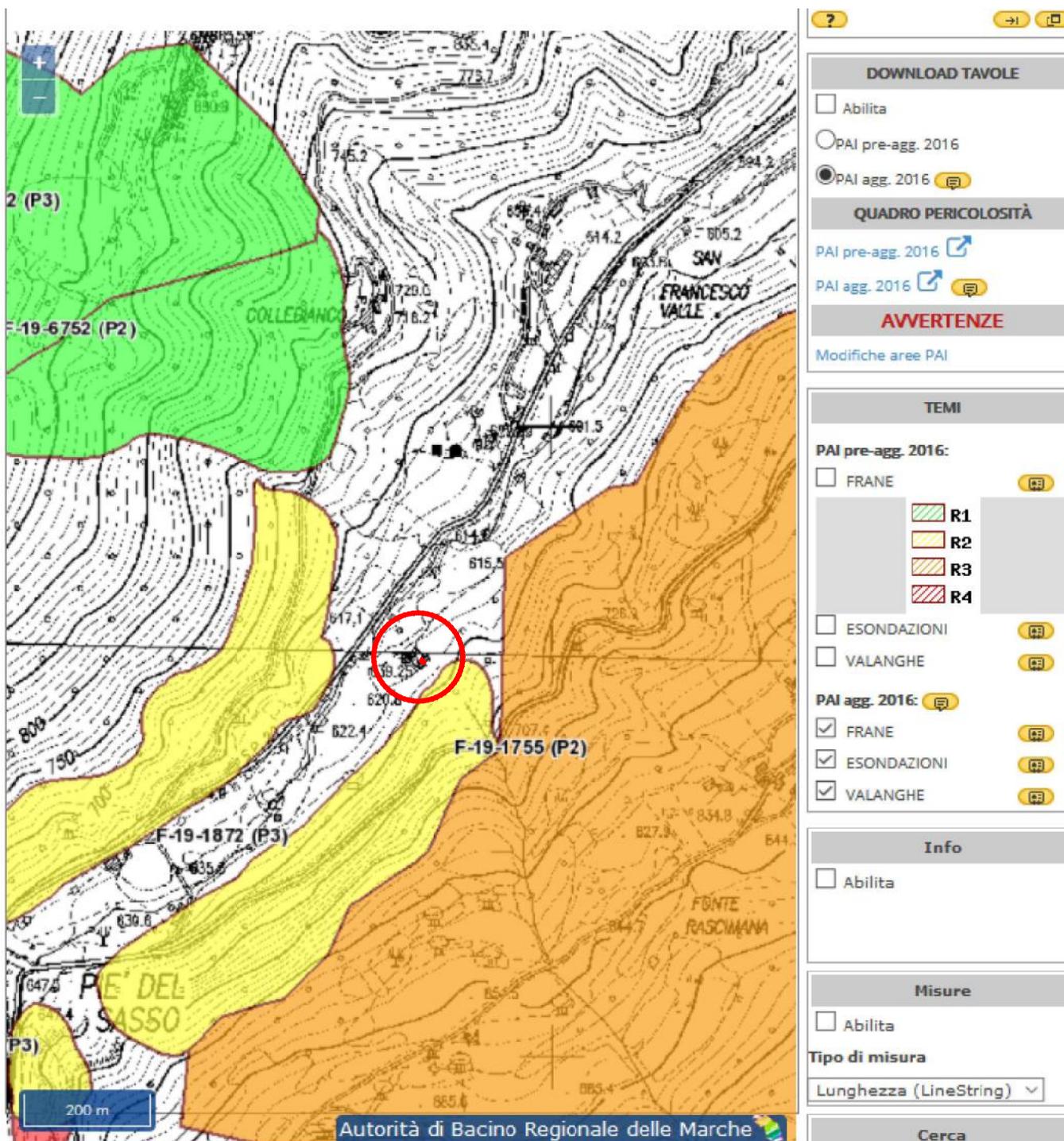
INDAGINE GEOLOGICA PER IL PROGETTO DI RIPARAZIONE DANNO E  
MIGLIORAMENTO SISMICO CHIESA CIMITERO DEL CAPOLUOGO  
DANNEGGIATA DAGLI EVENTI SISMICI 2016  
COMUNE DI MONTECAVALLO  
FOGLIO 18 Part. B

TAV.4

FUORI SCALA

LUGLIO 2020

STRALCIO PAI

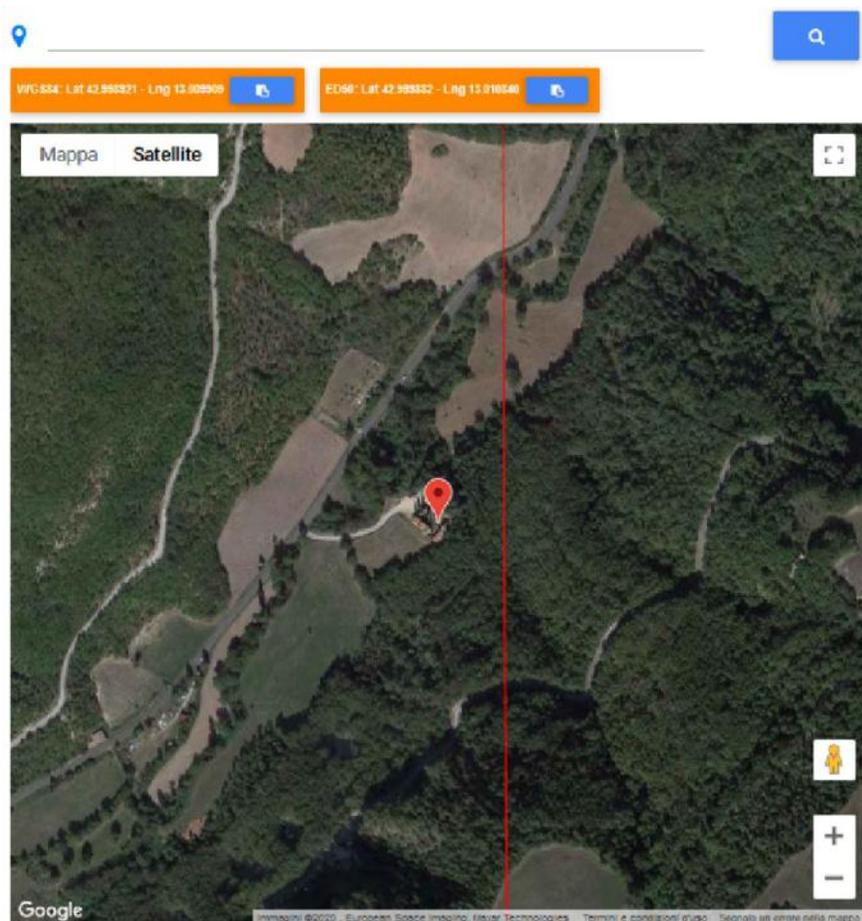


INDAGINE GEOLOGICA PER IL PROGETTO DI RIPARAZIONE DANNO E MIGLIORAMENTO SISMICO CHIESA CIMITERO DEL CAPOLUOGO DANNEGGIATA DAGLI EVENTI SISMICI 2016  
 COMUNE DI MONTECAVALLO  
 FOGLIO 18 Part. B

TAV.5

PARAMETRI SISMICI

LUGLIO 2020



### Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50  
 Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>o</sub>	T <sub>c</sub> [s]
Operatività (SLO)	30	0.075	2.404	0.273
Danno (SLD)	50	0.098	2.382	0.283
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.238	2.384	0.321
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.303	2.388	0.334
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

### Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni  
 Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.  
 H (m): 1 us (m): 0.1  
 Cat. Sottosuolo: B  
 Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,17	1,11
CC Coeff. funz categoria	1,43	1,42	1,38	1,37
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.018	0.023	0.078	0.094
kv	0.009	0.011	0.039	0.047
Amax [m/s²]	0.883	1.126	2.730	3.301
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280